

# T.2.2.1 Cadre synoptique des facteurs communs à la zone de coopération et des facteurs territoriaux spécifiques pour l'adoption GNL

---

Oct/2020

Regione Liguria

(en collaboration avec CCIVAR - Chambre Commerce et d'Industrie du Var)

## Introduction

Le projet PROMO-GNL soutient l'adoption du GNL dans les opérations portuaires et maritimes en créant un cadre coordonné d'études de faisabilité conjointes qui encouragent les choix éclairés des «décideurs». En ce sens, PROMO-GNL représente un nœud important pour la communication des projets du Cluster GNL, qui comprend les projets GNL FACILE, SIGNAL et TDI RETE-GNL, amplifiant leurs messages et études et véhiculant innovation et connaissance.

La composante T2 du projet vise notamment à donner un aperçu des options GNL optimales partagées par les ports de la zone de coopération et un cadre commun de choix possibles et des correspondants leviers de promotion prioritaires pour les gérer.

Sur la base des analyses effectuées dans les précédentes activités du projet, l'activité T.2.2 esquisse, à travers ce document-ci (T 2.2.1), le cadre coordonné de connaissances qui se dégage des études cartographiques des usages et des solutions optimales pour l'adoption du GNL dans les opérations portuaires dans le domaine de la coopération. Il contribue à l'élaboration du plan d'action conjoint d'actions d'information et de promotion pour les principaux acteurs pour l'adoption du GNL dans les ports (produit T3.1.1), qui vise à produire un effet multiplicateur de toutes les connaissances développées des projets du Cluster GNL.

Ce document est divisé en deux sections distinctes:

- SECTION I, élaborée par le CCIVAR, axée sur les parties prenantes, leurs interactions et leurs domaines d'influence;
- SECTION II, développée par la Région Ligurie, qui capitalise les études et les bonnes pratiques réalisées par le projet en relation avec le contexte du nord-ouest de la Méditerranée.

La première section en particulier rapporte:

- une analyse des différents acteurs qui jouent un rôle dans la diffusion du GNL dans l'espace de coopération (opérateurs du secteur public, autorités portuaires, fournisseurs de gaz, compagnies maritime...);
- le cadre de leurs interactions et leur caractérisation en termes de responsabilité, de zones d'influence, d'aspects synergiques et conflictuels;
- un chapitre dédié à l'acceptation sociale du GNL;
- l'analyse des alternatives au GNL avec des études de cas et des considérations spécifiques en référence au contexte français;
- la définition des éléments à prendre en considération en vue de la réalisation de la filière GNL dans les îles et avec référence particulière au cas de la Corse

La section II complète et intègre la précédente en fournissant une image cognitive synthétique des solutions technologiques et des aspects critiques et en identifiant certains facteurs «système» qui peuvent faciliter le développement du GNL.

En particulier, son repris les principaux résultats du livrable 1.3.1 du projet, contenant l'analyse du marché de référence pour la zone de coopération, qui rapporte:

- l'analyse des services d'avitaillement (évolution des volumes d'avitaillement, prix des carburants marins, évolution de la flotte de GNL, ..);
- le résumé de l'offre actuelle et potentielle, avec une description des projets et des développements futurs dans le domaine de la coopération.

Il offre également le cadre des meilleures solutions technologiques disponibles pour le stockage et le soutage de GNL. Ensuite il y a l'analyse de la consommation portuaire avec une référence spécifique aux véhicules équipés de systèmes de propulsion hybrides utilisables dans la zone portuaire et à la consommation du système portuaire, avec des exemples d'efficacité énergétique et de réduction des émissions dans l'étude de cas du port de Livourne. On lira également des considérations spécifiques relatives à l'utilisation du GNL pour les manœuvres ferroviaires dans la zone portuaire.

Ce document crée donc un cadre de connaissances qui offre une vue d'ensemble utile aux décideurs et aux programmeurs locaux impliqués dans diverses capacités dans le développement du réseau d'infrastructures liées au GNL.

Mission de réalisation d'un cadre de connaissance coordonné sortant des études diagnostiques des emplois et solutions optimales pour l'adoption du G.N.L. dans les opérations portuaires dans la zone de coopération

**Projet PROMO GNL**

**Composante T2**

***Livrables T2.2.1***



## Liste des tables

Tableau 1	:	La gradation du rôle des autorités portuaires
Tableau 2	:	Source Assocostieri
Tableau 3	:	Liste des opérateurs de terminaux
Tableau 4	:	Les leviers d'action pour diminuer la valeur d'EEDI d'un navire
Tableau 5	:	Synoptique des options techniques en fonction des mesures de réduction
Tableau 6	:	Synoptique des choix stratégiques et des options associées
Tableau 7	:	Classification ZNI des territoires
Tableau 8	:	Coûts de production
Tableau 9	:	Tableau de comparaison des carburants marins
Tableau 10	:	Synthèse des effets liés au GNL
Tableau 11	:	Rôle des acteurs dans la filière GNL

## Liste des figures

Figure 1	:	Chaine de valeur GNL conventionnelle / SSLNG, source SIA Partners
Figure 2	:	Fonctions principales d'un terminal méthanier
Figure 3	:	Cartographie des ZNI
Figure 4	:	Photo du dispositif HyBalance



## Liste des sigles, abréviations et acronymes

### Acronyme Définition

AFG :	Association Française du gaz
AFNOR :	Association Française de Normalisation
AIS :	Automatic Identification System
CESER :	Conseil Economique Social et Environnemental Régional
CGEDD :	Commissariat Général de l'Environnement et du Développement Durable
DGTIM :	Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer
DML :	Diesel Marine Léger
ECA :	Émission Control Area
EEDI :	Energy Efficiency Design Index
EVP :	Equivalent Vingt Pieds
FO :	Fuel Oil, regroupe l'ensemble des produits issus du raffinage du pétrole brut
CEN :	Centre Européen de Normalisation
GERG :	Gas European Research Group
GIE :	Gas Infrastructure Europe
GIIGNL :	Groupe International des Importateurs de GNL
GES :	Gaz à Effet de Serre
GNL :	Gaz Naturel Liquéfié
GPMM :	Grand Port Maritime de Marseille
GRT :	Gestionnaires des Réseaux de Transport
GT :	Gros Tonnage
HFO :	Heavy Fuel Oil
HVO :	Hydrotreated Vegetable Oil
IAPH :	International Association of Ports and Harbors
LSFO :	Low Sulfur Fuel Oil
MARPOL :	Marine Pollution
MGO :	Marine Gasoil
MTEP :	Million de Tonnes Equivalent Pétrole
OMI :	Organisation Maritime Internationale
ORC :	Organic Rankine Cycle
PAC :	Pile à Combustible
PM :	Particle Matter
PPE :	Programmation Pluriannuelle de l'Énergie
PV :	Photovoltaïque
SGMF :	Society for the Gas as a Marine Fuel
SIGTTO :	Society of International Gas Tankers and Terminals Operator
SSLNG :	Small Scale LNG
TPM :	Toulon Provence Méditerranée
VAN :	Valeur Actuelle Nette
VLCC :	Very Large Crude Carrier
VLSFO :	Very Low Sulfur Fuel Oil



## Table des matières

1. Analyse des stakeholders de la filière.....	6
1.1 Les acteurs publics	7
1.1.1 L'État	7
1.1.2 L'Union Européenne	8
1.1.3 Les structures administratives	9
1.2 Les acteurs sociaux	9
2. Les autorités portuaires.....	12
2.1 Les acteurs portuaires français	12
2.2 Les ports d'État	12
2.3 Ports relevant des collectivités territoriales	12
2.4 Modèle de gouvernance français	12
2.5 L'effet métropolitain	13
2.6 Une problématique issue des différents modèles de gouvernance	13
2.7 Les acteurs portuaires italiens	14
2.8 Modèle de gouvernance italien	14
2.9 Le rôle des autorités portuaires italiennes	15
3. Les ports.....	17
3.1 Les fonctions opérationnelles	18
3.1.1 La compétence ferroviaire des ports français : une opportunité	18
3.1.2 Les activités portuaires : l'exemple français	18
3.2 Les ports français de la façade méditerranéenne	19
3.3 Les ports italiens de la façade méditerranéenne	20
3.4 Les modèles de gouvernance sont-ils transposables ?	22
3.4.1 Approche comparative	22
3.4.2 Alliance et concurrentialité	22
4. La transition énergétique : un enjeu partagé.....	25
4.1 Transition énergétique des ports : l'évidence du GNL	25
5. Les compagnies gazières.....	29
5.1 Les entreprises gazières vendant du GNL détail.	29
5.2 Les opérateurs de terminaux méthaniers	29
6. Les équipementiers.....	32
7. Le secteur fluvial.....	33
8. Secteur routier industriel.....	34
9. La position des armateurs.....	35
9.1 Le phénomène de concentration	37
9.2 Les armateurs fluviaux	37
9.3 Mise en conformité : le choix des possibles	38
10. Les acteurs du soutage.....	42
10.1 La solution Truck to Ship	42
10.2 La solution Ship to Ship	42
11. Recensement des composantes budgétaires.....	43
11.1 La fiscalité pour compenser le déficit d'investissement	45



12. Focus sur le GNL et l'insularité.....	49
12.1 Transition énergétique et insularité	49
12.2 Exemplarité des pratiques	55
13. Les alternatives au GNL.....	57
13.1 L'alternative ENR	57
13.2 L'alternative bio-méthane	60
13.3 L'alternative hydrogène	62
13.4 L'alternative gazole marin	66
14. Acceptabilité sociale.....	68
15. Electrification à quai.....	72
16. Description des acteurs clés de la filière GNL en Méditerranée, dans la zone de coopération franco- italienne sous la forme d'un tableau.	74
17. Interactions entre les acteurs de la filière .....	76
Annexe 1 : L'ammoniac .....	82
Annexe 2 : Le méthanol .....	84



## 1. Analyse des skateholders de la filière

Depuis 1964 et la mise en service de la première usine de liquéfaction de gaz au monde à Arzew en Algérie, le marché du GNL ainsi que ses usages ont vécu une profonde évolution qui consacre aujourd'hui l'avènement des installations de liquéfaction de gaz naturel à plus petite échelle. Permettant un maillage des territoires au plus près utilisateurs, adossées à des chaînes de valeur conventionnelles, des chaînes de valeur à petite échelle, dites Small Scale LNG (SSLNG) se multiplient et se structurent en des points stratégiques. Ou peut-être faut-il dire que certains territoires deviennent, du point de vue de l'activité économique, des enjeux environnementaux ou de la sécurité d'approvisionnement, éminemment stratégiques, à partir du déploiement du SSLNG qui répond par ailleurs à la problématique de volatilité des prix, à la fragmentation de la demande et aux composantes géopolitiques.

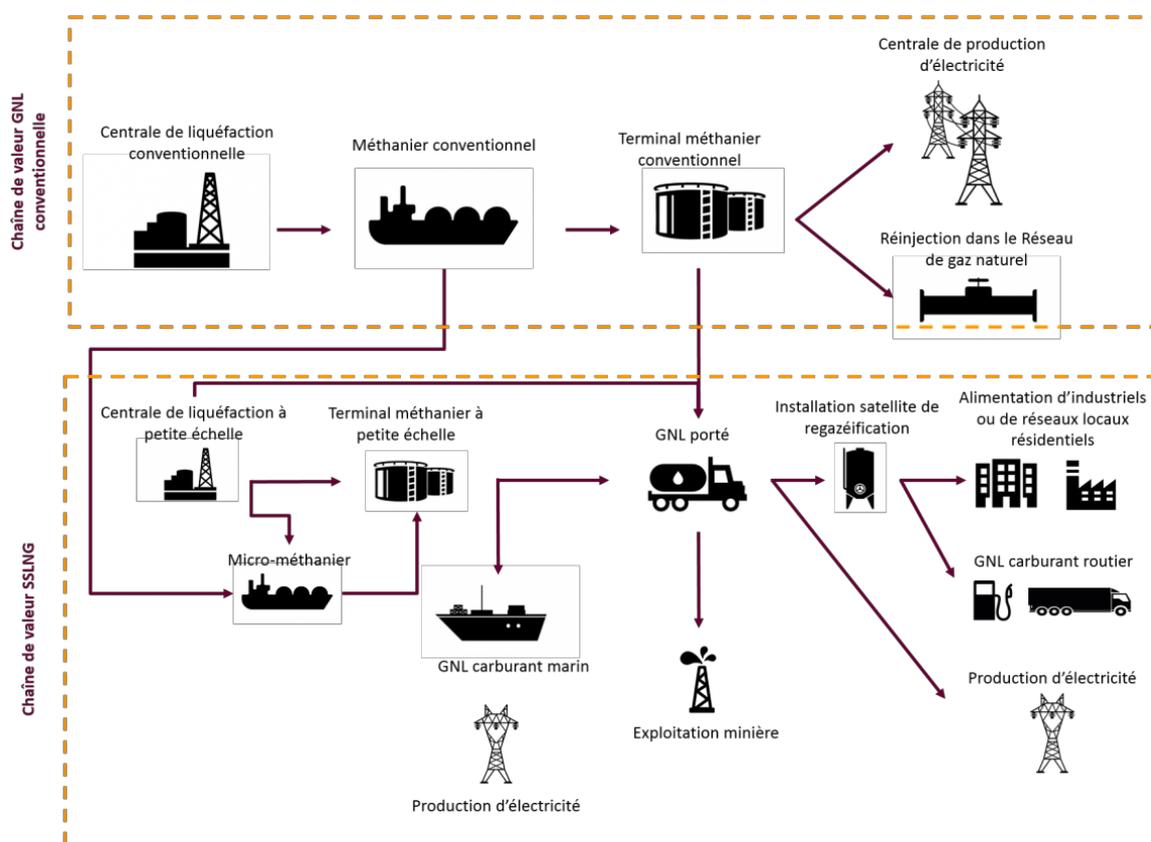


Figure 1 : Chaîne de valeur GNL conventionnelle / SSLNG, source SIA Partners

La transition énergétique et les enjeux environnementaux qui y sont associés, l'évolution des besoins et des usages confèrent au GNL le statut de « game changer » de la filière transport et logistique. Dans le périmètre du transport maritime, le développement du GNL carburant marin nécessite le déploiement d'infrastructures d'approvisionnement dans les ports de commerce. Les ports, en tant que plateformes multimodales et, pour certains, points d'accueil de terminaux méthaniers, deviennent des lieux privilégiés d'implantation de services de distribution multimodaux de carburants alternatifs. Soutenu par les politiques publiques, les autorités et places portuaires, les fournisseurs de gaz, les opérateurs de terminaux méthaniers, les armateurs se sont ainsi mobilisés et travaillent sur des projets d'adaptation ou de construction de navires et de création de stations d'avitaillement sur la base de technologies qui arrivent à maturité.



L'objet de cette étude est de consolider des informations et composantes à prendre en considération, ainsi que les problématiques, en perspective d'une implémentation des bonnes pratiques sur les territoires des partenaires de la zone de coopération. Il convient alors de procéder à la description d'un cadre de connaissances coordonné précisant :

- La description des acteurs clés de la filière GNL en Méditerranée, dans la zone de coopération franco-italienne (autorités, acteurs économiques, acteurs sociaux) sous la forme d'un tableau,
- La description des investissements concernant le GNL en France,
- La présentation graphique des influences, des synergies et des tensions pour les acteurs concernant les investissements,
- La précision des composantes à prendre en considération en perspectives du déploiement de la filière GNL en insularité.

## 1.1 Les acteurs publics

Les politiques publiques en faveur de l'environnement ou encore de la transition énergétique sont la principale source d'incidence sur la genèse, la structuration et le développement de la filière GNL. Il ne s'agit pas de nier les effets du « marché », mais Il convient, en première intention, d'identifier les acteurs publics qui en précise les modalités de déploiement.

### 1.1.1 L'État

L'État négocie les règles internationales et communautaires ayant un impact sur la disponibilité de l'offre de GNL carburant, adopte les règles nationales correspondantes, les met en œuvre, et contrôle leur application. Il lui revient lors de la négociation de faire preuve de capacité à anticiper les évolutions en matière de normes environnementales et à permettre aux acteurs économiques de maintenir leur activité dans un cadre normatif renforcé au moyen notamment de solutions transitoires et de dispositifs financiers. Il fixe en ce sens le niveau de la fiscalité des carburants dans le cadre des textes communautaires.

L'État est à l'initiative des politiques publiques nationales sur la base des actions de planification, de programmation et de coordination. Les logiques de schéma, de cadre d'action nationale, de plan en sont la traduction.

Par l'outil du schéma stratégique national, l'État identifie les perspectives par façade maritime de développement du GNL comme carburant marin et s'assure de la coordination de son déploiement sur le territoire national. L'État définit également les actions à mettre en œuvre en lien avec ses partenaires pour développer des formations pour la manipulation du GNL comme carburant marin et adapter le cadre réglementaire afin de créer un marché français du GNL carburant marin attractif tout en garantissant la plus grande sécurité aux opérateurs.

Pour exemple, dès 2012, la France a initié une mission de coordination des actions ministérielles sur l'emploi du GNL, pilotée par le Commissariat Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD). Les organisations professionnelles et plus de 50 entreprises du secteur ont été associées à la réflexion auprès d'un État en position de chef de file. Cette démarche s'inscrivait à l'époque dans le contexte de négociation de la directive 2012/33/UE modifiant la directive 1999/32/CE sur la teneur en soufre des combustibles marins.

Cette démarche a enclenché un processus. En 2015, la France s'est engagée dans le projet européen GAINN4MOS, destiné à financer le développement de prototypes de navires fonctionnant au GNL et la transformation des terminaux méthaniers en vue de l'alimentation des navires.



Puis, comme le prévoyait la directive européenne 2014/94/UE, la France a publié en début d'année 2017 un cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs et le déploiement des infrastructures correspondantes (CANCA). Dans ce document, elle s'est engagée à déployer progressivement une offre de ravitaillement, avec des solutions adaptées à l'évolution de la demande. Dans un premier temps, il s'agissait de mettre en place, *a minima* sur un port de chaque façade maritime, les conditions règlementaires et opérationnelles nécessaires au soutage du GNL. Mais l'État s'était aussi engagé à accroître les solutions d'avitaillement si la situation évoluait favorablement, dans le sens d'un durcissement des réglementations internationales et européennes sur les émissions polluantes et de la multiplication des commandes de navires propulsés au GNL.

L'État italien est lui aussi un acteur majeur du développement et de l'utilisation du GNL carburant marin sur la zone de coopération. L'État a mis en place plusieurs politiques publiques relatives à :

- l'identification des normes et procédures qui combinent les dimensions techniques et économiques et qui soient communes à tous les ports (état des lieux, feuille de route pour l'approvisionnement, le stockage et la fourniture du GNL),
- la définition d'un système intégré de distribution du GNL par la création de plusieurs modèles :
  - un modèle d'optimisation du réseau maritime pour l'approvisionnement,
  - un modèle de localisation des sites de stockage dans les ports de destination,
  - un modèle de distribution interne dans les territoires les moins équipés.
- la mise en œuvre d'une action pilote de réalisation de stations mobiles de stockage et d'approvisionnement dans les ports commerciaux : barge (sur plan d'eau) ou container (sur terre),
- l'encouragement de l'adoption du GNL pour les opérations portuaires et maritimes, directement ou indirectement liées au transport maritime et aux activités portuaires.

Nous pouvons donc parler d'États offensifs dans leurs stratégies de déploiement.

### 1.1.2 L'Union européenne

La Commission européenne assure dans le dossier GNL carburant un rôle à plusieurs titres aussi important que celui des États. La Commission européenne a en effet l'initiative de toute la législation communautaire.

La Commission a depuis le traité de Lisbonne compétence pour prendre, lorsqu'une directive le prévoit, des actes d'exécution directe permettant d'éviter une application différenciée par les États. Chargée du contrôle de l'application de la législation européenne, la Commission peut engager des poursuites à l'égard des États membres lorsqu'elle estime qu'ils sont en infraction à cette législation et, lorsque les justifications apportées par les États lui apparaissent insuffisantes, saisir la Cour de Justice de l'Union européenne.

En matière de financements publics, la Commission gère les programmes permettant aux acteurs économiques de bénéficier d'aides communautaires à divers titres. Elle régit le transport maritime par l'application de la législation européenne sur la concurrence et les aides d'État (DG COMP), et par les dispositifs de financement de la recherche-innovation (DG RTD). Des sujets économiques relèvent des DG Affaires économiques et financières (ECFIN) et Marché intérieur, industrie, entrepreneuriat et PME (GROW).



### 1.1.3 Les structures administratives intervenant dans les sujets liés au développement du GNL carburant.

Trois directions générales à caractère « vertical » sont directement impliquées dans le dossier GNL carburant: la Direction générale des infrastructures des transports et de la mer (DGITM), la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) ; deux services à caractère «horizontal» la Direction des affaires économiques et internationales (DAEI) du Secrétariat général et le Commissariat Général au Développement Durable, essentiellement la Direction de la recherche et de l'innovation (DRI) ; il en va de même pour la Délégation au Développement Durable et le Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable.

## 1.2 Les acteurs sociaux

### Les associations professionnelles dans le domaine du GNL.

Ces structures, souvent de dimension supranationale, contribuent au développement des bonnes pratiques et contribuent à l'évolution de la réglementation.

- AFG (Association Française du gaz) est le principal syndicat professionnel du secteur gazier. Sa task force sur la transition énergétique ainsi que la Commission GNL réunissent de nombreux acteurs de la chaîne GNL. L'AFG a pour vocation d'échanger sur les sujets d'actualité et de porter un message commun auprès des autorités concernées. Elle comprend plusieurs groupes de travail thématiques : réglementation, formation...,
- AFNOR (Association Française de Normalisation) dont le Comité français de normalisation GNL (BNG 282) contribue à l'établissement de normes de produits spécifiques au GNL,
- CEN (Centre Européen de Normalisation) dispose à ce titre de plusieurs comités Technique TC 282, :
- GERG (Gas European Research Group) est composé de 33 membres issus de 15 pays travaillant à la question des infrastructures,
- GIE (Gas Infrastructure Europe / GLE - Gas LNG Europe) est une organisation représentant les intérêts des opérateurs européens d'infrastructures gaz auprès des institutions et organismes européens. Le GLE est la branche de GIE, en charge des opérateurs européens de terminaux GNL,
- GIIGNL (Groupe International des Importateurs de GNL) est un forum d'échanges qui regroupe la plupart des importateurs de GNL et des opérateurs de terminaux de réception de GNL au niveau mondial, dont l'objectif vise à améliorer la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des importations de GNL ainsi que de l'exploitation des terminaux méthaniers,
- SGMF (Society for the Gas as a Marine Fuel) est en charge de promouvoir la sécurité et de bonnes pratiques industrielles autour de l'utilisation du gaz comme combustible marin,
- SIGTTO (Society of International Gas Tankers and Terminals Operator) est une association qui encourage le transport maritime dans le domaine du GNL et permet l'échange de bonnes pratiques.

Lancée en avril 2017, la *Plateforme française du carburant GNL marin et fluvial* a pour objectif de promouvoir l'usage du GNL carburant marin. Ses principales missions sont l'animation de la filière, l'accompagnement des projets et la mise en place des règles professionnelles.



Elle compte 7 membres fondateurs (*l'AFG (Association française du gaz), Dunkerque GNL, Engie, Gas Natural Fenosa, Grand Port Maritime de Dunkerque, GTT et Total Marine Fuels Global Solutions*) et 24 membres associés : Armateurs de France/BP2S, Brittany Ferries, Bureau Veritas, Chart Ferox, Cluster Maritime Français, Comité des armateurs fluviaux, Compagnie Fluviale de Transport, Compagnie du Ponant, CMA-CGM, DNV-GL, Elengy, Evolen, Gazocéan, GICAN, Grand Port Maritime de Marseille, Comité Marseillais des armateurs français, Cruise Club Marseille Provence, Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, Haropa, Sofresid, Technip- FMC, Union des Ports de France, Voies navigables de France et LMG Marine.

#### Les associations de transporteurs de gaz européens

L'ENTSOG comporte 43 opérateurs de réseau de transport et 3 partenaires associés provenant de 26 pays européens. Sa mission est de faciliter et d'améliorer la coopération entre les Gestionnaires de Réseau de Transport de gaz (GRT) nationaux à travers l'Europe afin d'assurer le développement d'un système de transport paneuropéen conforme aux objectifs énergétiques de l'Union européenne. Il a été créé pour promouvoir l'achèvement du marché intérieur du gaz et stimuler les échanges transfrontaliers, pour assurer la gestion efficace et le fonctionnement coordonné du réseau gazier européen et pour faciliter la bonne évolution technique du réseau.

Les membres de l'ENTSOG sont pour la France GRT Gaz et TERECA, pour l'Italie Infrastruttura trasporto Gas Spa, Snam Rete Gaz Spas et Societa Gasdotti Italia Spa.

#### Les regroupements d'acteurs économiques

Au niveau local, les entreprises animatrices de la chaîne logistique, dans des rôles différents (chargeurs, armateurs, transporteurs, industries portuaires...), sont les forces vives du fonctionnement du système portuaire. Utilisateurs des ports, elles en sont l'assise territoriale économique dont elles assurent une partie de la performance.

La représentation consulaire est le plus souvent très impliquée dans la gestion portuaire (cas de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille-Provence et des associations locales de commissionnaires de transport à Toulon et Sète).

D'autre part, s'agissant du GPMM, la puissante communauté portuaire est très active autour d'associations de promotion telles l'UMF (Union Marseille Fos qui regroupe les métiers liés aux flux portuaires), « Via Marseille Fos » ou encore le « Club croisières ».

#### Les associations de protection de l'environnement

Elles sont les acteurs incontournables de la transition énergétique car elles doivent devenir les ambassadeurs des solutions technologiques auprès du grand public, lorsqu'elles sont en positions représentatives. La place du citoyen éco responsable ne peut plus être minorée et son rôle dans un juste niveau de gouvernance envisagé. Fort du résultat des dernières élections locales, les municipales de Marseille ont consacré une alliance écologiques qui se fait fort de reconsidérer les grands projets.

En ce sens et autours des enjeux maritimes, de nombreux acteurs se retrouvent dans une même préoccupation, comme par exemple la lutte contre la pollution de l'air. La FNE (France Nature Environnement) réunie le Mouvement d'action de la rade de Toulon et du littoral varois, l'Union Départementale pour la sauvegarde de la Vie et de la Nature (La Seyne), l'association Le Garde (Corse), l'Association de protection de l'environnement et de l'amélioration du cadre de vie (APE) de la presqu'île de Saint-Mandrier-sur-Mer, Toulon @ Venir, l' Association Niçoise pour la Qualité de l'Air, de l'Environnement et de la Vie, ANQAEV (Nice) dans le cadre d'une action commune et une pétition «*Pour des bateaux propres dans les ports et en mer*» pour que les bateaux utilisent du diesel marin en lieu et place du fioul dans les eaux territoriales et à quai...

L'objet même de leur démarche nous donne des indications sur le déficit d'information dont elles souffrent sur ce sujet.



Ces organisations doivent être les premiers destinataires des actions de sensibilisation et d'information relatives au GNL carburant marin pour devenir des vecteurs de changement des représentations et contribuer au règlement de la problématique d'acceptation sociale. Dans ce même registre, le Conseil Economique Social et Environnemental Régional (CESER) analyse, anticipe, éclaire et conseille sa collectivité territoriale sur de nombreux sujets essentiels liés au développement de chaque région et offre de nombreux outils d'aide à la décision à l'organe délibératif grâce à la rédaction de ses avis, rapports, et communications. Il peut produire des travaux de sa propre initiative, les « auto saisines », qui sont de réelles opportunités de point de situation sur des sujets dont l'enjeu peut avoir un particularisme territorial.



## 2. Les autorités portuaires

### 2.1 Les acteurs portuaires français

La Direction générale des infrastructures des transports et de la mer (DGITM) au sein du ministère, exerce la tutelle des grands ports maritimes. L'État participe activement au développement du transport maritime français et, notamment par le biais de la stratégie nationale portuaire, met en place des initiatives visant à accroître la compétitivité et l'attractivité des ports français dans le paysage mondial.

La loi du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République prévoit le transfert possible de compétence de gestion des ports départementaux aux collectivités ou groupements qui furent candidats au 1<sup>er</sup> janvier 2017. La propriété, l'aménagement, l'entretien et la gestion des ports relevant du département peuvent être transférés, sur demande, aux autres collectivités territoriales ou à leurs groupements dans le ressort géographique desquels sont situées ces infrastructures, ce qui inclut les régions et les métropoles.

### 2.2 Les ports d'État

Les grands ports maritimes sont des établissements publics de l'État. Ils traitent plus de 80 % du trafic maritime de marchandises et exercent leurs activités à l'intérieur d'un périmètre géographique propre.

Le système portuaire maritime français est composé de 66 ports de commerce maritimes (port de commerce s'entend ici au sens de l'arrêté du 24 octobre 2012) dont 12 ports maritimes d'État : 11 Grands Ports Maritimes (GPM) et un port d'intérêt national.

Les grands ports maritimes sont des établissements publics de l'État, installés sur de vastes sites portuaires. Ils exercent leurs activités à l'intérieur d'un périmètre géographique propre. Ils traitent plus de 80 % du trafic maritime de marchandises.

### 2.3 Ports relevant des collectivités territoriales ou de leurs groupements

On dénombre plus de 500 ports décentralisés. Il s'agit majoritairement de ports de plaisance mais également pour certains d'entre eux d'importants ports de pêche ou de commerce. Avant les lois de décentralisation de 1983, tous les ports maritimes étaient placés sous la tutelle de l'État.

A l'issue de la loi de décentralisation, 304 ports maritimes de commerce et de pêche ont été décentralisés aux départements. Dans le même temps, 228 ports de plaisance ont été confiés aux communes.

### 2.4 Modèle de gouvernance français

Le statut juridique différent des ports entraîne très logiquement des degrés d'implication différents des collectivités, selon (au-delà de leurs compétences économiques ou d'aménagement) qu'elles exercent ou non la compétence de gestion portuaire. D'un côté, la décentralisation des ports conduit les collectivités territoriales correspondantes à s'emparer de l'outil comme vecteur de développement économique potentiel.

Elles incluent ainsi les places portuaires dans leur projet stratégique et n'hésitent pas à créer ou renforcer les infrastructures jugées nécessaires.

S'agissant des régions concernées par le périmètre de l'étude, on assiste à un positionnement très variable.

Pour les collectivités qui n'exercent pas de compétence, la maîtrise des leviers s'exprime différemment.



La région PACA intègre dans ses schémas une stratégie portuaire autour des principales places dont elle appuie massivement le développement (notamment le GPMM, mais aussi récemment Toulon).

## 2.5 L'effet métropolitain

Il est consécutif à la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (Loi NOTRE). S'agissant de d'Aix-Marseille Provence, le statut étatique du grand port le rend autonome des desiderata du pouvoir local alors même que la ville est par essence portuaire. Les relations traditionnellement tumultueuses de cette ville-port entre pouvoir local et pouvoir portuaire se sont sensiblement améliorées (les projets communs se multiplient, une charte métropole-port est à l'oeuvre ...). Toutefois, semblent persister d'un côté, la perception d'une forme d'extraterritorialité qui échappe à toute forme de régulation et, de l'autre, le sentiment de l'insuffisante prise en compte par les pouvoirs locaux des enjeux de la compétition économique de niveau mondial dans lesquels est engagé le port.

La métropole Toulon Provence Méditerranée est la nouvelle autorité portuaire sur son territoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017. Elle est propriétaire et responsable de l'aménagement, de l'entretien et de la gestion des 8 ports départementaux. La politique métropolitaine d'aménagement du territoire et de développement économique intègre les ports, qui sont autant de portes d'entrée sur son territoire et qui représentent un poids économique et touristique significatif tant pour son développement régional que pour son rayonnement national voire international. Sur chacun des sites de sa compétence, TPM porte, des projets structurants à différents stades d'avancement qui intègrent la dimension de développement durable.

## 2.6 Une problématique issue des différents modèles de gouvernance

La nature juridique différente des autorités portuaires compétentes peut aussi expliquer l'absence de coordination. Outre l'État (GPMM), la façade méditerranéenne voit en effet intervenir la Région Sud PACA, la Collectivité Territoriale de Corse et les métropoles (Aix Marseille Provence, Toulon, Nice). Cette situation a pour conséquence de renforcer encore la territorialisation des intérêts des places portuaires. Plus globalement, la segmentation territoriale enferme souvent les horizons des acteurs à l'intérieur des frontières respectives. La faible coopération inter-collectivités ne peut qu'accroître le développement de systèmes parallèles non articulés.

*« Les collectivités, mais aussi les chambres consulaires voire parfois les services d'État ont naturellement tendance à défendre « leurs champions » de manière parfois un peu impulsive pouvant conduire à renforcer les concurrences frontales entre les ports de la façade plus que porter le fer avec les ports étrangers dans le cadre de nouveaux marchés »<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup> BAUDOIN J.C. (2018), Délégué interministériel, Propositions pour le renforcement de l'intégration de la gouvernance sur l'Axe Méditerranée Rhone Saone, Rapport à Monsieur le Premier Ministre, Délégation interministérielle au développement de l'Axe portuaire et logistique Méditerranée- Rhone Saône, page 35.



Le risque de déficit de coopération inter-collectivités ne peut qu'accroître le développement de systèmes parallèles non articulés.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède qu'aucune action partenariale ni aucun projet, ni même qu'aucune tentative de gouvernance coopérative n'arrive à se concrétiser.

A Marseille, après une charte ville-port signée en 2013, l'élaboration d'une charte métropole-port sous le pilotage du préfet de région PACA est en cours et doit être signée par le GPMM, la métropole, l'État, la région, le département, l'EPA Euroméditerranée et la Chambre de commerce et d'industrie de Marseille-Provence.

Toujours à Marseille, l'émergence du « smart port » s'appuyant sur la transition numérique pour affirmer et consolider la vocation portuaire de la métropole Aix-Marseille Provence, notamment en matière de performance économique et environnementale du port, intègre la plupart des grands acteurs du bassin portuaire soutenu par le pacte métropolitain d'innovation, signé le 27 janvier 2017, entre l'État et la métropole Aix-Marseille-Provence.

## 2.7 Les acteurs portuaires italiens

Vingt-quatre autorités portuaires ont été remplacées par 15 autorités de système portuaire correspondant à 15 bassins maritimes regroupant 57 ports italiens de portée nationale ou internationale. La définition des bassins maritimes régionaux et la distribution des ports relevant de chaque autorité sont fixées par la loi. Pour chaque autorité dans chaque bassin, on retrouve en général un schéma articulant un grand port siège de l'autorité (Gênes, La Spezia, Livourne, Civitavecchia, Gioia Tauro, Bari, Ancône, etc.) et plusieurs ports plus petits comme satellites.

C'est ce réseau portuaire articulant le port-centre et les ports satellites qui constitue pour chaque autorité son « système portuaire » selon l'expression retenue par le législateur italien. Certaines autorités dans certains bassins ne couvrent qu'un seul port (Tarente pour la mer Ionienne). Certaines régions (Ligurie, Sicile, Pouilles) comptent deux autorités de système portuaire.

## 2.8 Modèle de gouvernance italien

La réforme de 2016 en Italie vise à rationaliser les implantations et réorganiser la gouvernance des ports.

En Italie, les statuts et la gouvernance des grands ports maritimes sont régis par la loi et répondent à un modèle uniforme. Le régime actuel est le fruit de la réforme des autorités portuaires de 2016<sup>2</sup> qui a significativement modifié la loi portuaire de 1994<sup>3</sup>. Cette réforme faisait partie des actions destinées à mettre en œuvre le Plan stratégique national 2017.

Le cadre légal du système portuaire, comme l'organisation du réseau et les orientations stratégiques de la politique portuaire, demeurent toutefois solidement dans les mains de l'État italien.

L'axe central de la réforme de 2016 dans la droite ligne du plan stratégique antérieur est l'adoption d'une perspective systémique destinée à limiter les effets de l'émiettement, de l'incohérence des politiques et de la compétition stérile entre les ports individuels. Pour tirer parti de la position stratégique de l'Italie en Méditerranée dans un contexte de concurrence internationale intense, il a été considéré comme nécessaire de regrouper et de redimensionner les ports autour de bassins maritimes régionaux, de redessiner les organes dirigeants pour simplifier les procédures de décision et de promouvoir le développement des infrastructures et des interconnexions.

<sup>2</sup> Decreto Legislativo n. 169 – Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali, du 4 août 2016. Pour une appréciation juridique de la réforme, voir F. Mancini, « Le Autorità di sistema portuale » in Il Libro dell'Anno del diritto

<sup>3</sup> Legge n. 84 – Riordino della legislazione in materia portuale, du 28 janvier 1994.



Le schéma est dans un processus d'évolution permanent.

Il convient de remarquer que le ressort d'intervention des nouvelles autorités n'est plus le port mais bien une sorte de circonscription territoriale élargie. La gouvernance des activités portuaires dans chacun des 15 bassins est assurée depuis le port-centre tandis que des structures administratives d'exécution et de gestion sont installées dans les ports satellites sous la forme de bureaux territoriaux sous la direction du secrétaire général de l'autorité de système portuaire.

Le modèle italien impose un régime juridique et un modèle de gouvernance uniques à l'ensemble des 15 autorités portuaires, même si leur taille, leur trafic, leur importance économique, la structuration interne du réseau formé du port-centre et des ports satellites diffèrent grandement. C'est la considération domaniale qui paraît l'emporter : le port, abstraction faite des activités entrepreneuriales qu'il abrite, est avant toute une propriété publique appelée à être gérée de façon uniforme par la puissance publique.

La question du statut juridique est formellement tranchée par la loi en fonction des considérations précédentes. Les autorités de système portuaire sont des établissements publics administratifs de l'État. Elles sont dotées de la personnalité juridique, ainsi que de l'autonomie administrative, organisationnelle, réglementaire, comptable et financière. Devant toute juridiction, elles peuvent être représentées par leurs propres conseils ou par ceux de l'État.

## 2.9 Le rôle des autorités portuaires italiennes

Les missions des autorités dans chaque bassin sont essentiellement le pilotage, la programmation, la coordination, la régulation et le contrôle des opérations et services portuaires dans leur ressort, l'octroi des autorisations et concessions, le pouvoir de police administrative, notamment en matière de sécurité, la maintenance des installations, la promotion du raccordement des réseaux logistiques, l'administration des biens du domaine public maritime qui leur échoit.

À titre d'exemple, l'autorité du système portuaire de l'Adriatique Orientale, basée à Trieste, est parfaitement dans son rôle lorsqu'elle signe le 5 novembre 2019 un mémorandum d'accord avec le conglomérat d'État chinois et géant des infrastructures CCCC (*China Communications Construction Company*) dans le cadre du programme des nouvelles routes de la soie auxquelles l'Italie a adhéré en mars 2019. Il vise la création d'une plateforme logistique connectée au port de Trieste, la mise en service d'entrepôts par le groupe chinois et le lancement de projets-pilotes en commun dans l'arrière-pays de Shanghai et de Shenzhen. L'idée est de constituer un canal logistique intégré entre l'Italie et la Chine dont le port de Trieste serait le pivot. Les investissements sont réalisés par CCCC sans participation directe de l'autorité portuaire, qui agit comme expert technique et comme facilitateur et promoteur du projet en Italie à l'égard des entreprises et des pouvoirs publics.

Pour harmoniser et assurer la cohérence des choix stratégiques des ports italiens, au-delà de la simple tutelle du ministre de l'équipement et des transports, a été instituée auprès de celui-ci une Conférence nationale de coordination des autorités de système portuaire. Sont visées explicitement les choix stratégiques en matière de grands investissements d'infrastructures, les choix de planification urbaine dans l'aire portuaire, les politiques de concession sur le domaine public et la promotion sur les marchés internationaux.



La Conférence nationale de coordination est présidée par le ministre compétent et comprend tous les présidents des autorités de système portuaire et deux représentants de la Conférence unifiée<sup>4</sup> où échangent l'État, les régions et les communes. Un expert de l'économie des transports et des ports peut être nommé par décret comme conseil.

---

<sup>4</sup> La Conferenza unificata est formée de la réunion de deux organes généraux de coopération et de concertation entre l'État et les régions et provinces autonomes d'une part, entre l'État et les communes d'autre part. Elle est impliquée lorsque sur un même sujet d'intérêt national à la fois les régions et les communes doivent pouvoir exprimer. En raison de la structure constitutionnellement régionale de l'Italie, la conférence permanente pour les rapports entre l'État et les régions joue d'ordinaire un rôle prépondérant dans l'articulation des politiques publiques.



### 3. Les ports

Les ports jouent un rôle prépondérant dans le développement de l'offre de GNL carburant marin car ils sont les « impact player » des stratégies de déploiement et de mise en œuvre des schémas : ils peuvent accélérer le cours des choses, dropper la volumétrie des échanges, inscrire territorialement et durablement la nature des relations commerciales. Ils doivent, à l'horizon 2025, devenir la pierre angulaire d'une filière GNL, autour de laquelle s'articulent les enjeux de l'approvisionnement, du ravitaillement et de la distribution, sous l'égide des ambitions de durabilité environnementale et de développement économique. Encore faut-il qu'ils engagent leur propre réforme et réussissent à conjuguer le rôle conservateur, facilitateur et entrepreneur auxquels ils sont assignés.

<p>Patrick Verhoeven, dans sa thèse à l'Université d'Anvers, actuel directeur stratégique de l'IAPH (association internationale des ports), a élaboré une gradation du rôle des autorités portuaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>un rôle « conservateur »</b>, au travers duquel les autorités portuaires se concentrent essentiellement sur la production des infrastructures portuaires ;</li> <li>▪ <b>un rôle « facilitateur »</b>, au travers duquel les autorités portuaires s'impliquent également dans la production d'infrastructures de transport terrestre, investissent leur domaine portuaire voire leur <i>hinterland</i>, veillent, dans une logique d'enssembler, à la compétitivité coût et temps du passage portuaire et ont une stratégie commerciale de gestion de leurs ressources visant à accroître leurs recettes domaniales ;</li> <li>▪ <b>un rôle « entrepreneur »</b>, au travers duquel les autorités portuaires s'engagent en tant que maîtres d'ouvrage dans la production d'espaces à vocation logistique, industrielle ou urbaine (financement et prise en charge opérationnelle des opérations), dont elles assurent ensuite la gestion et la commercialisation foncières. Elles poursuivent pour objectif la mise en valeur de leurs ressources foncières afin de maximiser les revenus qu'elles en tirent, qu'il s'agisse des recettes domaniales ou des revenus tirés des trafics portuaires (le développement d'implantations industrielles ou logistiques participant au maintien ou au développement des trafics).</li> </ul> <p>Plus l'autorité portuaire s'oriente vers un modèle « facilitateur » ou « entrepreneur », plus elle tend à s'autonomiser de la puissance publique, dont elle cesse d'être un simple opérateur technique pour devenir un support du marché (modèle « facilitateur ») voire un acteur du marché (modèle « entrepreneur »). Selon Patrick Verhoeven, le modèle « facilitateur », qui est le plus courant et qui est notamment celui des GPM français, a vocation à régresser au profit du modèle « entrepreneur ».</p>
---

Tableau 1 : La gradation du rôle des autorités portuaires dans les ports-proprétaires<sup>5</sup>

Avant même d'aborder la dimension opérationnelle de leur contribution à la SSLNG, l'action des autorités portuaires se structure sur des activités centrales qui constituent le socle de leur intervention.

Activités centrales	
Gestion du trafic	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Assurer la sécurité, la sûreté, la rapidité et la fiabilité du trafic maritime</li> <li>-Partenariats pour la gestion du trafic routier et ferroviaire</li> </ul>
Gestion de la zone portuaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fournir de l'espace aux nouveaux opérateurs pour leur expansion</li> <li>-Intensifier l'exploitation des sols</li> <li>-Développer l'infrastructure de transports publics requise</li> <li>-Consolider la performance environnementale dans la zone portuaire</li> </ul>
Gestion des relations clients	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Attirer de nouveaux clients</li> <li>-Veiller à donner satisfaction aux clients</li> <li>-Fournir aux clients une valeur ajoutée en tant que "partenaire commercial"</li> </ul>
Gestion des relations avec les parties prenantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Investir dans l'attractivité du site, en partenariat avec d'autres parties prenantes (publiques)</li> <li>-Influencer la réglementation applicable</li> <li>-Investir pour maintenir la licence d'exploitation</li> </ul>

En découle un registre très opérationnel des activités portuaires.

<sup>5</sup> Patrick Verhoeven (2010), A review of port authority functions : towards a renaissance ? Maritime Policy and Management, 37(3), 247-270 ; mission.



## 3.1 Les fonctions opérationnelles

### 3.1.1 La compétence ferroviaire des ports français : une opportunité

Il s'agit effectivement d'une opportunité dans le sens où le raccordement au réseau ferroviaire représente une ressource mobilisable dans la fonction de desserte des hinterlands, autre vocation des ports qui doivent nécessairement avoir une dimension multimodale.

Le GPM de Marseille Fos s'est vu transférer un réseau de 112 km dont 64 km dans les bassins de Fos et 48 km de voies de service dans les bassins de Marseille. Le transfert de gestion a donné lieu à une subvention de transfert (« soulte ») de 9 millions d'euros compte tenu de l'état des voies ferrées transférées. Les coûts réels de gestion sont largement supérieurs aux premières estimations théoriques faites lors de la création du réseau ferré portuaire. Au-delà de la gestion, le GPMM a engagé, sur la période 2010-2019, plus de 20 millions d'euros en travaux d'investissement et de régénération.

À Toulon, la situation est plus complexe, en raison du partage entre les activités de commerce et de défense. Le port est propriétaire de l'installation terminale embranchée qui relie le port de Brégaillon au réseau national depuis la prise de compétence. Des travaux d'un montant de 3,75 millions d'euros sont en cours de réalisation (ils sont financés à parts égales entre la CCI du Var, l'État, la Région Sud, CD83 et MTPM).

### 3.1.2 Les activités portuaires : l'exemple français

#### **Le commerce**

Les ports constituent des portes d'échanges pour le commerce international. Ils sont le reflet de l'activité et de la consommation d'un territoire.

Les hydrocarbures ayant une place importante dans la consommation et l'industrie française, les ports permettent l'approvisionnement énergétique du pays : les hydrocarbures représentent une part importante des trafics réalisés dans les principaux ports français. A Marseille notamment, 1<sup>er</sup> port d'hydrocarbures en France et 3<sup>ème</sup> en Europe, cette activité représente environ 60 % du trafic total.

Le trafic conteneurisé de marchandises diverses se développe massivement depuis quelques décennies. Principale vitrine de la mondialisation, les conteneurs représentent aujourd'hui environ 12 % du trafic des ports français, un secteur porté par la consommation mais aussi, à l'export, par la production française.

#### **Le tourisme**

Les ports de commerce jouent aussi un rôle dans le transport de passagers. Environ 32 millions de passagers transitent chaque année par les ports français.

Le secteur de la croisière est actuellement une des activités touristiques les plus dynamiques au monde, le nombre de passagers ayant progressé de près de 70 % entre 2004 et 2014.

Ainsi, sur la façade méditerranéenne, traditionnellement tournée vers la croisière, le port de Marseille se place comme le 1<sup>er</sup> port de croisière de France et 5<sup>ème</sup> au niveau méditerranéen, avec plus de 2,7 millions de passagers en 2016.

#### **L'industrie**

Les ports français disposent de réserves foncières disponibles pour accueillir de nouvelles industries ou activités. Les ports accueillent sur leur domaine foncier de nombreuses activités industrielles. Les industries de raffinage et pétrochimiques sont par exemple présentes à Marseille-Fos : une partie de la production d'électricité est réalisée dans les ports, avec des centrales thermiques implantées dans leurs zones portuaires du port de Marseille-Fos. Quatre terminaux méthaniers maillent également le territoire et constituent des points d'avitaillement en gaz naturel liquéfié. Les énergies nouvelles sont en développement dans les ports.



Bénéficiant de perspectives positives offertes par les marchés des pays limitrophes et par le développement du continent africain, les ports méditerranéens restent cependant petits et éparpillés en comparaison des ports du nord de l'Europe et ne captent finalement qu'une petite part des échanges avec l'Asie qui transitent par le canal de Suez.

### L'activité logistique

Les ports sont par nature des nœuds situés au cœur de réseaux de transports denses destinés à desservir un territoire, à l'import comme à l'export. Cette position confère aux ports une réelle pertinence pour le positionnement d'activités logistiques, notamment en lien avec le trafic conteneur.

Côté méditerranéen, le grand port maritime de Marseille Fos développe deux zones logistiques principales : Fos Distriport et La Feuillane, idéalement situées autour des terminaux conteneurs de Fos-sur-Mer. Ces deux zones logistiques sont spécialisées dans le stockage sous douane et la distribution en Europe par camion, par train ou par barge fluviale. Chaque année, des acteurs clés investissent au port de Marseille Fos pour implanter leur hub Sud-européen. La région de Fos-sur-Mer offre plus de 3 millions de m<sup>2</sup> dédiés à la logistique et à la distribution, dans un rayon de 30 km.

La loi de décentralisation de 2004 a entraîné la décentralisation des 17 ports d'intérêt nationaux métropolitains, principalement aux régions.

La réforme de 2008 a créé le statut de Grand Port Maritime (GPM) dans lequel ont basculé à terme les 11 ports maritimes relevant de l'État, à l'exception de Saint-Pierre-et-Miquelon, qui a conservé son statut de port d'intérêt national.

Enfin, la loi du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République prévoyait le transfert possible des ports départementaux aux collectivités ou groupements candidats au 1<sup>er</sup> janvier 2017.

## 3.2 Les ports français de la façade méditerranéenne

Cinq ports maritimes français appartenant à la zone de coopération exercent aujourd'hui une activité commerciale sur la façade maritime méditerranéenne (fret et passagers des ferries et de croisières). Il s'agit en PACA de Marseille, Toulon et Nice (la Ciotat n'est pas un port de commerce mais développe une activité de construction-réparation navale tournée vers la grande plaisance).

**Marseille** (81 Mt), seul Grand Port Maritime de compétence étatique maritime (GPM) de la façade, est également le seul à pouvoir prétendre aujourd'hui à une place dans la compétition mondiale. En France, dans le périmètre de notre étude, il est le seul port qui peut actuellement recevoir des navires méthaniers.

A Marseille-Fos, deux terminaux sont exploités par Elengy filiale de GDF Suez :

- le terminal de Fos Tonkin, mis en service en 1972, est le plus ancien. Il est situé au fond de la darse 1 de Fos sur Mer. Il reçoit par an, sur un appontement, une centaine de navires de taille moyenne d'une capacité maximale de 75 000 m<sup>3</sup>, principalement en provenance d'Algérie. Il comprend trois réservoirs cryogéniques : un de 80 000 m<sup>3</sup> et deux de 35 000 m<sup>3</sup>, soit une capacité de stockage de 150 000 m<sup>3</sup>. Sa capacité de regazéification est de 5,5 milliards de m<sup>3</sup> de gaz par an, envoyés dans le réseau des gazoducs (pression de 80 bars) ;
- le terminal de Fos Cavaou, situé dans le golfe de Fos, est entré en fonction et a reçu son premier méthanier le 26 octobre 2009. Mis en service commercial en 2010, il est équipé d'un appontement pouvant recevoir de grands méthaniers "Qmax" transportant jusqu'à 260 000 m<sup>3</sup> de GNL. Sa capacité de stockage totale est de 330 000 m<sup>3</sup> répartis en trois réservoirs cryogéniques de 110 000 m<sup>3</sup>. Sa capacité de regazéification est de 8,25 milliards de m<sup>3</sup> de gaz par an.



**Toulon** est un port de commerce de taille encore modeste (1,7 Mt). Son développement est récent et très dynamique fondé sur une diversification de ses activités commerciales (Ro Ro, ferries vers la Corse, la Sardaigne et les Baléares, croisières) qui progressivement prennent leur place à l'intérieur de la rade, en lien intelligent avec la dimension militaire de celle-ci. Complément naturel de Marseille, le port géré par la CCI est piloté désormais par la métropole pour laquelle il représente une pièce importante de l'avenir économique de Toulon et du Var et qui affiche sa volonté de développer des projets ambitieux (quai conteneurs, croisières...).

**Nice** (0,4 Mt) est un port à faible tonnage sans commune mesure avec la taille de l'agglomération niçoise et ses territoires de proximité. Son activité très contrainte par la géographie des lieux est marquée par la croisière (également très présente à Cannes) et le fret de ciment (Nice est un des tout premiers ports cimentiers de France, approvisionnant la Corse et l'Algérie). Ses liens avec les autres ports français de la façade sont faibles, de même qu'avec les ports italiens.

Le port de **Bastia** est la porte d'entrée naturelle de la Corse. Sa position géographique lui confère un atout majeur, au cœur de l'arc tyrrhénien dans le Golfe de Gênes, face à la côte toscane. Ce port irrigue, tant en terme de marchandise que de fréquentation touristiques les deux tiers de la Corse. Le port de Bastia est le 3<sup>e</sup> port principal de la façade (3,5 M de t.) et le 5<sup>e</sup> port français (hors grands ports). Il est le 1<sup>er</sup> port insulaire en termes de trafic (60% du trafic maritime global de la Corse) et le 2<sup>e</sup> port français pour le trafic passagers (50% des passagers pour la Corse, soit plus de 2,18 M de personnes). Le trafic fret du port de Bastia s'élève à moins de 2,2 M t.

Les échanges avec le continent représentent 80% du trafic global. Des projets sont en cours de réalisation afin d'augmenter la capacité du site d'accueil pour absorber la hausse du trafic et éviter la saturation (nouveau quai de 200m, re-scindement d'un quai existant pour porter sa longueur à 175m, extension des terre-pleins de 30 000m<sup>2</sup>). A l'horizon 2020, un projet de création d'un nouveau port de commerce est envisagé pour accueillir des volumes de trafic en augmentation d'environ 50%.

Le port d'**Ajaccio** est le 2<sup>e</sup> port de l'île, avec 25% de part de marché pour l'activité passagers. Il se positionne comme le 2<sup>e</sup> port français en termes de croisière.

L'écart des tailles des places portuaires pourrait constituer une différence d'approche. De fait le GPMM, port global, a pour horizon la compétition mondiale sur un grand nombre de segments d'activités fort de ses 80 Mt et de son environnement industriel et logistique de premier plan. Son rival s'appelle Gênes. Malgré leur dynamique et leur forte croissance, Toulon, Bastia et Ajaccio (et bien sûr les autres ports maritimes et fluviaux) n'ont pas la même envergure. 1,2 million de clients des compagnies de ferry transitent par les bassins Est de Marseille (avec 500 000 véhicules accompagnés) dont 630 000 passagers vers la Corse, 317 000 vers l'Algérie et 242 000 vers la Tunisie. Le port de Toulon accueille 1,5 millions de passagers vers la Corse et la Sardaigne, et celui de Nice 720 000 vers la Corse.

Cela ne veut pas dire que leur contribution est minime notamment dans un objectif de complémentarité de bassins, mais cela entraîne nécessairement des préoccupations de niveaux différents.

### 3.3 Les ports italiens de la façade méditerranéenne

Les ports italiens les plus déterminants pour la zone de coopération sont :

- Ligurie : ports de Gênes, La Spezia
- Toscane : Marina di Carrara, Livourne
- Sardaigne : Cagliari



Deux terminaux côtiers portuaires permettent l'offre de service.

Le port d'**Oristano** (Santa Giusta) opérationnel cette année dispose d'une capacité de 9000m<sup>3</sup>.

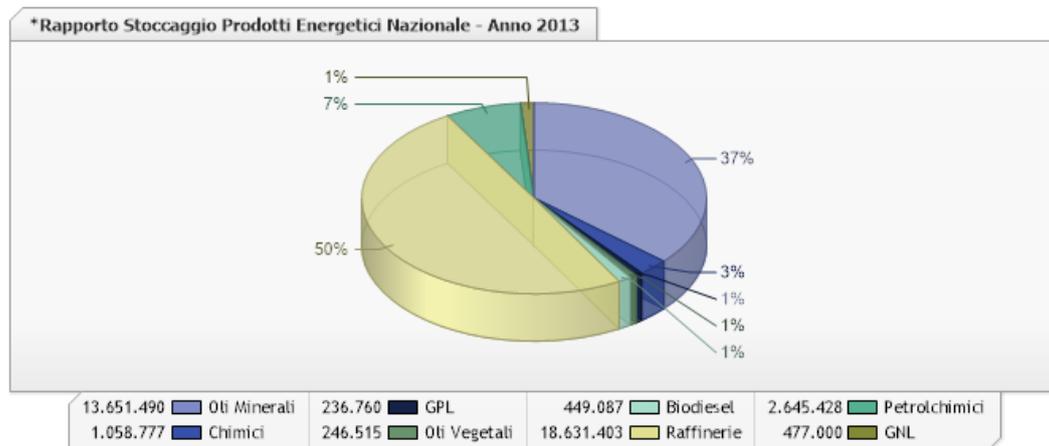
Le port de **Ravenne**, qui sera opérationnel en 2021 disposera d'une capacité de 20000m<sup>3</sup>.

Les ports de **Naples, Augusta** et **Brindisi** vont se doter de terminaux côtiers et le port de **Livourne** va développer son offre de service de SSLNG avec une capacité de stockage de 9000m<sup>3</sup>.

Il convient de prendre en considération l'existence de trois terminaux de regazéification existant :

Société gestionnaire	Région	Localisation	Production MLDmc/année	Stockage m <sup>3</sup>
GNL Italia S.p.A.	Liguria AdSP del Mar Ligure Orientale	Panigaglia, La Spezia	4	90 000
Olt Offshore Lng Toscana	Toscana AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	Terminal OLT Livourne	4	137 000
Terminale GNL Adriatico S.r.l	Veneto AdSP del Mar Adriatico Settentrionale	Chioggia Porto Levante (Rovigo)	8	250 000
<b>Total</b>				<b>477 000</b>

De souligner que les volumes de stockage du GNL ne représentent qu'une partie anecdotique des capacités totales :



Et d'intégrer à terme dans la filière SSLNG trois mini terminaux de regazéification en cours d'autorisation :

Mini terminale rigassificazione/deposito costiero				
Autorità di Sistema Portuale	Società	Localizzazione	Stato	Capacità di stoccaggio (mc)
AdSP del Mar Di Sardegna	Sardinia LNG	Cagliari	Procedura autorizzativa in corso	22.000
AdSP del Mar Tirreno Centrale	In corso di assegnazione	Napoli	Manifestazione di interesse	10.000-20.000
AdSP del Mar di Sicilia Orientale	In corso di assegnazione	Augusta	Manifestazione di interesse	-

Tableau 2 : Source Assocostieri



### 3.4 Les modèles de gouvernance sont-ils transposables ?

Une fusion pure et simple des places portuaires entre elles a été choisie par l'Italie qui, par sa réforme de 2015, a fusionné les ports les plus proches (Gênes et Savone par exemple). L'objectif dans les deux cas est de jouer l'effet taille et la complémentarité au sein d'une même entité sans contrevenir au cadre européen de mise en concurrence. Pour autant, cette solution ne paraît pas adaptée au contexte français méditerranéen. D'abord, elle remettrait en cause les compétences issues de la réforme territoriale (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) et nécessiterait un processus long dans un climat sans doute hostile et donc improductif.

#### 3.4.1 Approche comparative

Les ports français doivent faire face à une concurrence accrue des ports de Méditerranée occidentale, tel que Gênes (51 M tonnes /Gênes-Savone 65 M tonnes) et d'autres plus au sud, comme Gioia Tauro (40 M tonnes) qui sont plutôt des ports de transbordement.

En ce qui regarde le trafic de conteneurs évalué pour la France à environ 10 millions d'EVP (contre 11 pour l'Italie), il est majoritairement capté par les ports étrangers, surtout Anvers et Rotterdam.

Bien qu'en net redressement depuis 2015 avec une hausse permanente de l'activité conteneurs (1,4 M EVP), le port de Marseille atteint à peine la moitié du trafic de Gênes. Or, de grands travaux d'infrastructure sont lancés depuis plusieurs années au profit du port ligure par l'axe ferroviaire Rotterdam-Gênes via la Suisse qui prend forme peu à peu (mise en service récente du tunnel Saint Gothard) et poursuite vers la Ligurie.

Ces deux concurrents méditerranéens sont très offensifs (même si l'effondrement du pont de Gênes a eu une incidence sur le cours des choses) et s'intègrent dans des façades maritimes bien plus armées que la façade française comptant plusieurs ports de grande taille (pour l'Italie après la réforme portuaire Gênes-Savone ; Livourne et Gioia Tauro) lorsque notre littoral n'en compte qu'un, les autres ports français étant bien loin derrière (Toulon 1,7 Mt), mais pouvant apporter dans le cadre de leurs intérêts respectifs une dynamique supplémentaire très utile.

#### 3.4.2 Alliance et concurrentialité

Les partenariats interportuaires se sont fortement développés grâce à un phénomène dit de « terminalisation », expression de Brian Slack (Professeur à l'université Concordia de Montréal), qui consiste à « *transformer des ports en un ensemble de terminaux reliés entre eux dans un réseau mondial structuré par la stratégie de quelques firmes internationales* »<sup>6</sup>. Ces entreprises participent donc indirectement au développement de la coopération interportuaire en établissant des connexions entre ces structures. Ainsi, les alliances portuaires permettent l'établissement d'une stratégie commune entre les ports alliés et de jouir ainsi d'une plus grande attractivité auprès de ces firmes internationales car celles-ci pourront développer bien plus facilement un réseau entre les ports d'une même alliance.

Les autorités portuaires sont confrontées à une concurrence de plus en plus forte et cela constitue paradoxalement un autre facteur qui explique le développement de ces alliances portuaires entre autorités géographiquement voisines. En effet, de nombreux ports se concurrençaient sur des trafics similaires limitant ainsi leur possibilité de développement.

---

<sup>6</sup> DEBRIE (J.), *Hub Portuaires : les grands opérateurs mondiaux*, FLUX, n°87, Janvier-Mars 2012.



La coopération portuaire permet aux ports de se spécialiser dans des trafics différents et donc moins concurrents.

Tous les ports méditerranéens veulent leur part du gâteau, ce qui entraîne une concurrence extrêmement forte entre ces ports. En effet, les grands ports méditerranéens comme le Pirée, Gênes, Marseille, revendiquent le statut de porte d'entrée de l'espace économique ouest et centre-européen.

En Méditerranée occidentale, Marseille affiche également son ambition avec de nombreux projets et un calme social retrouvé. Conscient de la décroissance du trafic d'hydrocarbure sur lequel il occupait une place de leader, le port phocéen souhaite développer de manière significative le trafic conteneurisé et la croisière. Préférant le statut de hub de consolidation plutôt que celui de hub de transbordement, le port de Marseille doit faire face à de nombreux rivaux tels que Barcelone, Valence ou Gênes qui résistent bien à la concurrence.

Des ports comme Gênes ou encore Marseille mènent des actions de promotion et de lobbying très importants pour promouvoir leurs infrastructures et mettent en avant le gain kilométrique à faire passer un conteneur par les ports du sud pour rejoindre un hinterland en Europe centrale. L'élément déterminant demeure l'efficacité des liaisons logistiques terrestres.

Toutefois, malgré cette concurrence effrénée, les ports ont mis en place des stratégies d'alliances interportuaires partant du principe que la coopération dans certains domaines améliorerait la compétitivité des ports. Ces alliances, qui lient essentiellement les ports d'un même secteur géographique, consistent à partager des informations et des savoir-faire notamment dans les domaines régaliens, environnementaux, de l'aménagement, des désertes et des trafics.

Ces alliances sont encouragées par les États qui souhaitent développer une politique de coopération entre ports au niveau interne mais également par l'Union Européenne qui craint la perte d'attractivité des ports européens. En méditerranée, on constate également une coopération de plus en plus croissante entre les ports européens et les ports d'Afrique du Nord.

Certains ports privilégient des coopérations de zones, avec des ports géographiquement voisins afin de défendre une façade en particulier. On constate ce phénomène principalement en Méditerranée. L'objectif de ces ports est, dans un premier temps, de gagner en visibilité, notamment auprès du marché asiatique, pour ensuite gagner en attractivité. Ainsi, les ports italiens de Venise et Trieste, le port slovène de Koper et le port Croate de Rijeka, au Nord de la Mer Adriatique ont créé une association transnationale : la Nord Adriatic Port Association (NAPA) témoignant la capacité à coopérer au-delà des frontières.

#### L'exemple des ports bi nationaux

Les ports de Copenhague (Danemark) et de Malmö (Suède) ont créé le CMP (Copenhagen Malmö Port), seul port binational d'Europe ! Liés depuis très longtemps de part notamment les trafics ferry, les deux ports ont ainsi mis en place cette société commune d'exploitation portuaire qui est en charge des activités opérationnelles du port. Cette fusion vise à « *renforcer le secteur maritime-portuaire, à éviter un report modal de la mer vers la route, tout en rationalisant les coûts et les services proposés* »<sup>7</sup>.

La complexité de la mise en œuvre des cadres légaux et réglementaires de l'exploitation, dans l'inter relation des acteurs de la filière que sont les autorités portuaires, les armateurs et les opérateurs, est une barrière à l'émergence du GNL.

<sup>7</sup> WOESSNER (R.), *Les ports de l'Europe et de la Méditerranée*, Paris Sorbonne, 2014.



Il existe une zone de floue juridique concernant la problématique d'avitaillement. Pour exemple, l'analyse du système néerlandais illustre l'impact de la législation sur la sécurité terrestre (« Landboard ») qui s'applique jusqu'aux quais, quelles que soient les opérations effectuées. Ce qui les a contraints à déterminer un modèle de planification du fonctionnement du port en fonction de critères imposés par leur administration en identifiant les zones d'exploitation qui étaient susceptibles d'accepter ou non les opérations d'avitaillement GNL.

La position de l'administration française est différente. Elle a conduit le Grand Port de Marseille à déterminer un niveau d'exigence applicable. Il est procédé à un recueil des demandes des clients concernant des opérations à des endroits précis et une analyse de la proximité du public. Les mêmes critères et les mêmes études que celles qui sont imposées au niveau européen seront demandée. Il faut y voir une opportunité d'éviter d'être concerné par la réglementation SEVESO, beaucoup plus contraignante. L'idée étant que les opérateurs européens ne soient pas obligés de faire des démarches totalement différentes lorsqu'ils sont en France : si un opérateurs a rempli toutes les qualités requises pour une opération dans l'un des ports membres de l'International Association of Ports and Harbors (I.A.P.H.), alors il sera qualifié pour les réaliser à Marseille.

Cette tentative d'harmonisation des pratiques illustre pleinement l'enjeu de la concurrentialité des territoires.



## 4. La transition énergétique : un enjeu partagé

Les ports méditerranéens sont confrontés à une série de défis. A l'instar des autres ports du globe, ils subissent les grands déterminants de la compétition mondiale marquée par la concentration des acteurs, le gigantisme et la domination du continent asiatique qui impose ses routes. La course à la mondialisation les oblige également à prendre les virages des transitions écologique et numérique. Outre les enjeux de politique publique qu'elle comporte, la transition écologique et énergétique constitue une priorité économique pour les places portuaires. En effet, elle peut s'accompagner de nouveaux trafics et de nouvelles activités.

En particulier :

- le GNL constitue un axe de développement. Cette activité est susceptible d'apporter des trafics supplémentaires, certes plus limités que ceux des autres hydrocarbures, et présente une rentabilité élevée une fois implantée<sup>8</sup>. Le développement du transbordement (envisagé à Dunkerque) nécessite toutefois une stratégie offensive de l'ensemble de la place portuaire. L'activité GNL doit également permettre d'avitailer les navires équipés, et peut représenter à cet égard un investissement stratégique à long terme. Toutefois, l'État doit veiller à accompagner le développement de cette filière dans les ports français par une réglementation adaptée<sup>9</sup>,
- l'économie circulaire, permise par l'agencement d'activités en «plateformes industrielles», est susceptible d'améliorer la compétitivité de plusieurs filières implantées sur les ports, notamment la chimie. Comme pour le GNL, son développement est freiné par les contraintes réglementaires à l'heure actuelle,
- les énergies marines renouvelables (EMR) sont moins génératrices de trafics et, partant, de recettes en droits de port que les filières industrielles traditionnelles. Elles sont cependant susceptibles de produire des revenus fonciers élevés au regard de leurs besoins d'espace et de quais, et pourraient permettre à certains ports de développer des activités de maintenance de ces EMR. De nombreux GPM et ports décentralisés sont engagés ou envisagent l'implantation de ces activités, au risque de constituer des doublons et des surcapacités. L'avenir de cette filière reste conditionné aux décisions de l'État dans la prochaine programmation pluriannuelle de l'énergie,
- la production d'énergies renouvelables sur les zones industrialo-portuaires.

Le développement de ces activités s'accompagne d'investissements lourds, dans un contexte d'incertitudes élevées. Aussi, des stratégies de filières, dépassant le cadre portuaire, devraient être conçues dans les domaines mentionnés, afin de donner de la visibilité aux ports et d'éviter les investissements non coordonnés.

### 4.1 Transition énergétique des ports : l'évidence du GNL

La loi de transition énergétique pour la croissance verte a pour ambition de construire un nouveau modèle énergétique national qui doit faire de la France l'un des États membres de l'Union européenne les plus engagés dans la transition énergétique.

---

<sup>8</sup> À titre d'exemple, la filière GNL représente 4 % du chiffre d'affaires des filières du GPMM, soit un niveau relativement faible.

<sup>9</sup> Son niveau de rentabilité est toutefois nettement supérieur à celui des autres filières : le ratio « contribution directe au résultat / chiffre d'affaires » de la filière GNL est égal à 89 %, contre une moyenne de 38 % pour l'ensemble des filières.



Le Gaz Naturel Liquéfié (GNL) a démontré sa pertinence en tant que carburant marin, fluvial ou routier pour faire face aux défis environnementaux et de santé publique actuels et à venir. Il est une source d'énergie alternative permettant de réduire non seulement les émissions de dioxyde de carbone, mais également d'abaisser drastiquement les polluants atmosphériques (notamment les particules fines).

L'adaptation des ports à cette nouvelle donne qu'est le GNL carburant marin implique la réalisation de nombreux travaux, qu'il s'agisse des travaux de modification des infrastructures portuaires, de la construction d'installations de stockage, de l'aménagement de quais ou de jetées (pour ne citer que ceux-là), ainsi que la définition de cadres réglementaires applicables aux opérations de chargement et de déchargement qui seront elles-mêmes fonction de l'ampleur des trafics attendus et des volumes de soutage de GNL. Jusqu'à maintenant, la relative faiblesse des volumes en cause a favorisé l'alimentation par camions citernes. Mais au fur et à mesure que le marché gagne en maturité, l'avitaillement par barges et par navires souteurs se développe, car c'est la modalité d'avitaillement la plus couramment utilisée par le transport maritime aujourd'hui. L'usage croissant du GNL comme carburant marin s'accompagne du développement de l'offre de ravitaillement pour les navires. En Europe, de nombreux ports disposent déjà d'une telle offre. En France, l'alimentation en GNL marin d'un navire est une réalité depuis peu, la première opération ayant eu lieu en mai 2016 au port du Havre, mais l'ensemble des ports montrent une ambition collective de développement des capacités d'avitaillement en GNL marin. Pour cela, ils peuvent s'appuyer sur les terminaux méthaniers de Fos sur mer, pour ce qui concerne la façade française méditerranéenne relevant du périmètre de l'étude. En effet, les opérateurs de ces terminaux méthaniers diversifient leurs activités et proposent dorénavant, ou proposeront bientôt, un service de distribution de GNL au détail pour les camions-citernes. Les camions-citernes peuvent ensuite servir au ravitaillement de navires propulsés au GNL, et à terme au ravitaillement de barges ou de navires de soutage. Outre la présence d'un terminal méthanier en façade, d'autres critères favorisent le développement d'une infrastructure d'avitaillement en GNL marin tels que la localisation géographique, la densité du transport maritime à courte distance, ou l'inscription d'un port au réseau central du réseau transeuropéen de transport (RTE-T) et l'accès aux financements européens.

Plus spécifiquement, les objectifs de déploiement à horizon 2025 positionnent la façade méditerranéenne comme une zone majeure pour développer une offre conséquente de distribution de GNL marin et fluvial. En effet, l'opportunité de capter le marché de l'avitaillement des navires de croisières en plein essor, la présence de deux terminaux méthaniers (Fos Tonkin et Fos Cavaou), l'existence d'une offre de distribution de GNL au détail à Fos Tonkin et l'intensité du transport maritime de courte distance conduiront le port de Marseille à augmenter ses capacités de ravitaillement et à devenir l'un des principaux ports de soutage français en GNL en 2025. Afin d'assurer l'avitaillement des navires de croisières nécessitant d'importants volumes de soutes, une infrastructure d'avitaillement maritime est en projet. En parallèle, le port établira les conditions et les procédures requises pour autoriser la mise en place de services d'avitaillement.

Le potentiel de trafic que représente le GNL intéresse aujourd'hui les ports de toutes tailles qui cherchent à diversifier leurs potentiels, à pérenniser leurs fonctions énergétiques, notamment pour l'industrie qu'elle a générée et enfin à compenser les pertes de volumes et de droits portuaires liés au recul des énergies classiques (charbon et du pétrole). La disponibilité en gaz naturel présente en outre un attrait potentiel pour les navires propulsés au GNL, pour lesquels les ports doivent être en mesure d'assurer l'avitaillement. La disponibilité du GNL et son prix pourrait ainsi à l'avenir déterminer le choix des ports d'escale.



A l'échelle portuaire, l'enjeu est bien sûr environnemental, puisque le GNL réduit les émissions des bateaux notamment lors de leurs manœuvres dans le port et à quai. Il peut aussi être une ressource partagée pour la génération de courant de quai et pour l'alimentation des engins de manutention. Certains ports, notamment les ports fluviaux envisagent aussi la mutualisation de cette ressource énergétique avec des services extra-portuaires (transports publics, camions d'évacuation des déchets ménagers etc.) pour en amortir les investissements et atteindre des effets de volumes plus faciles à atteindre pour les grands sites maritimes et au-delà de jouer une fonction de redistribution régionale.

On peut également concevoir que le GNL portuaire alimente les besoins spécifiques des couloirs de transport continentaux dont ils sont l'exutoire naturel pour le transport routier ou fluvial. Il pourrait alors se révéler stratégique dans la structuration des arrière-pays. On voit le risque de ne pas afficher des capacités d'avitaillement ou de ne pas être en mesure d'offrir un service risque à terme avoir de lourdes conséquences pour les places portuaires qui en seraient dépourvues. Or, tous les ports ne peuvent cependant prétendre au même rôle dans la chaîne logistique de diffusion du GNL. Aussi, ce dernier risque-t-il alors d'être un facteur d'amplification de la hiérarchie portuaire au sein d'une façade ou du moins de facteur de différenciation.

Pour les ports (qu'ils soient maritimes ou fluviaux), les enjeux stratégiques du GNL sont donc importants. Leur positionnement à son égard devient décisif dans la course concurrentielle qu'ils se livrent, dès lors que cette option est appelée à s'intensifier. Certains font le pari de son succès et d'autres en attendent la percée pour lancer les équipements et les services. La transition est bien sûr plus facile à engager pour les ports qui disposent déjà de terminaux spécialisés que ceux qui en sont dépourvus. La géographie des échanges des produits énergétiques influence directement les flux maritimes qui en résultent. Elle a aussi un impact sur le choix des ports de soutage tant pour le fuel lourd aujourd'hui que demain pour le GNL. Toutefois, entre les deux énergies, les logiques de concentration sur des hubs d'avitaillement en carburant pourraient sensiblement évoluer.

Ces mêmes grands ports ont aussi investi lourdement dans l'avitaillement GNL et leur position de pivot sur les routes maritimes en gardera tout l'attrait, pour autant que les économies d'échelle peuvent se répercuter sur le tarif proposé pour le gaz naturel.

Les ports disposant d'un terminal méthanier sont amenés à jouer un rôle central dans la distribution du GNL sur les façades maritimes. Ces infrastructures sont le pivot permettant le déploiement du GNL à un prix compétitif.

Les terminaux méthaniers constituent un atout pour les ports dans lesquels ils se situent. Moyennant diverses modifications, un terminal méthanier peut permettre de développer l'ensemble des configurations d'avitaillement en GNL : par camions-citernes, par navires souteurs et par pipeline.

Tous les grands ports européens doivent être dotés de stations d'avitaillement en GNL d'ici 2025, assurant ainsi la disponibilité en GNL et réduisant les risques pour les armateurs. Depuis 2014, la directive AFI sur le développement des carburants alternatifs (Alternative fuels infrastructure) impose également une couverture minimale pour garantir l'accessibilité au GNL dans les principaux ports intérieurs d'ici 2030.

Pour la France, un schéma national d'orientation pour le déploiement du GNL comme carburant marin a été publié.

Ce schéma, en explicitant le contexte politique, réglementaire et économique favorisant l'émergence du GNL comme solution d'avenir, constitue un premier engagement de l'État en faveur du déploiement du GNL carburant marin.

Par ailleurs, l'État s'est engagé auprès des acteurs économiques dans la réalisation de projets d'infrastructures d'avitaillement en GNL tel que le projet Gainn4Mos aux côtés du port de Marseille et de Elengy, opérateur des terminaux de Fos Tonkin et Fos Cavaou, financé au titre du mécanisme d'interconnexion pour l'Europe.

Enfin, l'usage du GNL carburant marin et son corolaire que sont les opérations de soutage nous conduit clairement à identifier une problématique d'exercice de la responsabilité qui met en tension les opérateurs dans la relation aux autorités portuaires : ces dernières demandent, pour l'exploitation, une analyse des risques sur la base de leurs propres indicateurs, en l'absence d'un cadre de référence légal et partagé.

Cette absence de cadre légal de référence peut induire une divergence des pratiques d'un port à l'autre, contraindre les armateurs à faire une demande par port et générer une concurrentialité des infrastructures entre elles (le niveau de contrainte le plus faible permettant de renforcer l'attractivité des infrastructures portuaires au détriment de la sécurité).

Ce scénario induit une nécessaire harmonisation des pratiques.

Dans la relation aux autorités portuaires, certaines installations relèvent d'une réglementation ICPE qui contraint à des obligations déclaratives auprès des autorités administratives : les Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (D.R.E.A.L.).

Et de manière caricaturale, nous pourrions relever le fait qu'il y a autant de positions singulières que ce qu'il y a de DREAL. Pour exemple, concernant l'expérimentation Marseillaise d'électrification à quai, la DREAL a demandé des distances de 9m entre la cuve et le groupe électrogène. Cette composante est dans l'absolue susceptible de varier.



## 5. Les compagnies gazières

Les besoins en gaz naturel liquéfié à petite échelle étant de plus en plus importants, les gestionnaires de terminaux méthaniers anticipent une forte croissance de ce marché à moyen terme.

Il faut distinguer, parmi ces compagnies, les fournisseurs de gaz et les gestionnaires d'infrastructure.

S'agissant des fournisseurs de gaz, la France compte deux acteurs majeurs d'envergure mondiale : Gaz de France et Total.

Ces deux sociétés sont très intéressées, sur un plan général, par le développement du GNL comme carburant des navires. Elles le sont aussi plus particulièrement pour ce qui concerne la France, où elles occupent des places de premier plan ; GDF Suez est en effet un opérateur historique et Total le principal fournisseur de soutes maritimes, qui se préoccupe bien évidemment de la mutation du marché.

### 5.1 Les entreprises gazières vendant du GNL au détail.

Les compagnies gazières s'intéressent de plus en plus à ce nouvel emploi du GNL, jusqu'ici essentiellement limité à la Norvège. Les acteurs gaziers prennent des positions pour défendre leurs intérêts commerciaux et s'établissent sur le marché émergent. Quoiqu'il en soit, pour ces fournisseurs, le marché de détail du GNL ou « small scale », constitue un axe de développement qu'ils ne négligeront pas et qui est inscrit dans leurs schémas stratégiques internes, d'autant que le développement se fait au niveau européen et au niveau mondial. Ils ont d'ailleurs étudié la question de manière approfondie et sont en mesure de répondre à leurs clients potentiels avec différents schémas logistiques fondés notamment sur l'évolution prévisionnelle des quantités à livrer.

D'autres compagnies souhaitent également se positionner, comme SHELL, ANTARGAZ, tandis que de plus petits fournisseurs spécialisés suivent l'évolution avec attention de manière à prendre place le moment venu dans le marché.

Du côté des gestionnaires d'infrastructures, la situation est plus claire.

### 5.2 Les opérateurs de terminaux méthaniers



Figure 2 : Fonctions principales/ Source Elengy



Concernant la zone de coopération, les terminaux recensés sont en France sont Fos-Tonkin (chargement de camions citernes) et Fos Cavaou exploité par Fosmax LNG. Elengy vient d'acquérir les parts de Total dans Fosmax LNG, société propriétaire du terminal méthanier de Fos Cavaou. Elengy étudie actuellement la possibilité d'augmenter la capacité de regazéification du terminal méthanier de Fos Cavaou. Ce projet destiné à répondre à la demande potentielle de ses clients au-delà de 2020, contribuerait ainsi à sécuriser les approvisionnements en gaz naturel de la France et de ses voisins européens. Elengy détient désormais 100 % de ses trois terminaux méthaniers, Fos Cavaou, Fos Tonkin et Montoir-de-Bretagne. Fosmax LNG était jusqu'ici détenue par Elengy à 72,5 % et par Total Gaz Electricité Holding France (TGEHF) à 27,5 %.

Les terminaux méthaniers, historiquement dédiés à la regazéification, offrent des prestations de service pour charger du GNL dans des camions-citernes à des exploitants gaziers qui le transportent pour le livrer à leurs clients industriels. Des camions-citernes de GNL sont chargés à Fos-Tonkin (depuis juin 2014). Elengy participe au projet GAINN4MOS, qui a reçu un cofinancement du programme RTE-T, afin de renforcer la capacité de chargement des camions citernes de ces terminaux.

Il convient de préciser que les terminaux méthaniers élargissent leur offre de service. Ils développent les fonctions de :

- Transbordement (transfert d'une cargaison d'un navire à l'autre), qui permet aux clients de parcelliser une cargaison de grande taille en de plus petits volumes,
- Rechargement (chargement des navires depuis les réservoirs d'un terminal),
- Chargement (approvisionnement des stations portuaires et des navires en GNL carburant),
- Distribution de GNL détail (réseau porté), destiné à l'approvisionnement en gaz naturel de sites industriels non raccordés au réseau.

Une FSRU réalise plusieurs fonctions: recevoir le gaz naturel liquéfié depuis les méthaniers de transport, stocker le gaz sous forme de GNL donc à très basse température (inférieure à -162° Celsius), le regazéifier en fonction des besoins, le comprimer et l'expédier par le biais du gazoduc sous-marin à la station d'arrivée située sur le littoral. La FSRU peut être constituée par une barge flottante.

La zone de coopération comportera à terme sept opérateurs de terminaux méthaniers italiens :

Autorità di Sistema Portuale	Società	Localizzazione	Stato	Capacità di stoccaggio (mc)
AdSP del Mar Di Sardegna	Higas	Oristano	In costruzione	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Edison	Oristano	Autorizzato	10.000
AdSP del Mare Adriatico Centro-Settentrionale	Depositi Italiani GNL	Ravenna	In costruzione	20.000
AdSP del Mare Adriatico Settentrionale	Venice LNG	Porto Marghera	Procedura autorizzativa in corso	32.000
AdSP del Mar Di Sardegna	IVI Petrolifera	Oristano	Procedura autorizzativa in corso	9.000
AdSP del Mar Di Sardegna	Consorzio Industriale Provincia Sassari	Porto Torres	Procedura autorizzativa in corso	10.000
AdSP del Mar Tirreno Settentrionale	Livorno LNG Terminal	Livorno	Procedura autorizzativa in corso	9.000

Tableau 3 : Liste des opérateurs de terminaux/ Source Accostieri



Au-delà de leur contribution autour de terminaux méthaniers, ces compagnies sont aussi à la manœuvre sur la construction de navires dédiés.

ENGIE participe à un consortium qui a construit le premier navire de soutage GNL au monde, le « ENGIE Zeebrugge ».

CFT a construit la barge LNG London affrétée par Shell à Rotterdam.

Total affrète deux navires de 18600 m<sup>3</sup> chacun, le premier pour Rotterdam en 2020, alors que le deuxième sera déployé à Marseille en 2022.



## 6. Les équipementiers

Les innovations jalonnant le processus de réduction des émissions sont réalisées par les concepteurs d'équipements, et non pas par les compagnies maritimes. Cet état de fait induit une dépendance des armateurs à l'égard des équipementiers qui cadencent le développement des nouvelles technologies.

Le déploiement du GNL carburant marin est indissociablement lié au développement de toutes les entreprises produisant et concourant en France et en Italie à l'innovation pour construire les navires les plus adaptés à l'utilisation du GNL, qu'il s'agisse de la conception des réservoirs et des cuves installées à bord (GTT), de la fourniture de moteurs (WÄRTSILÄ, MAN, GENERAL ELECTRIC) et des éléments facilitant le soutage, comme les flexibles et bras de chargement, les vannes, les citernes routières cryogéniques (« maritimisées » pour pouvoir être embarquées à bord des navires), les équipements spécifiques au process gaz à bord des navires (par exemple FMC Technologies, CRYOSTAR, CRYOLOR, CRYOPAL). La plupart de ces entreprises équipementières, largement méconnues, ont un rang enviable dans leur secteur d'activité et travaillent largement à l'exportation ; toutes ont besoin que la voie du GNL soit consolidée pour appliquer concrètement, à court terme, le produit abouti de leurs actions de recherche et développement et trouver là des voies pour conforter, voire développer, leurs parts de marché en Europe et dans le monde. On peut citer enfin des entreprises comme Sofresid, Saipem, Sofregaz et la filiale française du groupe norvégien LMG Marine.

Bien d'autres entreprises, et non des moindres, sont également intéressées par le développement du GNL comme carburant des navires, mais à titre plus prospectif. Il en est ainsi, par exemple de TECHNIP ou Trelleborg, dont le savoir-faire en matière de flexibles à l'off-shore pourrait être transposé au soutage en rade ; d'AIR LIQUIDE, sur le créneau des micro-stations de liquéfaction notamment de bio-méthane ou encore la gestion des gaz d'évaporation.

Plusieurs industriels français sont spécialistes de la cryogénie dans le domaine du stockage et des équipements (citernes, pompes d'alimentation, flexibles, bras de transfert). Certains de ces dispositifs équipent les stations-services terrestres. Un équipementier comme Cryostar a développé un distributeur de GNL pour le transport routier.



## 7. Le secteur Fluvial

Les aspects techniques du stockage du GNL dans les ports fluviaux et maritimes et de l'utilisation du GNL par les bateaux de navigation fluviale et les navires présentent des similarités.

Les aspects économiques du GNL utilisé comme carburant fluvial diffèrent considérablement de ceux du transport maritime. En premier lieu, les volumes respectifs des activités fluviales et maritimes conduisent à ce que le marché du GNL fluvial, à l'inverse de celui du GNL maritime, ne peut constituer à lui seul un marché autonome, d'autant que l'activité fluviale est en France répartie sur plusieurs bassins.

La deuxième différence tient au fait que, contrairement au transport maritime, l'activité du transport fluvial de marchandises est concentrée sur un nombre limité de frets majoritairement peu rémunérateurs, ce qui obère la capacité des entreprises à investir.

En troisième lieu, l'important secteur artisanal du transport fluvial n'a pas d'équivalent en transport maritime.

Enfin, l'âge moyen très élevé de la flotte fluviale française qui était en 2012 égal ou supérieur à 38 ans pour les catégories de bateaux de moins de 1500 tonnes contraste avec celui de la flotte de transport maritime sous pavillon français dont l'âge moyen était de 8,6 ans au 1er janvier 2016.

Le bassin du Rhône est directement connecté aux terminaux méthaniers de Fos-Tonkin et Fos-Cavaou. « *Le trafic y est diversifié. Il représentait en 2014 33 % des trafics de marchandises diverses, et 38 % des trafics chimie et engrais* »<sup>10</sup>. La disponibilité de la ressource en GNL et les caractéristiques du trafic sur ce bassin offrent potentiellement les meilleures opportunités de développement de l'utilisation du GNL, comme carburant et comme cargaison dans le contexte notamment du développement d'un réseau de stations-service de gaz naturel véhicules routiers (GNL et GNC) et d'usages industriels.

Dans une perspective à moyen et long terme, la massification du transport de GNL vers des stations de stockage intermédiaires situés sur le réseau fluvial apparaît une hypothèse crédible, initialement sur les axes fluviaux desservant les terminaux méthaniers de Fos-Tonkin et Fos-Cavaou.

---

<sup>10</sup> MALER P., ERHARDT J.-B. (coord) (2016), Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant. Le transport fluvial, un atout pour le développement de l'utilisation du GNL dans le cadre de la transition énergétique. CGEDD. Rapport n° 008091-04, Paris, page 31.



## 8. Secteur routier industriel

Compte tenu de la faiblesse des volumes initiaux, une synergie entre toutes les utilisations du gaz naturel liquéfié doit être étudiée et recherchée.

L'utilisation du GNL est à l'état embryonnaire dans le transport routier de marchandises en France. On ne peut donc en dresser un premier bilan, fût-il sommaire. L'intérêt manifesté est réel et motivé principalement par le prix du gaz carburant lié à sa fiscalité. « *Au plan technique il apparaît que les critères de choix entre GNL et GNC ne sont pas encore clairs pour les entreprises de transport, et qu'en tout état de cause la quasi-absence à la mi-2015 de stations service constitue le principal facteur limitant ; des groupements de transporteurs travaillent avec des distributeurs à la conception et à la mise en oeuvre de tels réseaux* »<sup>11</sup>.

### Les constructeurs de véhicules routiers industriels

Trois constructeurs de camions ont des implantations industrielles en France : Renault Trucks (groupe Volvo), IVECO et SCANIA. Tous trois produisent ou préparent des modèles utilisant le GNL.

### Les exploitants de véhicules industriels et leurs donneurs d'ordres

Un fait majeur aux yeux de la mission GNL fût l'intérêt manifesté par les chargeurs et en premier lieu la grande distribution.

Plusieurs entreprises de transport routier agissant de concert avec des chargeurs, principalement dans le secteur de la grande distribution, ont entrepris l'expérimentation à différentes échelles de véhicules à gaz. Il y a au début de l'été 2015 environ 60 camions utilisant le GNL en France, puis une centaine de véhicules début 2016.

### Les gestionnaires d'infrastructures routières et autoroutières

Les conditions de l'implication des gestionnaires d'infrastructures routières sont beaucoup moins complexes en transport routier qu'en transport maritime. Les installations de distribution de GNL routier sont d'un même type (stations-service), utilisent des emprises d'une superficie limitée qui peuvent être installées sur des emprises déjà dédiées à l'avitaillement des véhicules et sont d'un coût unitaire relativement limité. D'autre part, ces stations-service ne se situent pas nécessairement - à la différence des ports - sur des emprises appartenant à des gestionnaires d'infrastructures publiques de transport.

Le marché du GNL porté est apparu en France au début de l'année 2013, le ministère chargé de l'énergie délivrant ses premières autorisations pour la fourniture de GNL par camion pour livrer des entreprises.

Axégaz, Engie LNGeneration, Gas Natural Fenosa et Molgas ont constitué mi-mars 2016 le collectif « France GNL porté ». Selon ce collectif, 140 GWh de GNL porté ont été distribués en 2014, dont 126 GWh par les membres du collectif France GNL porté, pour atteindre environ 1,5TWh en 2015.

Le collectif compte plus de 70 clients pour une consommation annuelle de GNL de 1,5 à 2 TWh/an avec une perspective sous 10 ans de 15 à 20 TWh/an.

---

<sup>11</sup> MALER P., ERHARDT J.-B. (coord) (2015), Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant. Le GNL, composante européenne de la transition énergétique du transport routier de marchandises. CGEDD. Rapport n° 008091-03, Paris, page 49.



## 9 . La position des armateurs

Le nombre de navires alimenté au GNL reste encore limité ; le lancement d'unités équipées pour cette technique fait l'objet de communication systématique, signe de leur caractère encore exceptionnel à ce stade. Le succès potentiel du GNL repose sur le déploiement systémique d'une technique d'avitaillement qui pose la question de sa territorialisation.

Les armateurs français ont 26 navires GNL en exploitation et en commandes : 3 ferries pour Brittany ferries et un pour Corsica Linea, deux dragues pour le GIE dragages ports, un paquebot pour la Compagnie du Ponant, 20 porte-conteneurs pour CMA CGM dont 9 géants de 23000 EVP (Équivalent Vingt Pieds, unité de capacité pour les transports par conteneurs), 5 de 15000 EVP et 6 *feeders* de 2000 EVP pour la filiale Containership, la plupart étant sous pavillon français. Il convient d'y ajouter deux pétroliers affrétés par Total, les premiers de la catégorie des VLCC à fonctionner au GNL.

Il y a aujourd'hui dans le monde entre 200 et 300 navires GNL en service, en commande ou *GNL ready* (conçus pour faciliter une remotorisation au GNL). Ces chiffres sont à rapporter à une flotte commerciale totale de plus de 50 000 unités. La question de savoir si les infrastructures d'avitaillement seront présentes ou pas n'est plus un sujet, dès l'instant où les précurseurs comme CMA CGM ou Carnival acceptent de s'engager sur dix ans avec un fournisseur de GNL pour des lignes régulières. La régularité des services qui permet d'anticiper la demande n'est toutefois pas généralisable à l'ensemble des trafics. Fin 2019, 115 sites portuaires à l'échelle mondiale assurent un service de soutage.

Parmi les grands acteurs mondiaux, la CMA-CGM est le premier armement pour le transport de conteneurs qui s'est résolument lancé dans un changement vers le GNL avec l'annonce de la commande en 2017 de 9 porte-conteneurs de plus de 22 000 EVP, à un rythme d'un navire tous les quatre mois.

Les navires de croisière sont appelés à jouer un rôle de premier plan, à la fois car le gaz naturel assure un meilleur confort aux passagers (moins de vibrations, moins de bruit) et qu'il est susceptible de redorer l'image du secteur pointé du doigt pour ses rejets atmosphériques.

Le secteur des ferries et rouliers est l'un des piliers de l'industrie maritime du bassin méditerranéen. Presque tous les ports sont cernés par ces liens rouliers vers les régions insulaires et les autres rivages. Tous ces liens sont en quelque sorte la continuité maritime des réseaux terrestres. Tant et si bien que les États en prirent le contrôle et la gouvernance, au titre d'un intérêt économique ou encore au titre de l'intérêt général et d'une mission de service public. Une posture plus libérale provoqua des mécanismes de privatisation, conjointement à une croissance rapide du transport routier et ses nuisances, dont le roulier est une alternative aux problèmes de congestionnement et de saturation des réseaux..



Paul Turret, Directeur de l'ISEMAR, en retrace le processus<sup>12</sup> :

« L'Europe et son pourtour comme marché économique ont besoin des connexions roulières aux services du transport routier. Pour les passagers, malgré le développement de l'aérien low cost, les ferries offrent un moyen de transport fondamental pour relier les espaces du continent... Un autre gouvernement libéral, celui de Silvio Berlusconi en Italie, engagea en 2010 la cession du groupe publique Tirrenia. Le processus aboutit à une étrange privatisation en 2012 au profit d'une alliance baptisée Compagnia Italiana di Navigazione formée des trois grands opérateurs nationaux Grimaldi, Moby et GNV. Cette situation étrange ne perdura pas laissant en 2015 à l'un d'entre eux, Moby Lines le contrôle unique de Tirrenia, une acquisition bien plus grosse que la Lloyd Sardegna en 2006. En 2012, Moby a repris la compagnie publique des îles toscanes (Toremara). L'équivalent sarde, Sardemara elle aussi dans la mouvance de Tirrenia a été régionalisée en 2011 avant d'être liquidée devant l'échec d'une compagnie régionale... Pour la SNCM, le transporteur public des liens avec la Corse et le Maghreb, les difficultés provinrent autant de la concurrence redoutable de l'armement privé Corsica Ferries que de la remise en cause à l'Europe d'aides publiques. En 2006, la compagnie sortit du giron direct de l'État par une privatisation. Néanmoins, les difficultés financières aboutirent à un redressement judiciaire. Durant l'année 2015, la situation s'embrouilla avant qu'au final début 2016, la SNCM disparut au profit de la société Maritime Corse Méditerranée sous le nom commercial Corsica Linea et totalement liée à des intérêts privés corses... En Méditerranée, c'est l'ambition de Grimaldi qui a permis de lancer ces alternatives roulières (un peu aidé par la logistique des véhicules neufs et leurs pièces détachées). Créé en 1947, l'armement napolitain n'est pas qu'un acteur continental grâce à ses lignes roulières océaniques vers les États-Unis, l'Amérique latine et l'Afrique de l'Ouest. Parallèlement, Grimaldi a pris une ampleur européenne d'abord sur le bassin ouest-méditerranéen au travers de deux entités, Grimaldi Ferries (passagers) et Grimaldi Lines (fret). Sur le marché italien, la concurrence est rude avec le duo Moby, GNV. On remarquera que Grimaldi a repris début 2017 un petit acteur du fret vers la Sicile. Depuis les ports italiens, Grimaldi a déployé de nombreuses lignes, en premier lieu vers l'Espagne avec le lancement des autoroutes et de la mer. Parallèlement, Grimaldi s'est étendu à l'Europe. Depuis 2006, l'armement contrôle la société finlandaise Finnlines orientée uniquement vers le fret permettant un positionnement important en Baltique. Le renforcement de l'armateur italien s'est fait aussi sur le marché grec, l'un des plus concurrentiels d'Europe. Grimaldi a pris d'assaut le marché grec avec des atouts, un pavillon italien à la réputation d'être économique et des dispositions sociales favorables (net wage salariales, contractualisation des personnels)... En Italie, Grandi Navi Veloci (GNV) a été fondé par un membre de la famille Grimaldi en 1992, mais depuis 2011 l'armement italien est contrôlé par la société Marininvest de la famille Aponte, le propriétaire de MSC le n°2 mondial du conteneur et n°3 de la croisière. Aponte contrôlait déjà la SNAV, un transporteur de passagers de la région de Naples et ses îles, désormais le groupe pèse aussi sur le roulier italien dont les bases sont la Sardaigne et la Sicile. Ainsi, MSC a dans sa mouvance deux compagnies de ferry... Pour la Corse comme la Sardaigne et la Sicile, les opérateurs français et italiens sont nombreux. Côté français, aux côtés de la société Compagnie Méridionale de Navigation (opérateur de fréteurs), ce sont maintenant deux sociétés contrôlées par des intérêts corses (Corsica Linea, Corsica Ferries) qui réalisent les services vers l'île de Beauté. Corsica Linea reste présente sur l'Algérie et la Tunisie et Corsica Ferries va lancer au printemps 2018 une offre sur Majorque depuis Toulon ».

<sup>12</sup> ALIX Y.(2018), Prospective maritime et stratégies portuaires, Collection Océanides, chapitre 2 « Le transport maritime roulier européen : consolidation stratégique dans un marché en mutation », page 57 à 73.



En Italie, la bataille du ferry se fait maintenant entre grands groupes familiaux, Grimaldi, Aponte (GNV) et Onorato (Tirrenia, Moby). Les egos des armateurs participent à un niveau de compétition particulièrement accru.

La compétition déborde un peu sur la France avec la présence de Moby à Nice (en 2017) face à Corsica Ferries, qui elle s'est constituée des ancrages sardes qui en font une compagnie « semi-italienne ».

## 9.1 Le phénomène de concentration

Si l'on fait abstraction des effets encore insoupçonnés de la crise sanitaire liée à la COVID 19, le retour de la croissance économique des dernières années a été marqué par la relance du commerce maritime international et celle des échanges notamment de biens manufacturés. Il s'est accompagné d'une accélération de la concentration des acteurs. Au-delà des fusions, les grandes compagnies d'armateurs se sont organisées en « alliances » mondiales qui font toutes escales au GPMM (Maersk et MSC ; Ocean Alliance avec CMA CGM, Cosco, OOCL, Evergreen et The Alliance avec Hapag Lloyd, ONE et Yang Minh).

La concentration touche aussi les manutentionnaires qui règnent sur les ports mondiaux et dont les stratégies visent à maîtriser non seulement les opérations portuaires mais aussi les pré et post-acheminements.

Ainsi sur les bassins Ouest du port de Marseille, TIL détenu par MSC possède 50% de Seayard (détenus pour le reste à 42% par Maersk, 8% par Cosco) et CMA CGM contrôle le terminal Eurofos (via Terminal Link à 51 %, 49% étant détenus par China Merchant). Pour les bassins Est, CMA Terminal, 100% CMA CGM, assure la gestion du terminal de Mourepiane dans les bassins Est du port de Marseille.

A noter qu'en ayant acquis récemment plusieurs compagnies d'armement régionales, assurant notamment des lignes régulières conteneurisées, CMA-CGM amorce une nouvelle stratégie pour offrir des solutions logistiques tous modes confondus, maritime, routier, ferroviaire et fluvial.

L'armement italien Lauro Shipping, spécialisé dans les liaisons maritimes entre Naples et les îles de Capri et Ischia, a signé de son côté un accord avec Rolls-Royce pour la conception d'un navire à propulsion GNL, qui sera une application du concept d'Enviroship développé Rolls-Royce.

## 9.2 Les armateurs fluviaux

Les armateurs fluviaux qui utiliseront des moteurs dual-fuel (GNL et diesel) devront investir pour équiper les moteurs de système de réduction catalytique (SCR) et de filtres à particules (DPF), qui s'ajouteront aux investissements pour la propulsion au GNL. Lors du symposium sur la stratégie GNL en navigation intérieure organisé par la CCNR le 8 octobre 2015, des armateurs fluviaux néerlandais et allemands avaient émis la crainte que les limites d'émission proposées par le projet de texte ne compromettent des projets de bateaux utilisant le GNL, compte tenu des investissements supplémentaires impliqués par les systèmes post-traitement.

Des estimations de source professionnelle font état en 2015 d'environ 230 bateaux exploités en propriété par des armateurs, et de 200 autres qui le sont par des industriels. Plusieurs armateurs et industriels contrôlent des chantiers dédiés à l'entretien de leurs flottes. D'autre part, 300 bateaux appartenant à des artisans opèrent sous contrat d'affrètement conclus avec des armateurs ou des industriels, 300 autres opèrent dans le cadre de coopératives d'artisans et 270 sont exploités par des « indépendants ».



### 9.3 Mise en conformité : le choix des possibles

Aujourd'hui, la perspective d'adoption de l'offre GNL est envisagée sérieusement par les armateurs. Elle impose des investissements spécifiques que les acteurs du transport hésitent moins à envisager. La crainte qui a pu exister du côté des armateurs de ne pouvoir s'approvisionner s'efface progressivement. L'attentisme qui avait été jusque-là de rigueur, semble s'estomper. Le rôle des instances politiques internationales et nationales en fixant des normes de pollution plus sévères et en soutenant les expérimentations ou subventionnant les installations ont pour partie répondu à la question de l'amorçage de leur adhésion.

La décision d'un armateur d'investir dans un navire est lourde de conséquences et correspond à un engagement long. L'incertitude qui caractérise aujourd'hui le choix du carburant conduit donc encore les armateurs à une certaine prudence.

Aussi, le choix du GNL peut être modulable et relever de différentes stratégies :

- la mise en chantier d'un navire conçu et motorisé au GNL avec un investissement de départ plus important de l'ordre de 30% (données DNL GL, 2015),
- la construction d'un navire équipé d'une motorisation initiale au fuel mais conçu comme compatible avec une remotorisation GNL ultérieure (on parle alors de *GNL-ready ships*), lorsque les conditions seront réunies pour un changement technique,
- le retrofiting, remotorisation d'un navire traditionnel avec la technique GNL. Outre le coût important de cette opération, la compatibilité techniques de l'unité transformée doit être examinée en détail et n'est pas toujours réalisable,
- enfin, le choix de la motorisation hydride repose sur la combinaison des carburants (fuel/GNL ou électricité/GNL). "*Les moteurs dual fuel, capables de fonctionner au gaz (GNL), au MGO ou au HFO, sont apparus au début des années 2000 et équipent depuis de nombreux navires méthaniers. Ils peuvent basculer en cours de navigation d'un carburant à l'autre, et sont conçus pour fournir la même puissance quel que soit le carburant utilisé*" (AFG, 2016).

Les politiques de réduction des émissions du transport maritime impliquent alors pour les armateurs, en fonction des stratégies, des choix entre un certain nombre d'options techniques.

#### Réduire les émissions de SOx :

Les limites de 1,5 % et de 1,0 % de teneur en soufre peuvent être satisfaites avec de l'IFO. Une limite inférieure à 1,0 % suppose en principe d'utiliser des distillats de MDO ou MGO. Une teneur en soufre de 0,1 % est atteinte avec du MGO. Mais les distillats sont sensiblement plus chers que l'IFO car ils constituent une gamme de produits à valeur ajoutée du raffinage.

L'Annexe VI de MARPOL et la directive 2012/33/UE autorisent les armateurs à utiliser des méthodes alternatives permettant d'atteindre des réductions d'émission de SOx au moins équivalentes à celles qui seraient obtenues avec un carburant à moindre teneur en soufre. Deux alternatives principales peuvent être envisagées :

- La combustion du gaz naturel liquéfié n'émet quasiment pas de SOx. Son emploi suppose l'installation d'un moteur fonctionnant au gaz et d'un réservoir cryogénique conduisant à réserver un espace trois fois plus important pour le GNL que pour les carburants classiques. Par conséquent, il est plus aisé d'envisager le GNL pour un navire neuf que de modifier des navires existants. Certains armateurs considèrent que si la solution GNL est bonne, elle reste transitoire car la solution hydrogène se développe. La transition vers l'hydrogène va néanmoins prendre du temps et dans cet intervalle, la filtration serait une solution.



- Une autre réponse des armateurs pour être en conformité : le scrubber. Pour exemple, la compagnie « La Méridionale » a fini ses tests de filtres à particules. Dans un futur proche, cet armateur prend un engagement de résolution des problématiques de pollution locale (sans renoncer au traitement de la problématique CO<sub>2</sub>), même si cette solution est perfectible du point de vue de la problématique de réchauffement global. Cette société appelle de ses vœux un refit GNL des centrales thermiques (comme cela pourrait être le cas en Corse) mais doute de la temporalité qui a été annoncé malgré les promesses. Leur solution de filtre à particule serait aussi applicable pour les centrales thermiques et l'armateur annonce que cela pourrait être une solution transitoire immédiatement applicable. Cette solution répondrait à certains armateurs qui ne pourraient pas basculer vers la solution GNL, quels que soient les parcours insulaires, la fréquence de leurs escales ou la nature de leur exploitation. Néanmoins, la conséquence du lavage est que le traitement ne fait que déplacer la substance indésirable des fumées vers une solution liquide, une pâte solide ou une poudre. Celle-ci doit être éliminée en toute sécurité si elle ne peut pas être recyclée. Les scrubbers arriveront un jour aux limites de leur intérêt en ce sens que la gestion des rejets dans le milieu posera problème, même si les solutions sèches sont une alternative qui reste aujourd'hui intéressante, voir indispensable en rétro fit sur les navires existants. Nous prenons la mesure du sens de l'évolution, ce qui nous permet de douter de la pertinence de l'installation de scrubbers sur des bâtiments neufs.

Les différentes options pour répondre au passage à 0,1 % de teneur en soufre en SECA impliquent ainsi pour les compagnies un arbitrage entre une forte augmentation des coûts de carburant sans nécessité d'adapter la flotte dans le choix du MGO, et des coûts importants de capital liés à l'investissement dans un scrubber ou dans une propulsion au GNL mais avec des coûts de carburant moins élevés que dans la première option.

### Réduire les émissions de NOx

La combustion du GNL permet une réduction de 85 % des émissions de NO<sub>x</sub> par rapport à celle du fuel. Elle présente donc l'avantage de respecter les limites pour les émissions de SO<sub>x</sub> dans les SECA.

### Réduire les émissions de CO<sub>2</sub>

L'EEDI (Energy Efficiency Design Index), intégré dans l'Annexe VI de MARPOL en 2011, est un indice exprimant la quantité de CO<sub>2</sub> par tonne-mille au stade de la conception des navires. Il a une valeur constante qui ne peut être changée que si la conception du navire est modifiée. Plus la valeur de l'EEDI est faible, meilleur est le rendement énergétique que l'on peut attendre du navire dans des conditions normales d'utilisation en fonction de sa conception.

Les constructeurs navals peuvent agir sur différents leviers pour réduire l'EEDI des navires neufs :

- la conception,
- la réduction de la vitesse nominale,
- la teneur en carbone du carburant.

Le tableau suivant propose quelques solutions envisageables pour chaque levier. L'armateur, en tant que commanditaire du navire, reste maître des paramètres sur lesquels le constructeur doit agir pour diminuer l'EEDI. Il pourra par exemple, privilégier des améliorations sur la conception s'il souhaite maintenir la vitesse nominale du navire. Ou au contraire, il pourra préférer un abaissement de la vitesse nominale pour ne pas avoir à apporter d'améliorations sur la conception qui pourraient augmenter le prix du navire.



Levier	Solution envisageable	Commentaire
Conception	Augmentation de la capacité du navire	La capacité du navire peut être augmentée grâce à une conception plus compacte et légère de la structure.
	Optimisation de la coque	La résistance à la coque constitue près de 70 % de l'énergie consommée. L'optimisation du design de la coque ou de son revêtement peut permettre d'importants gains en efficacité énergétique.
	Optimisation de l'aérodynamisme	En cas de vents contraires forts, la résistance au vent peut contribuer à plus de 10 % de la résistance totale au navire.
	Optimisation du système de propulsion	L'optimisation du sillage peut améliorer l'efficacité de l'hélice, réduire la consommation et limiter les effets indésirables de cavitation de l'hélice (érosion, bruit et vibrations). L'installation de dispositifs de flux directionnels sur la coque ou sur le safran peut également permettre d'accroître l'efficacité du système propulsif.
	Energie éolienne	L'installation de cerf-volant et de voile, en complément des moteurs, réduit la consommation de carburant pour la propulsion du navire.
	Energie solaire	Des cellules photovoltaïques peuvent servir d'appoint en énergie pour les fonctions auxiliaires du navire.

Levier	Solution envisageable	Commentaire
Vitesse	Réduction de la vitesse nominale	Réduire la vitesse nominale du navire se révèle très efficace pour diminuer la consommation et réduire la valeur de l'EEDI d'un navire. Néanmoins, la diminution de vitesse nominale s'accompagne d'une réduction de puissance qui peut aboutir à une sous-motorisation. Les capacités manœuvrières du navire s'en trouvent alors réduites.
Carburant	GNL	La combustion du GNL émet environ 25 % de CO2 en moins que les carburants classiques.

Tableau 4 : Les leviers d'action pour diminuer la valeur d'EEDI d'un navire  
Source : Lloyd's Register, 2012.

Pour les navires existants, il existe des mesures techniques permettant de réduire les émissions de CO2 en agissant sur la coque, le système propulsif (hélices), les moteurs, les sources d'énergie et la manière d'opérer et de maintenir le navire.



Mesure de réduction	Date d'entrée en vigueur	Périmètre	Options techniques
Limite sur la teneur en soufre en SECA (Annexe VI de MARPOL, directive 2012/33/UE)	2015	Tous les navires circulant en SECA	- MGO (0,1 %) - Scrubber - GNL
Limite globale sur la teneur en soufre (Annexe VI de MARPOL, directive 2012/33/UE)	2020	Tous les navires partout dans le monde hors SECA	- MDO (0,5 %) - Scrubber - GNL
Norme sur les NO <sub>x</sub> Tier III (Annexe VI de MARPOL)	2016 2021	Navires neufs en NECA de l'Amérique du Nord (2016), et en mer du Nord et Baltique (2021)	- GNL - technologies post-combustion comme la réduction catalytique sélective
Normes sur l'EEDI (Annexe VI de MARPOL)	2015-2020 (Phase 1) 2020-2025 (Phase 2) 2025 (Phase 3)	Navires neufs	- Conception du navire - Diminution de la vitesse nominale - Carburant moins émetteur (GNL)
Instrument de marché du carbone européen (non adopté : hypothèse)	Non déterminé	Tous les navires effectuant : - des voyages intra-UE - des voyages à destination de l'UE - des voyages au départ de l'UE	- Mesures d'optimisation sur la coque, le système propulsif, les moteurs - mesures opérationnelles et de maintenance - Usage de carburant moins émetteur (GNL) - Energies renouvelables en appoint (cerf-volant, panneaux solaires)
Instrument international sur les émissions de CO <sub>2</sub> (non adopté : hypothèse)	Non déterminé	Tous les navires	

Tableau 5 : Synoptique des options techniques en fonction des mesures de réduction

Ainsi, par les choix complexes qu'elles impliquent, les politiques de réduction des émissions du transport maritime comportent une véritable dimension stratégique dans leur prise en compte par les armements. Elles se résument à quatre options :

Choix stratégiques	Options
Non-conformité	- Non respect des limites sur la teneur en soufre des carburants - Falsification des documents de bord
Stratégie politique	- Lobbying - Constitution de coalition durable ou ad hoc - Communication politique - Activités juridiques
Mesures techniques sur le navire	- MGO - Scrubber - GNL - Biocarburant - Réduction catalytique sélective - Recirculation des gaz d'échappement - Optimisation des fonctions machine, hélices, carène - Energies renouvelables en appoint (cerf-volant, panneaux solaires)
Mesures organisationnelles sur les services maritimes	- Réduction de la vitesse des navires - Modification des ports desservis - Fermeture de services - Changement de la taille du navire

Tableau 6 : Synoptique des choix stratégiques et des options associées  
Source Thèse Doudnikoff, 2015



Les armateurs peuvent tenter d'influencer les décisions publiques dans le but de limiter certaines pressions réglementaires ou de profiter d'opportunités réglementaires. Ce type de comportement émerge en effet dès lors qu'un processus réglementaire apparaît et qu'il se révèle menaçant pour une ou des entreprises dont il est susceptible de modifier les conditions d'activités ou de concurrence. Les activités d'influence peuvent revêtir plusieurs formes : actions d'influence directes vis-à-vis des pouvoirs publics (*lobbying*) ; constitution de coalition rassemblant des acteurs aux intérêts communs ; communication politique visant à faire pression sur les pouvoirs publics en médiatisant les enjeux d'une décision publique pour mobiliser en sa faveur l'opinion publique ; activités juridiques visant à contester devant les tribunaux la légalité d'une décision publique ou à retarder son application. Différentes stratégies de ce type ont pu être appliquées ces dernières années.

La conversion du navire pour qu'il fonctionne au GNL demeure, pour l'objectif de réduction des taux de CO<sub>2</sub>, la solution de prédilection, le GNL émettant moins de CO<sub>2</sub> à la combustion que le fuel lourd.

L'armateur doit financer l'adaptation de sa flotte, ce qui nécessite de la visibilité quant à l'offre d'avitaillement qui lui sera proposée dans les ports, notamment quant au prix du GNL « rendu bord » (prix incluant la fourniture de la molécule, son transport et sa manutention à bord du navire), qui se doit d'être compétitif par rapport au fuel lourd.

Dans le registre de mise en conformité à la réglementation et d'alternative à l'usage du GNL lui-même, les armateurs expérimentent l'exploitation de l'ammoniac et du méthanol. Cette autre typologie de carburants marins laisse entrevoir des résultats prometteurs et fait l'objet de toutes les attentions scientifiques actuellement. De manière volontairement réductrice pour pouvoir être explicites, les caractéristiques de ces deux carburants sont abordées dans le cadre des annexes 1 et annexe 2.



## 10. Les acteurs du soutage

Nous pouvons clairement identifier une problématique d'exercice de la responsabilité qui met en tension les opérateurs dans la relation aux autorités portuaires : ces dernières demandent, pour l'exploitation, une analyse des risques sur la base de leurs propres indicateurs, en l'absence d'un cadre de référence légal et partagé. Cette absence de cadre légal de référence peut induire une divergence des pratiques d'un port à l'autre, contraindre les armateurs à faire une demande par port et générer une concurrentialité des infrastructures entre elles (le niveau de contrainte le plus faible permettant de renforcer l'attractivité des infrastructures portuaires au détriment de la sécurité).

### 10.1 La solution Truck to Ship

Dans de nombreux cas, le soutage par camion-citerne (Truck to Ship) permettra de répondre à la demande, au moins dans un premier temps. Cette solution dite « LNG easy » est rapide et facile à mettre en œuvre et ce, à moindre coût (350 000 €) dans un large périmètre autour des terminaux GNL (plusieurs centaines de kilomètres). Elle reste cependant limitée en volume livrable (40 à 700 m<sup>3</sup>) à chaque opération de soutage.

Elle comporte plusieurs avantages :

- facilité et rapidité de mise en œuvre,
- facilité d'accès à l'ensemble des quais et des navires, investissement initial peu important,
- elle peut servir à d'autres usages : desservir des stations services pour poids lourds, approvisionner des industriels non connectés au réseau de gaz, avitailler des barges fluviales.

Mais elle a aussi des inconvénients :

- occupe de la place sur le quai (camion et périmètre de sécurité obligatoire) ce qui peut être problématique sur des terminaux où l'espace est déjà fortement occupé (portiques, grues...),
- vulnérable aux chutes de marchandises transportées par portique à manutention verticale,
- non adaptée aux navires à fort volume de soute (navires porte-conteneurs et croisières),
- au-delà de 50 000 t de GNL par an soutés sur un port donné, cette solution devient inadaptée car elle engendrerait un flux trop important de camions-citernes sur le port.

### 10.2 La solution Ship to Ship

Pour les navires de croisière et les grands porte-conteneurs *deep sea*, l'avitaillement ne peut se faire qu'avec un navire ou une barge de soutage (solution Ship to Ship), en raison de l'importance des quantités soutées à chaque opération. L'investissement de départ se chiffrera alors en dizaines de millions d'euros (20 M€ pour une barge, 30 à 60 M€ pour un navire).

Le Ship to Ship suppose des volumes importants (150 à 7000 m<sup>3</sup> avec des barges/navires d'une capacité de 1000 à 7000 m<sup>3</sup>) et devrait pouvoir se justifier à Marseille-Fos sur la façade méditerranéenne.



## 11. Recensement des composantes budgétaires à prendre en considération, au titre des investissements, sur le territoire national français

Enonçons dès à présent la conclusion : il n'existe que peu de sources de financement public abondant aux investissements nécessaires au déploiement de la solution GNL carburant marin. Les aides d'État sont interdites par les traités européens car elles sont susceptibles de fausser la concurrence au sein du marché intérieur. Il existe néanmoins des modalités de soutien budgétaire mobilisables par les acteurs de la filière.

### Les investissements dans le secteur portuaire

La nouvelle stratégie portuaire fait de la transition écologique une priorité, de sorte que les projets stratégiques et les programmes d'investissement des grands ports maritimes devront justifier d'apports dans ce domaine. L'État pourra soutenir les projets les plus structurants, par exemple l'acquisition par les grands ports de barges d'avitaillement et navires souteurs en GNL. La demande du secteur portuaire porte cependant moins sur des subventions d'investissement que sur l'adoption de dispositifs permettant aux grands ports maritimes d'accroître leur capacité d'autofinancement : stabilisation de leur régime fiscal, incitation des armateurs à s'approvisionner en GNL dans les ports français, prise en charge intégrale des frais de dragage...

L'État verse des subventions d'investissement aux grands ports maritimes pour le financement de leurs projets de développement, grâce aux crédits ouverts par voie de fonds de concours, retracés à l'action 43 *Ports* du programme 203.

Jusqu'à présent, l'État a essentiellement soutenu des projets destinés à augmenter les trafics et à améliorer la desserte portuaire. Quant aux projets en faveur de la transition énergétique, ils ont été financés avec le soutien de fonds européens.

La nouvelle génération de CPER devrait intégrer cette dimension écologique.

Au travers des Contrats de Plan État-région (CPER), l'État s'engage à participer au financement de projets présentant un intérêt particulier pour l'aménagement du territoire. Les projets portuaires y trouvent naturellement leur place car ils constituent une infrastructure indispensable au développement économique et territorial.

Au titre des CPER 2015-2020, l'État a engagé 326 millions d'euros pour le développement des infrastructures portuaires, dont 150 millions d'euros déjà consommés. Les régions, de leur côté, ont engagé 213 millions d'euros.

Selon l'Agence de Financement des Infrastructures de Transport (AFITF) et la sous-direction des ports au ministère de la transition écologique, rien ne s'oppose à ce qu'un projet d'investissement porté par un grand port maritime, tel que l'achat d'un navire souteur ou la transformation d'un terminal méthanier en « hub GNL », puisse être inscrit dans un CPER, dans la mesure où ces infrastructures présentent la particularité d'être étroitement liées à l'activité même des ports et correspondent à des investissements lourds. De tels projets pourraient alors bénéficier de crédits de l'État, versés par l'AFITF. Pour le moment, les gros projets liés à la transition énergétique ont essentiellement été financés par des fonds européens.

Le rapport annexé à la loi d'orientation des mobilités précise, pour la période 2018 à 2037, la stratégie de mise en œuvre des orientations de la politique d'investissement de l'État en matière de transports et de mobilité. Il s'agit de donner une feuille de route au Ministère des transports pour le choix des infrastructures à financer dans les années à venir. L'investissement portuaire fait l'objet de la cinquième et dernière priorité développée par ce rapport..



Néanmoins, accroître la participation de l'État au financement des investissements portuaires ne semble pas être la piste privilégiée par les rédacteurs pour ces investissements. Ces derniers préconisent plutôt de donner corps au concept de « port entrepreneur » en permettant aux GPM de financer seuls leurs investissements. La nouvelle stratégie nationale portuaire entend adopter une approche selon laquelle les ports doivent être entrepreneurs, c'est-à-dire investir pour générer de la valeur pour eux-mêmes et pour l'ensemble de la chaîne logistique. Cette approche résulte des conclusions d'une mission conduite conjointement par le commissariat général de l'environnement et du développement durable et l'inspection générale des finances (mission CGEDD-IGF).

L'objectif, en matière de soutien aux investissements portuaires, en particulier pour le GNL et l'alimentation électrique, n'est donc pas d'accroître les dotations budgétaires mais de favoriser l'autofinancement par les ports de leurs investissements.

Ainsi, l'action de l'État est davantage attendue pour lever les entraves fiscales et réglementaires à l'investissement des GPM.

Les grands ports maritimes, même lorsqu'ils sont en capacité d'investir dans une barge d'avitaillement en GNL, ou prêts à faire un effort financier pour installer une borne d'alimentation électrique, sont freinés par la crainte de faire un investissement peu rentable, comme l'explique l'Union des Ports de France (U.P.F.). Par exemple, le port qui investit dans une barge ou un navire souteur veut s'assurer, d'une part, que les navires fonctionnant au GNL emprunteront bien cette route maritime et, d'autre part, qu'ils se ravitailleront bien dans ce port.

Ainsi, selon l'UPF, l'État-actionnaire devrait donner l'impulsion à l'achat de ces barges et navires souteurs. Or, pour le moment, l'agence des participations de l'État juge cet investissement peu rentable.

Toujours selon l'UPF, pour rassurer les ports sur la rentabilité de cet investissement, il faudrait que les armateurs soient plus nombreux à s'engager dans la voie de la transition écologique. Certains ports les y incitent avec un système de bonus/malus sur les droits de port ou la remise d'un chèque en fin d'année à l'armateur le plus vertueux (tel que le grand port maritime du Havre).

### La stratégie d'investissement des armateurs

Selon l'organisation professionnelle représentative, les armateurs sont très allants sur la question du GNL. De leur point de vue, le GNL est une bonne énergie de substitution, puisqu'elle n'émet ni particule fine ni dioxyde de soufre et permet de limiter les émissions d'azote au niveau d'une zone ECA.

Ainsi, l'armateur français de porte-conteneurs CMA-CGM a récemment commandé 9 navires de 22000 EVP au GNL (livraison 2020-2021) et 5 navires de 15 000 EVP (livraison à partir de 2021). L'armateur français de navires à passagers, Brittany ferries a, lui, commandé trois ferries au GNL, dont le *Honfleur* livré à l'automne 2019. De même, des armateurs européens commencent à commander des paquebots de croisière au GNL, tels que l'italien MSC Croisières et l'allemand Aida Cruises. Au total, il existe aujourd'hui 150 navires fonctionnant au GNL dans le monde et environ 200 navires sont en commande.

Toutefois, les ports français sont loin d'être tous équipés pour l'avitaillement de ces navires. Les armateurs indiquent que cette donnée peut, d'une part les freiner dans leur transition vers le GNL – notamment lorsqu'ils arment des vraquiers et pétroliers dont le mode d'exploitation ne permet pas la planification des routes à l'avance – d'autre part conduire ceux qui s'équipent à préférer faire escale dans des ports étrangers. Actuellement, le port de Singapour est un lieu d'approvisionnement pour les navires au GNL, de même que le port de Barcelone dans le bassin méditerranéen.



Or, selon Armateurs de France, une fois qu'un flux est installé, qu'un armateur a choisi son lieu d'approvisionnement, il n'en change plus. Dès lors, si les ports français ne s'équipent pas rapidement, ils pourraient perdre des parts de marché. En outre, pour attirer les armateurs, les ports français ont intérêt à proposer des prix compétitifs. Si le prix de la molécule de gaz est identique pour tout le monde, ils peuvent par contre pratiquer des tarifs compétitifs sur leurs droits de ports pour les navires écologiquement vertueux, de même que tout mettre en œuvre pour assurer l'avitaillement dans les meilleures conditions de sécurité.

Les armateurs attendent désormais de l'État qu'il accompagne la structuration de cette filière d'avitaillement en GNL et convainque les ports de réaliser les investissements nécessaires.

En effet, les débouchés du GNL sont nombreux. Ainsi, un projet de navire souteur de 19 000 m<sup>3</sup> est à l'étude pour le grand port maritime de Marseille. Le directeur du port et le délégué interministériel au développement de l'axe portuaire et logistique Méditerranée Rhône Saône ont été missionnés pour conduire le projet, en lien avec le fournisseur de molécule, l'exploitant des terminaux méthaniers de Fos-Tonkin et Fos-Cavaou et le groupement constructeur du navire. L'objectif est une livraison à horizon 2021.

Or, ce navire souteur pourrait, non seulement avitailler en GNL des navires, mais aussi des citernes sous-marines positionnées au large de la Corse en vue de la production locale d'électricité. En effet, seul un navire-souteur de ce gabarit peut remplir cette fonction. L'entreprise Total a lancé un appel d'offres. Si ce n'est pas le navire-souteur du GPM de Marseille qui emporte le marché, sous pavillon français, d'autres pavillons candidateront.

De plus, le ministère indique que ce navire souteur pourrait fonder une coopération entre le GPM de Marseille et l'ensemble des ports commerciaux français en Méditerranée, en particulier Toulon, Nice et Sète. Si ces derniers ne disposent pas localement d'un terminal méthanier ou n'ont pas un trafic suffisant, un service de soutage du port de Marseille serait proposé.

D'importants investissements restent à réaliser pour les armateurs, dans des délais contraints pour respecter les objectifs de réduction des émissions du transport maritime<sup>13</sup>. D'après l'ISEMAR, l'installation d'un moteur à gaz ou biocarburant, des réservoirs de GNL, de la tuyauterie appropriée et de l'équipement connexe peut augmenter le prix d'un nouveau navire jusqu'à 30 % par rapport à la technologie de propulsion conventionnelle. Des aides au verdissement des navires sont ainsi nécessaires pour accompagner ce mouvement, comme le suramortissement en faveur de l'achat de navires propres décrit ci-dessous.

## 11.1 La fiscalité pour compenser le déficit d'investissement

Le suramortissement en faveur de l'achat de navires utilisant des énergies propres prévu à l'article 39 *decies* C du code général des impôts<sup>14</sup>:

Les armateurs peuvent ainsi déduire de leur résultat imposable :

- une somme égale à 125 % des coûts supplémentaires liés à l'installation d'équipements permettant l'utilisation d'hydrogène ou de toute autre propulsion décarbonnée comme énergie propulsive principale,

<sup>13</sup> L'OMI a pour objectif de réduire le volume total des émissions de GES annuelles d'au moins 50 % d'ici à 2050, par rapport à 2008

<sup>14</sup> Article 13 bis de la loi n° 2019-1479 du 28 décembre 2019 de finances pour 2020.



- une somme égale à 105 % des coûts supplémentaires liés à l'installation d'équipements permettant l'utilisation du gaz naturel liquéfié comme énergie propulsive principale,
- une somme égale à 85 % des coûts supplémentaires liés à l'installation des biens destinés au traitement des oxydes de soufre, oxydes d'azote et particules fines contenus dans les gaz d'échappement,
- une somme égale à 20 % de la valeur d'origine des biens destinés à l'alimentation électrique durant l'escale par le réseau terrestre ou au moyen de moteurs auxiliaires utilisant le gaz naturel liquéfié ou une énergie décarbonée.

Ce dispositif, qui, en l'état actuel du droit, doit s'appliquer jusqu'au 31 décembre 2022, devrait être prolongé au moins jusqu'en 2025. L'accélération des normes en matière de verdissement de la flotte doit, en effet, s'accompagner d'un soutien financier pour parvenir aux objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions du transport maritime.

Pour l'association française du gaz (AFG), étant donné la durée de vie d'un navire (environ 25 ans), le verdissement de la flotte doit aussi passer par un renforcement des aides en faveur de la conversion des navires. L'AFG considère en outre qu'il est nécessaire d'introduire des critères de verdissement pour les navires de service.

Pour les ports, ces évolutions se traduisent par un important besoin d'infrastructures pour l'avitaillement des navires, le système d'avitaillement du GNL étant très différent de celui du fioul. Aussi, une directive de 2014<sup>15</sup> impose aux États membres de l'Union européenne de mettre en place un nombre approprié de points de ravitaillement en GNL dans leurs ports maritimes pour permettre la circulation des navires propulsés au GNL sur l'ensemble du réseau central du RTE-T au plus tard le 31 décembre 2025. Le cadre d'action national de développement des carburants alternatifs (CANCA) définit des objectifs de déploiement des infrastructures à horizon 2025 et 2030.

D'ores et déjà, le Port de Marseille offre une station de distribution au GNL par camion-citerne. La possibilité pour un port d'avitaillement les navires en GNL constitue, à long terme, un enjeu important de compétitivité. C'est pourquoi un accompagnement de l'État sur ce sujet est essentiel.

Des mesures ont été prises dans cette perspective:

- un barème d'imposition forfaitaire sur les entreprises de réseaux (IFER) a été créé au 1<sup>er</sup> janvier 2020 sur les terminaux GNL dont la capacité de stockage est inférieure à 100 000 mètres cubes (pour adapter la fiscalité aux terminaux de petite capacité comme celui de Fos Tonkin),
- le règlement pour la manutention des marchandises dangereuses a été adapté pour prendre en compte la manutention du GNL.

La commission sénatoriale de l'aménagement du territoire et du développement durable (et sa mission d'information relative à la gouvernance et à la performance des ports maritimes), sous la présidence de M. Hervé Maurey, a rendu un rapport qui a été adopté le 1<sup>er</sup> juillet 2020 constate que la performance des ports français demeure insuffisante au regard des atouts maritimes de la France<sup>16</sup>.

La commission formule dix propositions, assorties de quatre recommandations de court terme et appelle le Gouvernement à présenter au plus vite une véritable stratégie nationale portuaire, annoncée depuis 2017.

<sup>15</sup> Directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs.

<sup>16</sup> VASPART M. Sénateur (2020), RAPPORT D'INFORMATION, Fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable (1) par la mission d'information relative à la gouvernance et à la performance des ports maritimes (2), Tome 1, 165 pages.



En particulier, la commission appelle à saisir l'opportunité de la relance économique post-crise du Covid-19 pour déployer un plan de soutien de 150 millions d'euros par an sur 5 ans pour les ports et un doublement des moyens consacrés par la LOM au report modal vers les transports massifiés de fret (ferroviaire, fluvial) pour atteindre près de 5 milliards d'euros sur 10 ans afin de renforcer la desserte des ports. Ces deux programmes doivent permettre d'améliorer la compétitivité des ports français, d'accompagner la transition écologique de notre économie nationale et de favoriser des relocalisations industrielles, afin de soutenir les trafics portuaires. Au total, les propositions de la mission conduiraient à un doublement des moyens dédiés aux ports français, soit 7,3 milliards d'euros sur 10 ans, contre 3,7 milliards d'euros sur la même période si les divers crédits bénéficiant aux grands ports maritimes (GPM) restaient inchangés.

Dans son rapport d'information enregistré à la présidence du Sénat le 1<sup>er</sup> juillet 2020, le Sénateur Michel VASPART propose un plan de relance global de 150 millions d'euros par an sur 5 ans (2021-2024)<sup>17</sup>, en trois volets :

- un volet visant à soutenir l'attractivité commerciale des ports français,
- un volet dédié à une réindustrialisation sectorielle, pour accompagner des relocalisations visant à soutenir les trafics des GPM et améliorer l'empreinte environnementale de notre industrie.
- un volet dédié aux investissements en faveur de la transition écologique, afin de concevoir des infrastructures permettant aux ports français de consolider leurs avantages comparatifs, par exemple en matière de branchements électriques à quai, de terminaux GNL ou encore de systèmes de collecte des déchets efficaces. Le caractère « vert » de ce plan est un impératif pour le rapporteur, en complément du premier volet commercial qui s'appliquerait à tous types de trafics sans distinction.

#### L'adaptation de la Taxe Intérieure sur la consommation Finale d'Electricité (TICFE)

L'électricité à quai (ou *cold ironing*) consiste à raccorder le navire, lors de son escale, au réseau électrique terrestre, ce qui permet de réduire les émissions de particules fines en zones urbaines générées par les navires à quai. Or, cette technologie soulève un certain nombre de questions d'ordre technique (capacité du réseau électrique national, sécurité des installations), stratégique (en fonction du choix des armateurs pour permettre de sécuriser les investissements nécessaires) et financier puisqu'elle nécessite, comme le GNL, le développement d'importantes infrastructures pour les places portuaires, et des surcoûts pour les armateurs, qui rendent nécessaire un soutien de l'État. D'après les informations recueillies par la mission, l'installation de 15 à 21 prises serait encore nécessaire pour équiper les GPM, pour un coût qui pourrait représenter entre 90 et 180 millions d'euros.

Diverses initiatives ont déjà été mises en œuvre pour développer le branchement à quai : le port de Marseille mène une politique ambitieuse en la matière et le port de Toulon a annoncé qu'il allait équiper à horizon 2021 l'ensemble de ses quais de dispositifs d'alimentation électrique pour navires.

Quelques mesures récentes ont été prises pour développer l'électricité à quai, comme l'application d'un tarif préférentiel de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité pour l'alimentation à quai des bateaux et navires autres que ceux utilisés pour la navigation de plaisance privée.

---

<sup>17</sup>Règlement (UE) n° 651/2014 : les investissements publics dans les ports maritimes bénéficient d'un régime d'exemption de notification des aides d'État dont le seuil varie l'appartenance à un corridor du RTE-T. Les aides peuvent prendre en charge les coûts, y compris d'études et de planification, des investissements dans la construction, le remplacement ou la modernisation d'infrastructures portuaires et d'infrastructures d'accès. Quatre seuils de notification s'appliquent par type de port et par référence aux corridors du RTE-T, définis par le règlement (UE) n° 1315/2013 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2013.

La LOM en outre a clarifié le statut juridique des opérateurs d'infrastructures de recharge et de fourniture d'énergie concernant l'alimentation électrique issue de ressources renouvelables à quai et la fourniture du GNL aux bateaux et navires : cette activité ne constitue pas une fourniture d'électricité, mais une prestation de service<sup>18</sup>. Le modèle économique de ces bornes est calé sur celui des bornes de recharge de véhicules terrestres électriques. Il s'agit de qualifier l'activité des opérateurs de ces bornes de « prestation de service » (et non d'activités d'« achat d'électricité pour revente aux consommateurs finals », c'est-à-dire de fourniture d'électricité), afin notamment de ne pas contraindre l'aménageur à donner au consommateur la possibilité de choisir entre plusieurs fournisseurs d'électricité. Il s'agit également de prévoir que 75 % des frais de raccordement spécifiques à l'installation de ces bornes puissent être pris en charge par la collectivité à travers le tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité (TURPE), payé par tous les consommateurs d'électricité en France.

---

<sup>18</sup> Article 64 de la loi n° 2019-1428 d'orientation des mobilités.



## 12. Focus sur le GNL et l'insularité

Le SSLNG est largement utilisé pour alimenter les zones sans accès à l'électricité, dont la population présente aujourd'hui près de 20% de la population mondiale. Des projets de conversion de GNL en électricité (*LNG-to-power*) sont développés dans de nombreux pays du pourtour méditerranéen (Gibraltar en 2016, Malte, Sardaigne, etc.). La production d'électricité en zones insulaires constitue une forte opportunité de développement du marché SSLNG français. En Nouvelle-Calédonie, par exemple, le gouvernement a adopté en Janvier 2018 un avant-projet de loi lié au financement de la centrale de production d'électricité au GNL de Doniambo. Ce projet vise le remplacement d'une centrale au fioul à horizon 2023 et devrait satisfaire intégralement les besoins de l'usine métallurgique SLN (160 MW) et compléter la fourniture en énergie de la distribution publique (40 à 60 MW).

Cette illustration, en terme de propos introductif, pose la pertinence du choix du GNL au titre de la production d'énergie électrique dans un cadre de transition énergétique. Mais au-delà de ces enjeux spécifiques, nous pouvons envisager d'avoir une approche globale de l'usage du GNL. Ainsi, nonobstant ses vertus en tant que carburant marin, nous trouverions dans cette approche une manière efficace de rationaliser les coûts budgétaires et de renforcer son efficience.

Il relève de la responsabilité de chacun de se penser dans une logique de filière, d'en partager la vision et de prévenir les risques de segmentation.

La problématique énergétique en territoire insulaire nécessite une vision systémique et interdépendante des solutions technologiques pour chacun des enjeux ; production d'énergie, électrification à quai, carburant marin, transport routier ont un dénominateur commun : le GNL en tant que ressource.

### 12.1 Transition énergétique et insularité

Les îles sont des territoires qui ne sont pas connectés au réseau d'électricité continental, ou de façon limitée dans certains cas : elles sont considérées comme des Zones Non Interconnectées (ZNI). Elles présentent la particularité de former de « petits systèmes isolés ».

C'est le cas de la Corse dont il convient de prendre en considération le particularisme insulaire. Ces zones regroupent aussi notamment :

- les départements et régions d'outre-mer (Guadeloupe, La Réunion, Mayotte) ;
- les collectivités territoriales (Martinique, Guyane)
- certaines collectivités d'outre-mer (Saint-Pierre-et-Miquelon, Wallis et Futuna notamment),
- l'île anglo-normande de Chausey.

La Nouvelle Calédonie et la Polynésie française, par leurs statuts particuliers, ne sont pas considérées comme des ZNI.

Les territoires insulaires français sont caractérisés, du point de vue économique et social, par :

- une croissance démographique forte, notamment en Guyane, et une population jeune ;
- des économies fragiles, avec un taux de chômage élevé et un PIB par habitant inférieur à celui de la métropole.

Territoires isolés du réseau électrique de la France continentale, les ZNI assurent l'essentiel de leur fourniture électrique avec des énergies fossiles importées (gaz, fioul, charbon), complétées le cas échéant par des énergies renouvelables locales.

Elles font face au défi de leur transition énergétique et ont mis le cap sur le développement des énergies renouvelables et sur l'autonomie énergétique.



La loi de transition énergétique pour la croissance verte leur a fixé des objectifs ambitieux :

- couvrir avec des énergies renouvelables 50 % de leur mix énergétique en 2020 ;
- parvenir à l'autonomie énergétique en 2030.

L'électricité consommée sur chacune de ces « îles énergétiques » doit être produite sur place (en totalité pour les DOM-COM, en grande partie pour la Corse). Leur isolement induit un surcoût important par rapport aux coûts de production obtenus dans l'Hexagone : le prix de revient de l'électricité y est très supérieur aux tarifs de vente garantis par la péréquation tarifaire dans les DOM et en Corse (dont il est plus particulièrement question dans la suite de ce dossier). Ainsi, en 2019, le coût du mégawattheure produit était de 190 à 500 € selon les régions, pour un coût de l'énergie reflété dans le tarif au client établi à 51,7 €/MWh.

Les caractéristiques climatiques et géographiques des ZNI ainsi que la petite taille de leurs systèmes électriques créent de fortes contraintes pour le mix énergétique, la gestion du réseau électrique et l'approvisionnement.

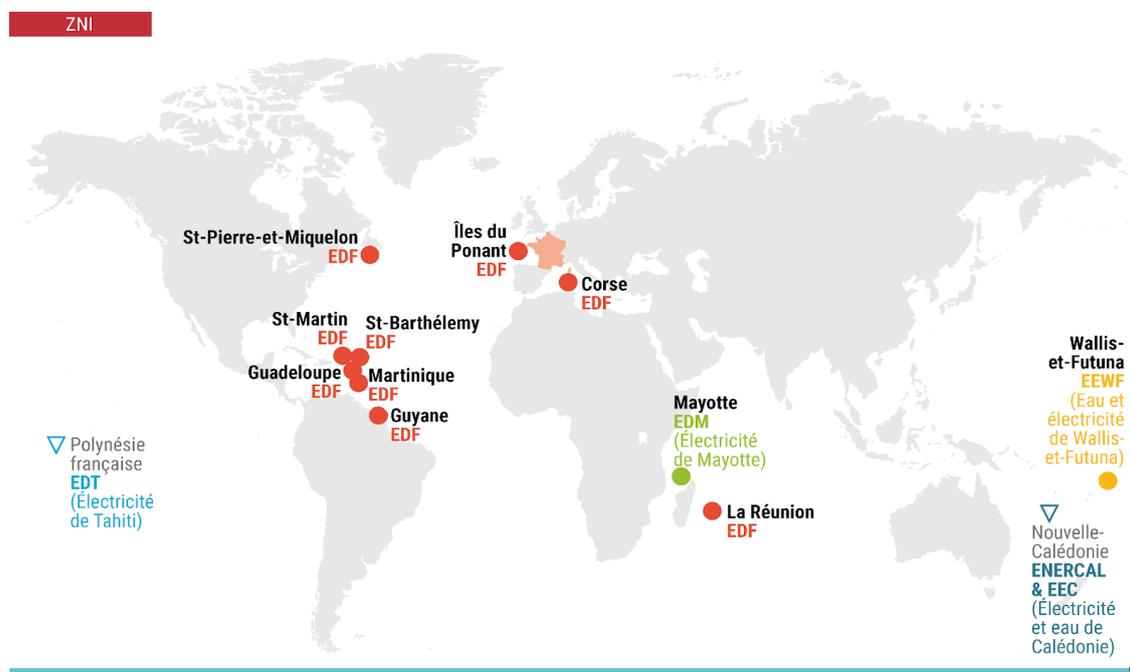


Figure 3 : Cartographie des ZNI/ Source site commission de régulation de l'énergie

Du point de vue environnemental, ces régions représentent des réservoirs de biodiversité qu'il faut prendre en compte et préserver ; ce sont aussi, pour certain, des territoires en zone intertropicale, soumis aux cyclones.

Sur le plan énergétique, ils se caractérisent par une croissance de la consommation bien supérieure à celle de l'Hexagone : augmentation de 3,8 % par an en moyenne pour l'ensemble des DOM (à comparer à une moyenne de 1 % par an en métropole continentale).

Ces systèmes électriques, petits et isolés, présentent une fragilité « technique » intrinsèque. L'électricité consommée dans les zones non interconnectées doit être produite sur place : en totalité pour les DOM-COM, en grande partie pour la Corse. La production de base, dans ces territoires, reste fortement carbonée, à base de pétrole et de charbon (même si le parc EDF permet de délivrer environ 20 % d'énergie hydraulique et au total un quart d'énergies renouvelables).

En droit européen, la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, la Réunion, Saint-Barthélemy et Saint-Martin ont le statut de région ultrapériphérique indépendamment de toute évolution statutaire en droit interne (articles 349 et 355 du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne). Les dispositions des traités leur sont applicables.

L'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, les îles Wallis et Futuna, Mayotte, la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie sont qualifiés de pays et territoires d'outre-mer (article 355 et annexe II du traité sur le fonctionnement de l'Union européenne). Ils ne sont pas soumis au droit européen mais bénéficient d'un régime spécial d'association à l'Union européenne (quatrième partie du TFUE).

En droit français, on distingue les collectivités selon qu'elles sont régies par l'article 73 ou par l'article 74 de la Constitution.

L'article 73 de la Constitution s'applique aux départements et régions d'outre-mer (DROM), à savoir la Guadeloupe, la Réunion, la Guyane, la Martinique et Mayotte. Cet article pose le principe d'*assimilation législative*, conformément auquel les lois et les règlements de la République sont applicables de plein droit aux DROM.

Outre les compétences dévolues aux départements et régions « classiques », les DROM bénéficient d'*attributions spécifiques* prévues par le code général des collectivités territoriales (CGCT) et pouvant avoir un impact dans le domaine de l'énergie (pour les DOM, voir les articles L.3444-1 et L.3444-2 du CGCT ; pour les ROM, voir les articles L.4433-7, L.4433-18, L.4433-20, L.4433-22 et L.4433-31 du CGCT).

En outre, conformément à l'alinéa 2 de l'article 73 de la Constitution, les lois et règlements de la République peuvent faire l'objet d'adaptations dans les matières où les collectivités concernées exercent leurs compétences et si elles y ont été habilitées (*habilitation-adaptation*).

L'alinéa 3 de ce même article prévoit également que les DROM, à l'exception de la Réunion, peuvent être habilités à fixer eux-mêmes les règles applicables sur leur territoire (*habilitation-fixation de règles spécifiques*).

A titre d'exemple, le conseil régional de la Guadeloupe a été habilité par l'article 17 de la loi n°2011-884 du 27 juillet 2011 relative aux collectivités territoriales de Guyane et de Martinique, pour une durée de 2 ans à compter de sa promulgation, à fixer des règles spécifiques en matière de maîtrise de la demande d'énergie, de réglementation thermique pour la construction de bâtiments et de développement des énergies renouvelables. Le conseil régional de la Guadeloupe a ainsi adopté de nombreuses délibérations, comme par exemple la délibération du 14 juin 2013 relevant du domaine du règlement relative aux modifications de la procédure d'appel d'offres en matière d'énergies renouvelables. Une demande d'habilitation a été effectuée pour la période à venir.

L'article 74 de la Constitution s'applique aux collectivités d'outre-mer, à savoir Saint-Barthélemy, Saint-Martin, Saint-Pierre-et-Miquelon, la Polynésie française et Wallis et Futuna. Cet article pose le principe de spécialité législative, ce qui signifie que le statut de ces collectivités, qui tient compte des intérêts propres de chacune d'entre elles, est défini par une loi organique fixant les conditions d'application des lois et des règlements dans la collectivité, les compétences de cette collectivité, ses institutions, etc. Les COM sont donc dotées d'une certaine autonomie, plus ou moins grande selon la loi organique.

A ce titre, les collectivités de Saint-Barthélemy et de Saint-Martin fixent notamment les règles en matière d'énergie (articles L.O.6214-3 et L.O.6314-3 du CGCT).

La Polynésie française peut quant à elle, sur demande des conseils municipaux, autoriser les communes à produire et distribuer de l'électricité dans les limites de leur circonscription.

3- La Nouvelle-Calédonie est soumise au titre XIII de la Constitution et à un statut particulier sous forme de loi organique.



Statut en droit français	Territoires visés	ZNI	Statut en droit communautaire
Collectivités territoriales régies par l'article 72 de la Constitution	Corse (NB : la Corse bénéficie de compétences particulières. Elle s'administre librement conformément aux articles L.4421-1 et suivants du CGCT)	Oui	Droit commun (territoire métropolitain)
	Iles de Ouessant, Molène, Sein Chausey et Les Glénans	Oui	
Départements et régions d'outre-mer régies par l'article 73 de la Constitution (DROM)	Guadeloupe, Réunion, Guyane, Martinique	Oui	Régions ultrapériphériques (articles 349 et 355-1 du TFUE)
	Mayotte	Oui	Régime spécial d'association (article 355-2 et quatrième partie du TFUE)
Collectivités d'outre-mer régies par l'article 74 de la Constitution (COM)	Saint-Pierre-et-Miquelon	Oui	Régime spécial d'association (article 355-2 et quatrième partie du TFUE)
	Polynésie française, Wallis et Futuna	Non	
	Saint-Barthélemy, Saint-Martin	Oui	Régions ultrapériphériques (articles 349 et 355-1 du TFUE)

Tableau 7 : Classification ZNI des territoires

### Cas particulier de la Corse

La Corse constitue une collectivité territoriale au sens de l'article 72 de la Constitution. Elle s'administre librement dans les conditions fixées par les articles L.4421-1 et suivants du CGCT. Ses compétences en matière énergétique sont définies à l'article L.4424-39 du CGCT et concernent principalement la gestion des ressources énergétiques locales. Ainsi, la collectivité territoriale de Corse :

- élabore et met en œuvre le programme de prospection, d'exploitation et de valorisation des ressources énergétiques locales de Corse, qui porte sur :
  - o la géothermie,
  - o l'énergie solaire,
  - o l'énergie éolienne et de la mer,
  - o l'énergie tirée de la biomasse,
  - o l'énergie tirée de la valorisation et de la récupération des déchets,
  - o l'énergie tirée des réseaux de chaleur,
  - o l'énergie hydraulique des ouvrages dont la puissance est inférieure à 8 000 kW,
  - o des mesures destinées à favoriser les économies d'énergie.
- est préalablement consultée sur tout projet d'implantation d'un ouvrage de production utilisant les ressources locales énergétiques susmentionnées.

Dans ce cadre, la Corse a adopté un Plan énergétique pour la période 2005-2025 préconisant un approvisionnement énergétique basé sur un « *trépied énergétique* » composé des éléments suivants :

- les énergies renouvelables,
- la production thermique,
- les interconnexions.

A partir des orientations de ce plan, la collectivité territoriale de Corse a adopté un Plan de développement des énergies renouvelables et de maîtrise de la demande d'énergie, qui fixe un plan d'action chiffré pour la période de 2007 à 2013. Ce document repose quant à lui sur 3 piliers :

- la maîtrise des consommations d'électricité,
- la promotion des énergies renouvelables de substitution à l'électricité,
- le développement des énergies renouvelables de production d'électricité.

En outre, la Corse participe à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un plan tendant à couvrir les besoins et à diversifier les ressources énergétiques de l'île en concertation avec les établissements publics nationaux.

La Corse a été le premier territoire à mettre en œuvre ces nouvelles dispositions dans sa programmation pluriannuelle de l'énergie approuvée par le décret n° 2015-1697 du 18 décembre 2015 : le seuil de pénétration des EnR y est désormais fixé à 35 % en 2018 (seuil qui sera porté à 45 % en 2023). Il est désormais prévu que les autres zones interconnectées suivent l'exemple Corse et fixent dans leur programmation pluriannuelle de l'énergie, en accord avec l'État, un seuil d'insertion des EnR.

Il s'agissait de laisser chaque zone géographique pertinente libre de déterminer, à son échelle, un seuil de pénétration des EnR qui dépendrait des caractéristiques de la zone concernée et de l'installation dans son ensemble. Depuis, la loi du n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte a modifié l'article L. 141-5 du code de l'énergie et a permis de lever les obstacles réglementaires à la mise en place d'un seuil de pénétration des EnR par zone géographique.

Pour l'électricité, passer d'un système carboné à un système reposant sur des énergies renouvelables soulève toutefois d'importantes questions techniques et économiques.

- Les centrales thermiques ont récemment fait l'objet d'importants investissements. Dans ce contexte, une attention particulière doit être portée à l'adéquation de l'évolution du parc de production avec la consommation et la durée de vie des unités de production afin d'éviter une situation de surcapacité durable et les importants coûts échoués qui en découleraient,
- De plus, intégrer des énergies renouvelables intermittentes aux systèmes électriques de petite taille des ZNI nécessite des solutions adaptées pour maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité. Une des solutions est de déployer des installations de stockage centralisées, pilotées par le gestionnaire de réseau,
- Les projets d'énergies renouvelables doivent aussi faire en priorité appel à des technologies matures et maîtrisées, à la fois pour contenir la dépense publique et assurer la sécurité du système électrique.

La recherche et développement sur les Smart grids en zones insulaires porte principalement sur les technologies de stockage et de comptage évolué. Le gestionnaire EDF SEI, en particulier, mène de nombreuses études sur l'utilisation du stockage dans les zones non-interconnectées, l'objectif final étant de déterminer précisément dans quelle mesure des installations de stockage pourraient faciliter l'intégration des EnR sur le réseau électrique.

### L'approvisionnement en gaz naturel de la Corse

La question de l'approvisionnement de la Corse en gaz naturel pour assurer l'alimentation de ses centrales de production d'électricité est posée depuis plus d'une dizaine d'années. Le sujet est entré dans une phase décisionnelle depuis la fin de l'année 2015 avec l'adoption d'une programmation pluriannuelle de l'énergie votée par l'assemblée de Corse, suivie des annonces de la ministre de l'environnement de l'énergie et de la mer au cours de l'été 2016. L'État et la Collectivité Territoriale de Corse (CTC) ont, en décembre 2015, adopté la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) de l'île pour la période 2016-2023. Ce document prévoit notamment que le gaz naturel remplacera le fioul (lourd ou léger) pour alimenter les centrales thermiques et, pour ce faire, que serait réalisé un gazoduc d'environ 200 km permettant d'acheminer le gaz, à partir d'un point de livraison et de regazéification situé au large de Bastia, d'une part à la centrale actuelle de Bastia, d'autre part à celle qui remplacera la centrale actuelle d'Ajaccio.



« Les pratiques actuelles concernant les points d'arrivée du gaz au large des côtes privilégient, non la construction d'une barge conçue spécialement, mais l'utilisation d'un méthanier ancré. Si cette formule était préférée en Corse elle permettrait de réduire de manière significative le coût de l'infrastructure et présenterait de nombreux avantages du point de vue de la souplesse d'utilisation, de l'adaptabilité aux besoins et du délai de réalisation »<sup>19</sup>.

## GNL et production d'énergie électrique

La centrale actuelle de Lucciana (située au Sud de Bastia) est récente (démarrage en décembre 2013) ; elle est équipée de 7 moteurs de 18,3 MW chacun, fonctionnant au fioul léger à très basse teneur en soufre ; elle développe une puissance totale de 128 MWe. Elle pourra, moyennant adaptation, fonctionner au gaz naturel.

La future centrale d'Ajaccio serait construite au Vazzino à proximité immédiate de l'actuelle centrale thermique brûlant du fioul lourd (à basse teneur en soufre) qui est en fin de vie (la fin de vie technique ne peut être définie avec précision mais la fin de vie réglementaire l'est avec des normes européennes interdisant un fonctionnement au-delà de 2023). Cette centrale mixte aurait une puissance de 200 à 250 MWe. Elle serait similaire à la centrale de Lucciana et accepterait un fonctionnement mixte au gaz ou au fioul léger.

Ces deux centrales mixtes (pouvant brûler du gaz naturel ou du fioul léger) pourraient, selon les estimations d'EDF, fonctionner l'équivalent de 5000 heures à pleine puissance en gaz naturel, le fioul léger étant utilisé uniquement en cas de problème et comme secours.

La quantité de gaz nécessaire pour une année peut être estimée selon EDF à 108 000 tonnes pour la centrale de Bastia/Lucciana et à 180 000 tonnes pour celle d'Ajaccio/Vazzino, soit 288 000 tonnes par an de gaz.

L'alimentation en GNL pourrait avoir 3 modalités :

- Une FSRU remplissant plusieurs fonctions: recevoir le gaz naturel liquéfié (GNL) depuis les méthaniers de transport, stocker le GNL sous forme de GNL donc à très basse température (inférieure à -162° Celsius), le regazéifier en fonction des besoins, le comprimer et l'expédier par le biais du gazoduc sous-marin à la station d'arrivée située sur le littoral. La FSRU peut être constituée par une barge flottante. Mais retenir cette solution pour la Corse obligerait à concevoir et construire cette barge de manière spécifique. Ce serait le premier exemplaire en France et l'un des premiers au monde ;
- L'utilisation en deuxième vie d'un méthanier de 60 000 à 150 000 m<sup>3</sup>. Cette solution est facilitée par le fait que certains de ces navires, bien que relativement récents, deviennent moins rentables pour assurer les transports sur longues distances par rapport aux méthaniers plus récents qui peuvent emporter des volumes plus importants (240 000 ou 260 000 m<sup>3</sup>) ou être dotés d'une motorisation moderne. L'acquisition d'un méthanier âgé de 15 à 25 ans, sur lequel serait installée une petite unité de vaporisation et regazéification offrirait, selon les informations recueillies par la mission, une solution nettement moins onéreuse (trois à cinq fois moins chère) et bien plus rapide à mettre en œuvre que la construction d'une barge spécifique ;
- La distribution par l'intermédiaire d'un gazoduc qui entrerait dans une installation de transfert puis aurait deux destinations : une entrée directe dans les installations de la centrale de Lucciana et une autre dans le gazoduc permettant d'approvisionner la centrale d'Ajaccio située au Vazzino. Le gazoduc contournerait par le Sud les plus hauts massifs montagneux corses et aurait une longueur d'environ 200 km.

<sup>19</sup> DURANTHON J.P. (2016), L'approvisionnement en gaz naturel de la Corse, Rapport CGEDD n° 010736-01 - CGE n° 2016/18/CGE/SG, 44 pages.



## 12.2 Exemplarité des pratiques

### Les choix de la Martinique

Les 12 moteurs diesel de la centrale EDF PEI Pointe Jarry fonctionnent au fioul lourd à très basse teneur en soufre (FO2- TBTS) mais sont également convertibles au gaz naturel. Ces moteurs sont approvisionnés directement par voie maritime à raison d'un navire de 8 500 tonnes environ toutes les trois semaines. La centrale dispose d'installation de stockage d'un volume total de 38 684 m<sup>3</sup>. Cette capacité de stockage, gérée par EDF PEI, permet d'atteindre une autonomie de production d'électricité de 37 jours environ. Dans des conditions de production normales la consommation est estimée à environ 200 kt.

La conversion au gaz des moyens de production d'électricité est inscrite au PPE. La PPE 2016-2018 tient à faire apparaître la nécessité de poursuivre la réflexion engagée par des acteurs de l'énergie concernant l'opportunité de convertir l'unité de production d'électricité de Pointe Jarry (EDF PEI), inaugurée en 2015 et fonctionnant au fioul, au gaz naturel liquéfié (GNL). Selon les premières estimations, ce projet pourrait conduire à une diminution de l'ordre de 25 à 30% des émissions de GES induite par les consommations de fioul et réduire les coûts de production associés aux achats de combustibles fossiles.

Ce projet suppose toutefois des investissements significatifs liés à la conversion technique de la centrale pour lui permettre de fonctionner au GNL ainsi que la structuration d'une filière d'approvisionnement provenant pour l'essentiel de Trinidad et Tobago. De plus, ce projet n'aurait d'intérêt économique avéré que si les centrales de Belle-Fontaine en Martinique et de Pointe Jarry procédaient à leur conversion. Avec une puissance installée en base de 440 MW, le seuil minimal de rentabilité serait atteint pour permettre d'investir sur l'ensemble de la chaîne de production et d'approvisionnement nécessaire. Les moyens à déployer sont en effet significatifs et concernent aussi bien des unités de production de GNL (à Trinidad), de re-gazéification (unité flottante créée au large de la centrale de Jarry) que la construction de moyens de transports adaptés

Selon les porteurs de projet, cette solution pourrait être mise en œuvre à l'horizon 2020. Par ailleurs ce projet pourrait permettre aux états insulaires de la Caraïbe situé sur le parcours d'approvisionnement depuis Trinidad d'envisager de diversifier leur mix énergétique en réduisant leurs importations de fioul tout en contribuant à réduire les coûts de l'ensemble de la chaîne d'achat et de distribution du GNL. L'étude de l'opportunité de convertir la centrale de Pointe Jarry au GNL doit ainsi être poursuivie par les services de l'État, la Région, le gestionnaire de réseau en collaboration avec EDF PEI (exploitant de la centrale) afin de caractériser avec précisions la capacité de ce type d'investissement (de l'ordre de 111 M€) à contribuer aux objectifs de la Guadeloupe de :

- Sécuriser la production de base d'électricité à un coût maîtrisé, tout en limitant les impacts sur la CSPE,
- Diversifier ses sources d'approvisionnement énergétique, aujourd'hui fortement dépendant des importations de combustibles fossiles liquides,
- Réduire ses émissions des gaz à effet de serre.

Electricité de France (E.D.F.) étudie les options pour alimenter en gaz naturel ses centrales de Martinique et de Guadeloupe. Un team building avec Gasfin Development a permis le lancement d'un projet de fourniture de 400 000 tonnes par an à deux centrales électriques des Caraïbes. Les études FEED ainsi que l'autorisation d'infrastructures d'importation sont en cours, y compris les infrastructures de livraison de gaz pour soutenir le transport, le stockage et la regazéification. Un nouveau méthanier de taille moyenne et deux unités flottantes de stockage et de regazéification spécialement conçus doivent être développés pour le projet.



Le GNL provenant d'un des terminaux régionaux de GNL sera livré par le méthanier aux FSRU amarrées à proximité des centrales. Le GNL sera stocké et regazéifié sur les FSRU, puis envoyé aux installations de production d'électricité respectives via un court pipeline sous-marin.

#### Un exemple en zone baltique

L'île de Samsø est un modèle pour le reste du monde. Grâce à son utilisation des énergies renouvelables et à l'implication de sa population, elle est devenue autonome en énergie en moins de cinq ans.

Changer le mode de propulsion du ferry qui la dessert figurait parmi les mesures envisagées. Le Princess Isabella qui appartient à la municipalité de Samsø est le premier ferry danois assurant une liaison intérieure à être alimenté au gaz naturel liquéfié (GNL).

Le ferry a coûté à la collectivité, 30 millions d'euros dont 4 millions et demi pour le système de propulsion au GNL.

L'étape suivante qui est encore débattue sur l'île consistera à le faire naviguer au biogaz, ressource produite sur l'île, plutôt qu'avec du gaz importé de Rotterdam.



## 13. Les alternatives au GNL

Il convient de penser les alternatives au GNL carburant marin en intégrant dans notre lecture la notion de « moment » dans lequel nous sommes en cette année 2020 avant de partager une vision prospective des usages. En ce sens, Alain Giacosa, Directeur de la Plateforme GNL, précise les scénarios du possible. Son analyse précise trois horizons de temps<sup>20</sup> :

- « *Le court terme, pour les 5 prochaines années. À cet horizon, seules les technologies matures et les carburants déjà disponibles pourront être sélectionnés par les armateurs,*
- *Le moyen terme, en 2030, qui correspond au premier jalon fixé par l'OMI. À cet horizon, de nouveaux carburants commenceront à apparaître et quelques technologies nouvelles atteindront le stade de l'industrialisation, offrant de nouveaux choix,*
- *Le long terme, au-delà de 2040, où tous les carburants alternatifs pourraient être fabriqués en volume et les technologies nouvelles industrialisées.*

### 13.1 L'alternative ENR

Compte tenu des spécificités des zones insulaires, développer l'éco-efficacité énergétique y est essentiel du point de vue environnemental et économique mais aussi pour faciliter l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité.

Le contexte des territoires insulaires favorisent le développement des énergies photovoltaïques et éoliennes ainsi que des productions décentralisées. Or, à la différence des énergies renouvelables à puissance contrôlable, l'éolien et le photovoltaïque sont soumis aux variations du vent et de l'ensoleillement. Le caractère intermittent qui en résulte crée, pour leur insertion sur un réseau insulaire, des difficultés techniques encore plus contraignantes que pour les grands réseaux interconnectés : les systèmes électriques insulaires sont en effet plus fragiles et « instables » que les systèmes continentaux.

#### L'éolien terrestre

À l'échelle mondiale, cette filière connaît un très fort développement.

L'énergie d'origine éolienne représente 4,5% de la production électrique française et se place comme la seconde source d'énergie électrique renouvelable en France.

Pour l'Ademe, la filière de l'éolien terrestre occupera une place très importante dans le mix électrique à l'horizon 2050. Le prix de l'éolien terrestre a, en effet, considérablement diminué ces dernières années. Dans les derniers appels d'offres lancés, le prix du mégawattheure s'établit à 65 euros. Selon l' Ademe, le prix du mégawattheure pourrait même être réduit à 50 euros d'ici 2030 grâce aux innovations technologiques.

Les freins au développement de l'éolien restent essentiellement liés à un manque d'acceptabilité sociale. Les acteurs opposés au développement de la filière éolienne mettent en avant trois principaux arguments :

- les nuisances visuelles et sonores des éoliennes,
- le coût de l'énergie éolienne pour le contribuable et le consommateur,
- la dimension faiblement écologique de cette énergie.

---

<sup>20</sup>Alain Giacosa, « Le GNL : le meilleur choix pour la transition énergétique du transport maritime », La revue de l'énergie n°650, mai-juin 2020.



### L'éolien en mer

Avec 11 millions de kilomètres carrés de zone maritime et quatre façades maritimes métropolitaines, la France bénéficie d'une situation géographique privilégiée pour le développement de l'éolien en mer. Pourtant, la France ne compte pour l'heure qu'une éolienne flottante en service et aucune éolienne posée.

Les éoliennes flottantes peuvent être installées plus au large que les éoliennes posées, et sont susceptibles de capter des vents plus importants et plus réguliers. La seule éolienne flottante en service, dénommée Floatgen, a été inaugurée à Saint-Nazaire et est raccordée au réseau électrique depuis l'été 2018. Quatre parcs pilotes sont actuellement en développement en France (dont trois en Méditerranée).

Pour les acteurs de la filière, le frein principal au développement de l'éolien en mer est le manque d'ambition. L'appropriation sociale des projets reste parfois compliquée.

### L'hydroélectricité

En 2016, l'hydraulique représente 10 % de la production électrique française. Elle représente 62 % de la production brute d'électricité renouvelable de la métropole et 47 % de celle des départements et régions d'outre-mer. Il existe plusieurs types d'installations hydrauliques selon le site d'implantation : fleuve (centrales de basse chute qui produisent sans cesse, au fil de l'eau), retenue (centrales de moyenne chute qui fonctionnent par écluses) ou lac de montagne (centrales de haute chute).

L'hydroélectricité possède de très nombreux atouts. Elle est la seule EnR pilotable et flexible et permet donc de gérer la pointe sans recourir à des importations d'énergie moins vertueuse.

Les principaux freins identifiés sont les suivants :

- le manque de vision, à moyen terme, des conséquences du changement climatique sur l'hydroélectricité,
- l'absence de décision quant au processus de remise en concurrence des concessions demandé par l'Union européenne,
- les modalités de prise en compte des problématiques environnementales lors de l'instruction des dossiers,
- les difficultés à obtenir des autorisations pour les améliorations sur les aménagements existants,
- l'absence de programme de recherche centré sur l'hydraulique et l'hydroélectricité,
- l'absence de rémunération, à leur juste valeur, des services rendus au système électrique.

### Le photovoltaïque

En 2017, le parc photovoltaïque a produit 10,2 TWh en un an (8,3 fin 2016) soit plus de 2 % de la consommation électrique française. Le projet de PPE vise 20,6 gigawatts en 2023, et 35,6 à 45,4 gigawatts en 2028. Très concrètement, il s'agit de multiplier par quatre les capacités installées en dix ans.

Les principaux freins identifiés :

- un des principaux freins identifiés tient à la difficile installation de panneaux dans le nord de la France,
- les freins administratifs sont encore importants
- certains acteurs estiment que les seuils des appels d'offres constituent de vrais freins au développement de la filière,
- la complexité de l'appel d'offres empêcherait les porteurs de projets de proposer des projets pour des installations de petite taille.



### Le solaire thermique

En 2016, la production de la filière solaire thermique s'élève à 166 ktep, soit 1,9 TWh (+ 3,1 % par rapport à 2015). Particulièrement développée dans les DOM, la filière y représente les deux tiers des énergies renouvelables consommées pour produire de la chaleur, contre moins de 1 % en métropole.

La France s'est fixée ces dernières années d'ambitieux objectifs en matière de développement des énergies renouvelables (ENR) : elle souhaite porter leur part dans la consommation finale brute d'énergie à 23 % en 2020 et 32 % en 2030, conformément au cap fixé par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Certains ports ont mis en place un observatoire comme le port de Tanger Med de la qualité de l'air ainsi que l'aménagement d'énergies renouvelables au sein des infrastructures portuaires. Ces mesures permettent aux ports de valoriser leur image de port durable et moderne.

Dans le secteur électrique, la flexibilité du gaz naturel est un atout essentiel pour soutenir et faciliter le développement des ENR intermittentes, solaire et éolien, permettant d'assurer un approvisionnement électrique fiable et le développement de ces sources d'énergie. Comme l'électricité n'est pas stockable directement, l'offre doit être ajustée à la demande à tout moment. Mais l'électricité éolienne ou photovoltaïque est intermittente par nature. Il faut donc à chaque instant disposer de capacités de production (back-up) pour satisfaire la demande quand le vent ne souffle pas ou que le soleil ne brille pas, en particulier lors des pics de consommation, le soir en hiver notamment. Ces centrales doivent également être flexibles car ces appels de demande résiduelle peuvent varier fortement sur des périodes de temps très courtes. Les centrales au gaz (turbines à gaz à cycle combiné (CCGT)) permettent d'assurer ces fonctions grâce à leur plus grande flexibilité, leur meilleure performance que les autres centrales (charbon, en particulier).

Une étude, récemment publiée par Agora Energiewende, portant sur la flexibilité des centrales au gaz et au charbon, fournit un résumé des paramètres de flexibilité (charge minimale, taux de montée en régime et temps de démarrage) des centrales les plus couramment utilisées et les plus modernes (Agora Energiewende, 2017).

Le gaz naturel n'a toutefois pas le monopole de cette flexibilité : les barrages hydroélectriques et à terme, les gaz renouvelables et les technologies de stockage par batteries ainsi que l'hydrogène joueront un rôle croissant. La flexibilité du gaz naturel permet ainsi de résoudre le problème posé par l'intermittence des ENR variables, aux côtés des autres solutions développées pour gérer la variabilité de la production d'électricité.

Plusieurs appels à projets et à manifestation d'intérêts ont été lancés sur le sujet, ainsi que deux dispositifs déployés pour encourager le développement du stockage dans les zones non interconnectées (ZNI), un appel d'offres pour des installations couplant production photovoltaïque et dispositif de stockage dans les ZNI et des contrats de gré-à-gré pour les projets de stockage centralisé pilotés par le gestionnaire de réseau. Il faut donc. Considérer les zones insulaires comme des îlots énergétiques analogues aux zones non interconnectées. Selon l'ADEME, le *power to gas*<sup>21</sup> fait également partie des filières d'avenir. Certaines installations de méthanisation pourraient également jouer un rôle dans la régulation et la gestion des réseaux électriques et gaziers locaux<sup>22</sup>.

<sup>21</sup> Procédé de stockage qui transforme l'électricité produite de manière excédentaire en gaz (hydrogène ou méthane de synthèse) accueilli dans les réseaux existants.

<sup>22</sup> Par le stockage de réserves de biogaz sur de courtes périodes, permettant d'offrir des capacités de production d'électricité supplémentaires lors des pics de demande sur le réseau électrique local et par l'absorption d'excédents électriques intermittents *via* le procédé de méthanisation.



## 13.2 L'alternative bio-méthane

La biomasse à usage collectif, tertiaire et industriel représente l'un des plus importants gisements de production d'énergie identifié par la loi Transition énergétique. Actuellement, la biomasse est à l'origine de 65 % de la production actuelle d'énergie renouvelable, majoritairement à partir de bois-énergie (40 %) et de biocarburants (11 %). Le biogaz représente 2 % de cette production mais dispose d'un potentiel considérable.

Le biogaz est issu de la fermentation anaérobie (en absence d'oxygène) de matières organiques. Il est obtenu soit par captage dans les Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), c'est-à-dire des décharges, où il se forme de manière spontanée, soit par un procédé standardisé et contrôlé appelé méthanisation.

Le biogaz est le produit de la méthanisation des déchets agricoles, de l'industrie agroalimentaire, urbains ménagers et verts, de la restauration collective. Il est obtenu par captage en installation de stockage de déchets non dangereux ou décharges, et de boues de stations d'épuration.

Le biométhane peut également être produit à partir de procédés thermiques, par pyrolyse ou gazéification de la biomasse solide (incluant les déchets fermentescibles). On parle alors de biogaz de synthèse (ou BioSNG), ou de biométhane de deuxième génération.

De tels procédés sont actuellement recensés en Finlande et en Italie et en cours d'expérimentation en France. Le projet GAYA développé par Engie à Saint Fons (Rhône) est un démonstrateur de cette technologie. Il va produire du biométhane à partir de résidus de bois d'origine forestière, agricole ou de l'industrie papetière et ainsi permettre de valider la technologie et la qualité du gaz ainsi produit.

Le biogaz permet de produire de l'électricité, de la chaleur, du biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel, du biométhane carburant ainsi qu'un digestat pouvant être utilisé comme engrais naturel en substitution des engrais d'origine fossile. Le bio-GNL émet environ dix fois moins de gaz à effet de serre que le GNL d'origine fossile. Son utilisation permettrait ultérieurement des réductions significatives des émissions. Le bio-GNL constitue en ce sens un levier important du développement du SSLNG. La recherche développement en ce domaine revêt donc un caractère prioritaire. Un acteur français qui se distingue sur ce marché est Cryopur qui propose une solution de liquéfaction innovante permettant de combiner l'épuration et la liquéfaction du biogaz. Cryopur est déjà présent sur de nombreux projets en France et en Europe.

La voie du gaz vert paraît prometteuse. Déjà de nombreux pays européens se sont lancés dans la production de biogaz et de biométhane. Selon l'European Biogas Association (EBA), il y avait plus de 17 000 installations de biogaz en service en Europe fin 2015 et 459 installations de biométhane<sup>23</sup>. Le secteur est en croissance régulière, avec un quasi-triplement du nombre d'installations de biogaz au cours des six dernières années. L'Europe se positionne en leader mondial de la filière et des technologies associées. Le potentiel de production de biogaz est estimé à 30 Gm<sup>3</sup>/an à l'horizon 2030 par l'EBA.

Le secteur est dominé par l'Allemagne (près de 11 000 installations), l'Italie (1 555 installations) et la France (717 installations) sont en deuxième et troisième positions.

La production d'électricité, qu'elle soit ou non produite dans des unités de cogénération, est le mode principal de valorisation du biogaz.

<sup>23</sup> Bioenergy News, 3 janvier 2017.



En mars 2015, 8 sites injectaient du biométhane dans le réseau de gaz naturel pour un total de 107 GWh/an. 9 sites d'injection de biométhane supplémentaires ont été déployés pour plus de 170GWh/an. 49 sites doivent fonctionner en 2016.

Le potentiel de la méthanisation est important que ce soit en termes de cogénération, de production de bio méthane à injecter dans le réseau de gaz naturel ou à valoriser en tant que bio méthane carburant. Concernant l'injection du bio méthane dans les réseaux de gaz naturel, nous pouvons dénombrer 32 installations à la fin du mois de mars 2017. Leur capacité maximale installée s'élève à 497 GWh/an, en progression de 21 % par rapport à la fin de l'année 2016.

Pour indication, le navire « Jacques SAADE » de l'armateur CMA CGM absorberait à lui seul la production française.

Lorsque les outils de production le permettront, il est envisageable d'introduire à une autre échelle le bio méthane pour contribuer à la problématique de la décarbonation.

#### Un exemple insulaire d'usage de la biomasse : l'île de Samsø au Danemark

La petite île danoise de Samsø, comparable en taille à Belle-Île en mer, est auto-suffisante en énergie renouvelable. Y sont installés 11 éoliennes terrestres, 10 éoliennes off-shore ainsi que plusieurs chaufferies et un réseau dense de distribution de chaleur. Dans le nord de l'île, un parc solaire thermique est combiné avec une chaudière à copeaux de bois. Dans le centre et le sud, des petites centrales utilisent un combustible dérivé de la paille. L'île a récemment décidé que les trois ferries utilisant le fuel qui assurent les liaisons avec l'île principale doivent progressivement être remplacés par des bateaux fonctionnant avec du biogaz. Une partie des centrales biomasse utilisées actuellement pour produire de la chaleur sera donc désormais arrêtée afin de pouvoir utiliser la paille en méthanisation. Puisque la production d'électricité renouvelable est importante sur l'île, des systèmes de pompes à chaleur fonctionnant à l'électricité se substitueront aux chaudières à paille pour le chauffage des habitations.

Les principaux freins relèvent du :

- manque d'ambition du projet de PPE,
- un certain nombre de freins que rencontre la méthanisation sont d'ordre réglementaire,
- aujourd'hui, les producteurs de biométhane peuvent se retrouver pénalisés pour les quelques mois de l'année pendant lesquels leur production est importante,
- de nombreux freins sont de nature économique.

Le prix de revient du bio-GNV est très supérieur à celui du gazole.

L'étude Carbone 4 sur la filière méthanisation de mars 2015 conclut que pour les cas étudiés, les coûts de production de l'énergie produite (électricité, biométhane, bio- GNV) sont deux à six fois supérieurs au prix de l'énergie alternative sur le marché (électricité, gaz, gazole). De manière générale, la filière méthanisation n'est donc pas compétitive sans aide de la collectivité<sup>24</sup>. Le biométhane carburant est de 1,8 à 2,9 fois plus cher que le gazole.

Le bio méthane peut être réservé aux usages de production d'électricité à quai, au transport routier, au transport fluvial.

<sup>24</sup> MALER P., ERHARDT J.-B. (coord) (2015), Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant. Le GNL, composante européenne de la transition énergétique du transport routier de marchandises. CGEDD. Rapport n° 008091-03, Paris, page 37



Nous devons nous accorder à dire que la production de biogaz (gaz de synthèse) est encore anecdotique dans une perspective d'usage en tant que carburant marin.

### 13.3 L'alternative hydrogène

Lorsque l'on évoque la solution hydrogène, nous faisons référence à l'hydrogène produit sans émission de CO<sub>2</sub> (communément appelé « vert » lorsqu'il est produit à partir des énergies renouvelables ou « bleu » lorsqu'il est produit avec capture du CO<sub>2</sub> et avec séquestration du CO<sub>2</sub> en sous-sol).

Sur une production mondiale évaluée à 60 millions de tonnes d'hydrogène, il n'y a pas plus de 5% de cette production qui soit vert ou bleue. En temps réel, nous ne disposons pas d'un niveau de matière première suffisant, les solutions technologiques ne sont pas stabilisées, et le prix de l'hydrogène actuellement à 10 euros le kilo n'est pas concurrentiel.

Le coût de production d'un kilogramme d'hydrogène est la somme de trois termes : un terme technico-financier reflétant l'amortissement de l'investissement initial éventuellement subventionné partiellement, un terme de coût variable lié au coût de l'électricité consommée, et un terme de coût fixe incluant tant les frais (entretien) que d'éventuels bénéfices (externalités).

Le coût de production d'hydrogène par électrolyse alcaline est sujet à estimations diverses selon les sources, variant de moins de 1 €/kg à plus de 10 €/kg, selon les hypothèses (nature, coût et taille d'électrolyseur, rendement, prix de l'électricité...).

Les coûts de production par électrolyse PEM cités vont de 5 €/kg à plus de 10 €/kg. Ces estimations disparates sont sans doute selon les indications de la mission le fruit de modèles de calcul similaires mais avec des hypothèses différentes.

Coût de production de l'hydrogène (€/kg)	Source	Remarque
1,5-2€	Air Liquide	50 % de capex
de 4 à 8€/kg	IFPEN <sup>12</sup>	8 à 13€/kg à la pompe
de 6 à 10€/kg	GDF-SUEZ <sup>13</sup>	avec dans quelques années des perspectives de 3 à 8€/kg
De 3,7€ ...	France Stratégie	conditions optimistes et fonctionnement en continu
À 6,1-12,2€/kg	France Stratégie	électricité provenant de sources intermittentes
5€/kg	McPhy	perspectives de réduction par augmentation de volume de production
3 à 3,5€/kg	CEA	électrolyse alcaline grande capacité et un MWh électrique à 50€
10€/kg en 2007 et de 8 à 9€/kg (mais à la pompe) d'ici 2020	Thèse de l'université de Grenoble <sup>14</sup>	au mieux un potentiel de division par deux d'ici 2030 <sup>15</sup>
4,4-5,3€/kg -en 2030	Rapport de McKinsey <sup>16</sup> établi en 2010	pour de l'hydrogène décarboné
3,2 à 5,2€/kg	En 2012 selon FCH-JU <sup>17</sup>	à 100 % de capacité
0,75-3,75€/kg	En 2014 selon AIE <sup>18</sup>	85% de facteur de charge, prix d'électricité entre 0 et 49€/Mwh

Tableau 8 : Coûts de production  
Source Rapport filière hydrogène-énergie<sup>25</sup>

L'hydrogène est encore un sujet de Recherche/ Développement nécessitant de continuer les investissements.

<sup>25</sup> DURVILLE J.L. (2015), Filière hydrogène-énergie, Rapport à Madame la ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie Monsieur le ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, N° 2015/07/CGE/SG, page 17.



En France métropolitaine, le réseau électrique continental est très développé et connecte la majorité des points de consommations du territoire. Ce n'est pas le cas des territoires insulaires comme la Corse, de certaines îles, qui ont leur production et leur réseaux ou micro-réseaux propres.

Ces territoires sont caractérisés par une production électrique dominée par les centrales thermiques au fioul au coût relativement élevé (225 €/MWhé en moyenne en 2013) et des considérations d'équilibrage offre / demande plus sensibles qu'en métropole. Dans ces zones, les actions de maîtrise de la demande d'électricité, le développement des sources renouvelables et la question du stockage sont prédominantes. Ces conditions rendent rentable dans certains cas un stockage d'électricité hybride, associant batterie et chaîne hydrogène. La batterie assure un stockage dit de court-terme : elle se charge pendant la journée lorsque les panneaux solaires produisent en excès et se décharge le soir et la nuit pour couvrir les besoins sur ces plages horaires. La chaîne hydrogène assure un stockage complémentaire, comme une réserve d'énergie qui permet au bâtiment, à l'îlot, au village, à la communauté d'être autonome en énergie sur quelques jours ou semaines lorsque la production solaire et le stockage batterie ne sont pas suffisants.

L'hydrogène peut ainsi jouer un rôle de passerelle entre les réseaux électriques et les réseaux de gaz, qui permettra de stocker de grandes quantités d'énergie renouvelable sur de longues durées. Le gaz stocké est mobilisé ultérieurement pour reproduire de l'électricité selon la demande : c'est ce qu'on appelle, pour les réseaux électriques, le « stockage intersaisonnier » ou « power-to-gas-to-power » entre périodes excédentaires (plutôt estivales) et déficitaires (plutôt hivernales).

#### Un exemple de power to gas : l'Hythane®

Après deux ans d'études, la petite ville de Cappelle-la-Grande, 8 000 habitants, située dans l'agglomération dunkerquoise, a inauguré en juin 2018 un des premiers démonstrateurs *power to gas* de France. Le principe est simple : il consiste à récupérer l'énergie non consommée issue des énergies renouvelables pour la transformer en hydrogène sous forme solide. L'hydrogène est conservé puis injecté, à hauteur de 6 % à 20 % maximum, dans le réseau de gaz naturel.

Les infrastructures électriques disposeront de plus en plus de capacité de stockage d'électricité, dits de court ou moyen terme (par batteries, air comprimé ou stations hydrauliques) ayant des cycles de charge / décharge de quelques heures ou quelques jours. L'électricité totale stockable par ces moyens sera de l'ordre du TWh/an. A des taux de pénétration EnR supérieur à 80%, le stockage intersaisonnier, recourant à l'hydrogène, sera complémentaire et permettra de stocker dans les réseaux de gaz plusieurs dizaines de TWh/an. Deux voies de stockage sont plus précisément envisageables :

- L'injection directe d'hydrogène dans les réseaux de gaz : la technologie d'électrolyse produit, à partir d'électricité et d'eau, de l'hydrogène qui peut être injecté dans les canalisations de gaz, à hauteur minimum de 6% en volume, et jusqu'à 20% dans certaines conditions,
  - La combinaison de cet hydrogène avec du CO<sub>2</sub> pour former du méthane de synthèse, par la réaction de méthanisation. Le produit formé étant proche du contenu du gaz naturel, il est adapté à une injection en grandes quantités dans les infrastructures gazières (stockage souterrain, réseaux de transport et de distribution).
- Le stockage intersaisonnier offre ainsi aux réseaux électriques un service d'équilibrage en stockant sous forme de gaz des surplus d'électricité renouvelable disponibles certaines semaines ou mois pour être réutilisée sur d'autres périodes déficitaires. La production d'électricité à partir du gaz stocké peut se faire par différents moyens (turbines à gaz centralisées, cogénération répartie à base de pile dans l'habitat, etc.).



A Hobro au Danemark, Air Liquide possède le dispositif HyBalance, un site pilote de production d'hydrogène décarboné. Cette usine utilise la technologie de l'électrolyse, qui permet d'équilibrer le réseau électrique et de stocker le surplus d'électricité sous forme d'hydrogène, lequel sera utilisé pour l'industrie et les transports. Ce projet, initié en 2016, est piloté par Air Liquide. Il bénéficie d'un financement du partenariat public-privé européen Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) et du soutien du programme danois EUDP.



Figure 4 : Photo du dispositif HyBalance

Dans le cadre de ce projet, Air Liquide a développé, construit et exploite l'unité de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, ainsi que le centre de remplissage pour ses clients industriels livrés par camion. L'électrolyseur d'une capacité de 1,2 MW permet de produire environ 500 kg d'hydrogène par jour sans émissions de CO<sub>2</sub>. Outre les clients industriels, l'hydrogène produit est utilisé pour alimenter le réseau de cinq stations hydrogène installé et opéré par le Copenhagen Hydrogen Network (CHN), filiale d'Air Liquide au Danemark.

En réponse à la problématique insulaire, Hydrogène de France (HDF) et la SARA (Société Anonyme de Raffinerie des Antilles) ont mis en place un partenariat en vue d'une nouvelle démarche d'autonomie énergétique et de développement durable des Antilles : le projet "Hydrogène de Martinique." Celui-ci consiste en l'installation, au sein de la SARA, d'une pile à combustible.

Hydrogène de France revendique le statut de leader européen de l'intégration de piles à combustible de forte puissance. La société se positionne sur le marché de la production d'électricité à la demande et du stockage d'énergie, ainsi que sur celui des flottes de véhicules électriques équipées de piles à combustible. Hydrogène de France compte recruter une trentaine de personnes en Gironde dans les prochains mois.

La SARA, qui assure depuis 1969 l'indépendance énergétique des Antilles et de la Guyane, investit dans le développement durable avec l'acquisition de cette pile, dont l'installation et la maintenance seront assurées par HDF, en partenariat avec la SARA : la filtration et le changement des stacks (cœur de la pile) seront à prévoir prochainement.

Cette opération vient pour cette dernière société après le projet Cleargen, qui a consisté à installer sur un site industriel une pile à combustible de même puissance (1 mégawatt) que celle de la SARA.

Ce nouveau partenariat s'inscrit dans le temps pour développer un stockage d'énergie et de la production d'électricité à la demande. Cette pile à combustible a été fabriquée par la société belge Solvay, groupe belge leader de la chimie mondiale. Le projet "Hydrogène de Martinique" est le premier investissement de la SARA dans une production d'électricité zéro émission et permet la valorisation de l'hydrogène déjà présent dans la société, mais non-exploité jusqu'à ce jour, et qui fera désormais fonctionner la pile.

Le projet "Hydrogène De Martinique" est une première pierre à l'édifice du développement durable en Martinique dans la mesure où les piles à combustibles ne rejettent que de l'eau quand elles produisent de l'électricité. Elles permettront demain de participer au stockage des énergies renouvelables intermittentes et à l'autonomie énergétique du territoire.



C'est donc un mode de production d'électricité verte, qui ne génère ni de pollution ni d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Mais ce qui est d'autant plus intéressant, c'est qu'il est possible d'utiliser ces piles à hydrogène, dans le but de stocker l'électricité produite par des sources d'énergies renouvelables qui ont cette particularité d'être intermittentes et donc contribuer à favoriser l'indépendance énergétique de l'île.

Il est possible que le double avantage de cette technologie séduise d'autres industries souhaitant valoriser l'hydrogène qu'elles produisent, pour le mettre à profit de la transition énergétique au travers des solutions qu'elle peut constituer.

Il semble aujourd'hui difficilement imaginable d'avoir un transfert du GNL vers l'hydrogène. Il est difficile d'imaginer la transformation d'un navire fonctionnant au GNL (avec un moteur à combustion) vers une solution hydrogène (nécessitant une pile à combustible). En effet, les piles à combustible les plus puissantes génèrent 1 MW.

Un premier navire transporteur d'hydrogène vient d'être mis à l'eau au Japon avec une capacité de 1500 m<sup>3</sup>.

Il peut être reproché à la solution embarquée GNL de prendre trop de place (solution deux fois plus volumineuse que les autres carburants), mais à titre comparatif l'hydrogène prend quatre fois plus de place que le GNL. Son usage reste expérimental.

*Energy Observer* illustre le cercle énergétique vertueux de demain

*Energy Observer*, mis à l'eau en 2017, est le premier navire hydrogène visant l'autonomie énergétique, sans émission de gaz à effet de serre ni particules fines. Cet ancien bateau de course a été reconditionné en navire à propulsion électrique fonctionnant grâce à un *mix* d'énergies renouvelables (solaire, éolien, hydrolien) et un système de production d'hydrogène décarboné à partir de l'eau de mer (deux formes de stockage sont utilisées : les batteries et l'hydrogène). Il vise à démontrer l'efficacité d'une chaîne de production énergétique complète, reproductible à terre à terme. *L'Energy Observer* est le premier ambassadeur des objectifs de développement durable de l'ONU nommé par le ministère de la transition énergétique et solidaire.

Le navire réalise actuellement son *Odyssée* autour du monde, pour découvrir des solutions innovantes pour l'environnement, sur une durée de 6 ans, s'arrêtant dans 50 pays et sur 101 escales.

En fonction de la puissance requise seule la technologie de la pile à combustible (hydrogène) est envisageable pour le transport maritime. Cette technique prometteuse est encore à l'état de prototype pour sa motorisation, mais pose la question de l'approvisionnement en hydrogène. Ce gaz obtenu aujourd'hui à l'échelle industrielle par la fracturation des molécules de méthane et reste de ce fait peu efficace sur le plan énergétique et se heurte à un coût de transport très élevé. Parmi les challengers de cette technique on peut mentionner l'armateur norvégien de *Viking Cruises* et le japonais *Kawasaki Heavy Industry* qui a annoncé à l'horizon 2030 un bateau de grande taille utilisant une pile à combustible.

Donnons-nous un autre point de repère : si demain un pays comme la France souhaitait remplacer les produits pétroliers par de l'hydrogène, il faudrait générer plus de 500 Twh d'électricité pour pouvoir le produire, ce qui correspond à la production nationale : Il faudrait dans cette hypothèse doubler notre capacité de production !

Il faudrait construire une dizaine de Réacteurs Européens à Eau Pressurisée (E.P.R.), des centaines de km<sup>2</sup> de champs d'éoliennes pour produire l'électricité avec la solution hydrolyse. Il faudra nécessairement continuer de faire évoluer les technologies. En ce sens, les capacités d'investissement renvoient l'avènement de l'hydrogène dans le maritime à l'horizon 2050.

L'hydrogène n'est pas prêt aujourd'hui pour le transport maritime.

La solution hydrogène sera néanmoins incontournable à long terme.



### 13.4 L'alternative gazole marin au GNL carburant marin

Depuis près d'un siècle, les technologies concernant la propulsion marine ont, de fait, peu changé. Des améliorations techniques sont intervenues mais ne remettent pas foncièrement en question le modèle technologique sous-jacent. Il est lié à la combustion des pieds de colonne de raffinage qui ne trouvent pas d'autres débouchés. Avoir recours au fuel lourd pour faire avancer les navires, c'est aussi rendre service à l'industrie pétrolière qui ne saurait quoi faire de ces encombrants sous-produits. Aussi, la croissance du recours aux dérivés des hydrocarbures a fourni une énergie abondante et bon marché à un transport maritime en expansion rapide, tiré par la mondialisation des échanges.

Sans modification de la motorisation, un raffinage plus poussé du pétrole permet d'obtenir des produits moins polluants par voie de désulfuration lors du raffinage. Il s'agit de carburants distillés (toujours issus du pétrole) type gazole marin ou autres carburants à basse teneur en soufre (HFO désulfuré ou ULSHFO - *Ultra Low Sulfure Heavy Fuel Oil*). Ces carburants sont bien sûr plus coûteux que le fioul lourd.

Ceux-ci se classent en plusieurs catégories, elles-même réparties en fonction de certaines caractéristiques physiques et chimiques :

- le HFO (Heavy Fuel Oil) : c'est le résidu de distillation du pétrole brut, notamment. Il est également dénommé MFO (Marine fioul) ou Bunker C aux USA. Son usage diminue sauf sur les grands navires, dans des usines ou des centrales électriques. Il est en effet très polluant (teneur en soufre de l'ordre de 5%).
- l' IFO (Intermediate Fuel Oil) : mélange de HFO et de gazole ;
- le MDO (Marine Diesel Oil) : mélange de HFO en faible quantité et de gazole (ce dernier en proportion un peu plus élevée que dans l'IFO) ;
- le MGO (Marine Gas Oil) : gazole équivalent du fuel n°2 ou « Bunker A » (100% « distillate ») utilisable notamment aussi par les véhicules routiers. Le MGO a une faible teneur en soufre et peut satisfaire la norme de « 0,1% ». L'utilisation de MGO nécessite peu d'investissement pour adapter les navires existants, mais entraînera des coûts de fonctionnement croissants, auxquels certaines lignes ou certains armements maritimes ne pourront pas répondre.

Ces carburants se différencient par leurs caractéristiques et rendement.

#### KEY TAKE AWAYS

ENERGY SOURCE FUEL	HFO + SCRUBBER	FOSSIL (WITHOUT CCS)				BIO HVO (Advanced biodiesel)	AMMONIA	RENEWABLE (3) HYDROGEN	FULLY ELECTRIC
		LOW SULPHUR FUELS	LNG	METHANOL	LPG				
<b>Highest priority parameters</b>									
Energy density	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Technological maturity	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Local emissions	●	●	●	●	●	●	●	●	●
GHG emissions	●	●	● <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●
Energy cost	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(4)</sup>
Capital cost	Converter	●	●	●	●	●	●	●	●
	Storage	●	●	●	●	●	●	●	●
Bunkering availability	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Commercial readiness <sup>(1)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(5)</sup>
<b>Other parameters</b>									
Flammability	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Toxicity	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regulations and guidelines	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Global production capacity and locations	●	●	●	●	●	●	●	●	●

(1) Taking into account maturity and availability of technology and fuel, (2) GHG benefits for LNG, methanol and LPG will increase proportionally with the fraction of corresponding bio or synthetic energy carrier used as drop-in fuel. (3) Results for ammonia, hydrogen and fully-electric shown only for renewable energy sources since this represents long term solutions with the potential for decarbonizing shipping. Production from fossil energy sources without CCS (mainly the case today) will have a significant effect on results. (4) Large regional variations, (5) Needs to be evaluated case-by-case. Not applicable for deep-sea shipping.



Tableau 9 : Tableau de comparaison des carburants marins

Le pouvoir énergétique du gaz naturel est plus faible qu'une quantité équivalente de fuel marin (de l'ordre de 30 %) et assure donc moins de puissance et de reprise pour les moteurs qui en sont dotés, même si des progrès constants ont été enregistrés. Le stockage du GNL combustible occupe de ce fait une place plus importante dans le navire pour une autonomie donnée, entraînant une perte commerciale par réduction du volume d'emport.

Utilisé comme carburant, le GNL est environ deux fois plus léger que le gazole ou le fioul lourd. Une tonne de GNL est toutefois 12% plus énergétique qu'une tonne de HFO ou de MGO mais occupe deux fois plus de volume.

Compte tenu du caractère nécessairement cryogénique des réservoirs de GNL, le volume de l'isolation et la spécificité des réservoirs, notamment quant à leur positionnement, conduisent à réserver un espace 2,5 à 3 fois plus important pour le GNL que pour les carburants classiques.



## 14. Acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale de la solution GNL carburant marin est stratégiquement liée à la problématique environnementale.

Le transport maritime est à l'origine de plus de 900.000 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> rejetées dans l'atmosphère dont plus de 60 % proviennent de trois catégories de navires : les porte-conteneurs, les vraquiers et les pétroliers.

En fonction de la croissance attendue des échanges internationaux, la part du secteur maritime pourrait augmenter selon un facteur de 2,5 d'ici 2050 et, sans amélioration des techniques employées, représenter alors 14 % des émissions mondiales, soit une multiplication par six par rapport à la situation actuelle !

La question de la pollution se pose avec plus d'acuité pour les polluants locaux (suies et particules), notamment dans les ports où les navires sont amenés à exécuter des manœuvres, ou à faire tourner leurs moteurs au ralenti pour alimenter les générateurs électriques de bord alors que les navires sont à quai. En sous-régime, les moteurs assurent une bien moins bonne combustion et accroissent les rejets de polluants dans l'atmosphère que les vents du large viennent rabattre vers les zones habitées des métropoles portuaires. Des mesures plus précises de la pollution dans les quartiers proches sont alarmants et conduisent les autorités portuaires à prendre des dispositions plus contraignantes. Le groupement d'ONG européennes «Transport & Environnement » publiait une étude relative à la pollution due aux paquebots de croisière. Cette étude conclue que cinq ports français sont parmi les cinquante ports européens les plus pollués par les oxydes de soufre, avec 162 escales de croisière et près de 6 000 tonnes d'oxydes de soufre émises au total en 2017.

L'impact de la pollution aérienne créée par les émissions des moteurs des navires à proximité des côtes et dans les ports, mais aussi en mer, se pose avec une acuité particulière en Méditerranée. Un projet de création d'une zone à faible émission de soufre (SECA) et d'oxyde d'azote (NECA) sur l'Ouest de la Méditerranée, sur le modèle du nord de l'Europe, est en voie de négociation dans le cadre de l'OMI<sup>26</sup>. Pour les ports, la marge de manœuvre est étroite. Du fait de l'engagement des armateurs dans la transition écologique (commande de navires au GNL par CMA-CGM et MSC et livraison dès 2020 ; branchements électriques à quai des ferries pour la Méridionale et bientôt Corsica Linea à Marseille sur les lignes vers la Corse...), les ports sont tenus d'investir lourdement dans des infrastructures et superstructures adaptées (réseaux électriques, organisation du soutage en GNL). Toutefois, à court terme, ils ne peuvent renoncer à accueillir des navires anciens qui utilisent encore très majoritairement le fioul lourd. A ceci s'ajoute l'importance prise par l'activité de la croisière, qui génère une forte valeur ajoutée et constitue une source intéressante de diversification, mais dont les impacts négatifs suscitent un rejet croissant par la population. L'attractivité et la compétitivité des ports méditerranéens supposent qu'ils prennent une part active dans l'atténuation de ces nuisances. Enfin, leur proximité géographique avec les plateformes industrielles spécialisées leur offre des potentiels de développement de solutions de transition énergétique, y compris dans la production d'énergie renouvelable en mer.

Les espaces urbano-portuaires sont devenus des sites touristiques et souvent la politique de la ville est orientée à partir du port. En effet, de nouveaux équipements culturels, sportifs ont pu voir le jour autour des ports. On peut notamment le constater à Marseille avec l'aménagement de nouveaux espaces près du port, l'ouverture récente des Terrasses du Port ou encore la réhabilitation des docks de la Joliette.

<sup>26</sup> Réunis à Naples, dans le cadre de la conférence des parties de la Convention de Barcelone, les États méditerranéens ont affirmé « l'ambition commune de saisir l'OMI en 2022 pour limiter à 0,1% la teneur en soufre autorisée dans les carburants des navires en méditerranée.



En outre, des espaces de promenades sont également aménagés le long du port ainsi que des logements avec vue sur la mer pour répondre à une forte demande de la population créant ainsi un véritable espace urbain dans lequel le port est ancré.

Donc le port fait désormais parti intégrante des projets urbains des villes qui se modernisent souvent autour de celui-ci. Ainsi, ces ports modernisés et intégrés dans l'espace urbain deviennent des sites touristiques et peuvent donc également attirer de nouveaux trafics notamment les croisières.

Dans la continuité du concept de ville port, les villes portuaires ont également pris en compte les problématiques environnementales.

Aujourd'hui, les questions environnementales font partis des projets stratégiques des ports. L'argument d'un port respectueux de l'environnement est également devenu un outil marketing. En effet, chaque année, la revue Asia Cargo News fait élire par ses lecteurs le «Best Green Seaport ».

Le registre de communication ainsi que la nature des messages sont un enjeu majeur. Les positions tenues par des ONG très activistes comme « Transport et environnement » alimentent le grand public d'informations et de chiffres erronés qui induisent des positions de rejet des solutions alternatives qui, fussent-elles insuffisantes, n'en sont pas moins nécessaires.

Il y a une problématique d'acceptation sociale.

La Problématique des nuisances sonores est une autre composante à prendre en considération.

Le projet européen TRIPL0 financé dans le cadre de l'axe 3, a vocation à identifier les niveaux de nuisances sonores consécutives aux activités portuaires. La marine marchande et la marine de plaisance sont de grands « contributeurs » de ces nuisances générées par l'usage à quai de leur motorisation, ce qui alimente la problématique d'acceptabilité sociale.

A l'idée de l'exploitation du GNL, le grand public associe des images particulièrement préjudiciables aux perspectives de développement et d'intégration au sein des territoires : l'idée de la catastrophe<sup>27</sup> industrielle et du risque d'incident de type « Seveso ».

Les risques liés au GNL sont de quatre types :

- le risque lié à la basse température du gaz naturel liquéfié,
- le risque lié au caractère inflammable du gaz naturel,
- le risque lié à l'explosion d'un mélange air-gaz en milieu confiné,
- le risque lié à une vaporisation brutale du GNL au contact de l'eau.

Il faut néanmoins en relativiser le danger.

Le GNL est un gaz incolore et quasiment inodore. Il ne présente en soi aucun danger toxique et peut être respiré sans dommage jusqu'à une concentration de 25% dans l'air.

---

<sup>27</sup> Un terminal méthanier est considéré comme une installation SEVESO Seuil Haut s'il stocke une quantité de GNL supérieure à 200 tonnes. Au stade actuel des études, l'évaluation des distances au- delà desquelles il n'y a pas de risque pour les personnes donne les résultats suivants :

- 460 m autour du poste de déchargement
- 350 m autour des réservoirs
- 190 à 230 m autour des équipements de regazéification



Au-delà c'est le manque d'oxygène et non le méthane lui-même qui est dangereux. Le GNL ne se mélange pas à l'eau, il s'évapore dans l'air, n'induisant pas de risque de pollution marine en cas de collision ou de fuite. Le navire ou la cuve ne peut pas exploser, car le GNL qui reste à l'intérieur du contenant, privé de comburant, en l'occurrence l'oxygène, ne peut s'enflammer.

EFFET INDESIRABLE	DISTANCE D'EFFET	OBSERVATIONS
EFFETS TOXIQUES	Effets très localisés à l'intérieur du terminal	Seul le personnel pourrait y être exposé. Seule la diminution du taux d'oxygène dans l'air est potentiellement dangereuse. Le gaz naturel n'est pas toxique.
EFFETS CRYOGÉNIQUES (brûlures froides)	Au contact direct d'un équipement ou d'une fuite	Seul le personnel pourrait y être exposé.
SURPRESSION (explosion de nuage de gaz)	Distance d'effet faible	Aucune explosion de grande ampleur n'est possible s'il n'y a pas de zones confinées ou encombrées.
SURPRESSION (TRP)	Distance d'effet faible	Pas de risque pour les coques des navires.
RADIATIONS THERMIQUES (feu)	Potentiellement importante	La démarche de maîtrise des risques à la source vise à réduire la probabilité et les distances d'effet de ces phénomènes.

Tableau 10 : Synthèse des effets liés au GNL

Dans une lecture globale, les performances environnementales du gaz lui permettent de réduire rapidement, et dès maintenant, les émissions de CO<sub>2</sub> du secteur électrique quand il remplace le charbon, deux fois plus émetteur.

La flexibilité du gaz permet de pallier l'intermittence du solaire et de l'éolien et facilite le développement des ENR. Le gaz contribue ainsi à un approvisionnement électrique fiable et réduit les coûts d'équilibrage du système électrique grâce à un réseau gazier et des capacités de stockage déjà bien développés. À l'avenir, dans le secteur des transports, le gaz, en remplacement des produits pétroliers, peut contribuer à la mobilité plus propre en réduisant la pollution de l'air et les émissions de CO<sub>2</sub> des transports terrestres et maritimes. Dans le secteur du chauffage, si le gaz naturel ne peut décarboner le secteur, la performance des équipements modernes au gaz contribue à une réduction significative des émissions.

Rappelons qui plus est ce qui est important pour l'entretien des navires : il est non corrosif, assurant un cycle de vie plus long pour les éléments du moteur. A cela s'ajoute à une combustion qui engendre moins de vibrations, avec un effet direct sur la réduction de la pollution sonore, aérienne et sous-marine que l'on a tendance à négliger mais qui n'est pas sans avoir un impact négatif sur la faune océanique. Ses détracteurs soulignent que l'adoption massive d'une propulsion au GNL, bien que plus propre, risque de retarder d'autant la rupture technologique attendue avec l'hydrogène et l'électrification. Les prix plus bas et l'investissement nécessaire que suppose le GNL seront causes d'un détournement partiel d'autres solutions, de leur point de vue, plus prometteuses,

#### La situation du GPMM

Comme tous les grands ports, Marseille est également confronté aux enjeux de l'acceptabilité sociale de la population de son territoire d'assise. Malgré l'impact très positif de l'activité portuaire sur l'emploi, les activités liées à la croisière, dans les bassins Est, et à l'industrie, dans les bassins Ouest, suscitent aujourd'hui nombre de protestations en raison de leurs conséquences néfastes sur la qualité de l'air, la cité phocéenne (avec d'autres) étant régulièrement pointée du doigt par les autorités européennes pour le dépassement des seuils admis. Cette situation est prise très au sérieux par le GPMM qui a engagé de multiples projets pour davantage encadrer son activité selon les principes de développement durable (politique de préservation de la biodiversité de ses espaces par la protection et la gestion d'un territoire de près de 2 600 hectares, à travers une couronne agro-environnementale, prime à l'escale pour les compagnies maritimes les plus « vertes » qui agissent en faveur de la réduction des émissions atmosphériques, approche systémique avec les industriels et le territoire dans le cadre de l'économie circulaire, principes du développement du GNL et du branchement électrique à quai pour les ferries, valorisation des fumées industrielles ....).



L'image du « smart and green port » qui est un élément fort de compétitivité est à ce prix mais constitue aussi un argument dans le débat autour de l'acceptabilité par la population locale d'un établissement public qui, par ailleurs, procure directement ou indirectement un emploi à plus de 40 000 personnes du bassin d'activité.

Il convient de réfléchir à l'opportunité de la création d'une instance de dialogue entre les riverains et les autorités portuaires. L'idée est d'envisager dans chaque grand port maritime des commissions consultatives de l'environnement pour mettre en place un dialogue entre les habitants des villes portuaires et les autorités des ports concernant les problématiques environnementales et sanitaires relatives au transport maritime.

Ainsi, à Marseille, la population dénonce la charte Ville-Port, convention passée entre la ville de Marseille et le grand port maritime, élaborée sans concertation et dont le pilotage se fait sans associer les riverains du port. La demande est forte de pouvoir disposer d'une instance pour exprimer des inquiétudes aux autorités portuaires et obtenir des réponses, sous la forme d'une commission consultative comme il en existe dans les aéroports.

Cette étude souligne la nécessité d'élaborer une politique de communication sur l'emploi du GNL par les navires.

Les installations de GNL sont exploitées avec un haut niveau d'exigences de sécurité et les acteurs de la filière rappellent constamment la dimension sécuritaire de l'usage du GNL en référence aux règles de sécurité et à la vigilance de tous à les appliquer.

Quoi qu'il en soit, il s'avère que le GNL est insuffisamment ou incorrectement connu du public, et parfois des autorités locales ou régionales. Alors que la littérature sur le GNL est abondante en langue anglaise, avec des documents de qualité, en grande partie du fait de l'utilisation du GNL aux États-Unis, il s'avère que la documentation pour le public en langue française ou italienne demeure restreinte. Le sujet est peut-être un peu plus difficile en France du fait de la faiblesse de la documentation.

Plusieurs aspects sont à prendre en considération avant de définir une politique de communication. Tout d'abord, il doit y avoir d'une part une communication pour les autorités locales et régionales qui ont à s'impliquer dans les projets, d'autre part une communication pour le public, adaptée tant aux populations des sites d'approvisionnement en GNL qu'à la clientèle des navires qui utiliseront le GNL. Pour ce dernier cas, la communication doit être faite en plusieurs langues, au moins le français, l'italien, et l'anglais.

Il convient maintenant d'avoir une communication pour un marché de distribution du GNL à petite échelle pour des opérateurs maritimes, fluviaux et routiers, et pour un grand nombre de sites. Il faut déterminer ce qui relève de la communication propre à chaque porteur de projet, et la communication générale, ou encore pour chaque institution ou organisation professionnelle.

Les actions de communication doivent répondre à des objectifs à court terme et d'autres à moyen ou long terme.

Enfin, des budgets dédiés aux enjeux de communication doivent être établis par les parties prenantes.



## 15. Electrification à quai

La directive 2014/94/UE exige que « les États membres veillent à ce que la nécessité d'installer dans les ports maritimes et intérieurs une alimentation électrique à quai pour les bateaux de navigation intérieure et les navires de mer fasse l'objet d'une évaluation dans leurs cadres d'action nationaux. Cette alimentation électrique à quai est installée en priorité dans les ports du réseau central du RTE-T, et dans d'autres ports, au plus tard le 31 décembre 2025, à moins qu'il n'y ait pas de demande et que les coûts soient disproportionnés par rapport aux avantages, y compris les avantages pour l'environnement. »

L'électricité à quai vise à réduire la pollution des zones côtières émise par les moteurs auxiliaires des navires et bateaux en escale. Un navire roulier ne se connectant pas au réseau électrique terrestre émet au cours de son escale environ 25 tonnes de dioxyde de carbone, 520 kg de Nox et 22kg de particules.

Elle permet de répondre aux besoins énergétiques des navires et des bateaux (chauffage, éclairage, réfrigération, manutention, pompes de ballastage...) en leur proposant un branchement au réseau électrique terrestre. La question de la qualité de l'air dans les ports, souvent situés à proximité de zones urbanisées, est un enjeu de santé publique majeur. En sus de l'amélioration de la qualité de l'air, l'électricité à quai permet de supprimer les nuisances sonores et les vibrations provoquées par les moteurs auxiliaires.

Le branchement à quai des ferries permet de réduire voire de supprimer les émissions polluantes et nuisances sonores le temps de l'escale. Le navire est raccordé au réseau électrique portuaire, voire alimenté par un groupe électrogène fonctionnant au GNL, de sorte qu'il ne pollue pas le temps de l'escale et réduit sa consommation de carburant de façon significative. Cette solution suppose cependant l'installation à quai d'une borne pouvant délivrer une forte puissance électrique (1,5 Mégawatt en moyenne), ou bien d'un groupe électrogène capable de produire cette puissance, de même que l'adaptation du navire.

Les navires de croisières sont très énergivores à quai, leurs besoins énergétiques très élevés impliquent des puissances très importantes - entre 10 et 20 MW par navire- qui représentent la capacité électrique de l'ordre de celle actuellement consommée par un port de commerce. L'appel de puissance supplémentaire lié au courant à quai pourra donc nécessiter, pour certains ports, des investissements d'infrastructure supplémentaires très importants. En sus des travaux et des infrastructures supplémentaires nécessaires, les navires de croisière nécessitent des équipements électriques spécifiques supplémentaires (convertisseurs de fréquence) car souvent, ces navires – construits et en service à l'international - respectent les normes électriques les plus globales et fonctionnent donc avec une fréquence de bord différente de celle du réseau électrique européen<sup>28</sup>. Ce problème freine l'adaptation des navires aux nouveaux réseaux, bien que des tentatives d'harmonisation soient en cours.

À Marseille, deux compagnies maritimes proposant des trajets vers la Corse se sont équipées : la Méridionale et Corsica Linea. La première a testé en Corse le groupe électrogène (une citerne de 20000 litres de GNL permet d'alimenter un navire à quai pendant 34 heures), faute de réseau électrique suffisamment puissant.

Le GPM de Marseille est le premier port français à proposer un branchement à quai destiné à des navires de commerce. Une opération d'investissement de l'ordre de 20 millions d'euros a été actée en juin 2019 pour la réalisation d'installations électriques qui permettront une offre 100 % électrique d'ici 2025 sur les quais ferries internationaux, pour la réparation navale (d'ici 2022) et sur les quais de croisière entre 2022 et 2025.

<sup>28</sup> De plus en plus de navires en service à l'international utilisent une fréquence de 60 Hz alors que le réseau électrique européen est en 50Hz.



Les solutions « agiles » qui sont en l'occurrence des solutions mobiles (transportables et réversibles) ont néanmoins des coûts d'exploitation qui ont un impact fort sur le prix du mégawatt. L'expérimentation sur la Corse a aboutie à des prix avoisinant 100 euros du mégawatt. Une lecture simplifiée de la chaîne de valeur dans l'expérimentation de la compagnie « La Méridionale » met en évidence en grandes masses les indications suivantes:

- Montant gaz : 0,5 K€,
- Matériel cryogénique : 200 K€,
- Groupe électrogène : 2200 K€.

Nous voyons dans cet exemple que la réponse à la rationalisation des coûts budgétaires ne se situe pas chez les gaziers ou les fournisseurs de matériel cryogénique, mais bien du côté des fournisseurs de matériel électrique. Le savoir-faire est du côté de ces fournisseurs, comme chez AGGRECO dans notre exemple.

Les armateurs attendent l'annonce d'un prix cible du kWh pour accepter plus facilement le raccordement au réseau.

La ligne directrice de la démarche est de savoir comment des solutions mobiles de production d'électricité peuvent contribuer à déployer ce plan sur tous les ports de la façade méditerranéenne, de manière fiable et économique. Le GNL dispense d'un haut niveau d'investissement, des solutions peuvent être projetées dans des endroits où il sera plus difficile d'implanter les autres technologies.

Cependant, la mise en place de services d'alimentation électrique à quai ne relève pas d'une obligation et est en concurrence avec d'autres solutions technologiques (GNL, épurateurs de fumées...) qui permettent aux navires et aux bateaux de respecter les normes internationales et européennes en vigueur. Par ailleurs, pour les navires et les ports maritimes, l'absence de normalisation à un niveau international des systèmes de branchement à quai a longtemps été un frein au lancement de projets de ce type<sup>29</sup> de même de même que les investissements requis pour la mise en place des équipements (à bord et à terre) qui s'élèvent à plusieurs millions d'euros avec un intérêt économique faible, voire inexistant selon les cours du prix du carburant marin.

La demande actuelle en électricité à quai est donc faible avec une forte incertitude sur le potentiel du marché. Ainsi actuellement, un seul port maritime français (Marseille-Fos) offre un branchement électrique délivrant une forte puissance (supérieure à 1MVA), destinée à des navires de commerce en escale. En effet, depuis 2016, trois navires RoPax (véhicules et passagers), qui opèrent entre Marseille et la Corse, ont été adaptés pour pouvoir utiliser le courant électrique fourni par le port qui a réalisé les investissements sur ses installations électriques pour fournir la puissance et le voltage requis par ces navires.

Ces bornes d'alimentation électrique à quai sont exploitées, pour le compte du port, soit directement par lui en régie, soit par la société privée exploitant le terminal sur lequel elles sont installées (souvent des armateurs). Elles sont reliées au réseau électrique du port ou de l'entreprise, lui-même raccordé au réseau public d'électricité.

Le principal frein au déploiement de ces bornes aujourd'hui est justement relatif aux frais de raccordement assumés par les propriétaires de ces réseaux électriques locaux. En effet, le branchement d'un navire nécessite une augmentation considérable de la puissance électrique, que facture au détenteur du réseau local l'entreprise exploitant le réseau public d'électricité (Enedis).

<sup>29</sup> La norme IEC/ISO/IEEE 80005-1 définit les spécifications techniques de l'alimentation électrique à quai des navires.



## 16. Description des acteurs clés de la filière GNL en Méditerranée, dans la zone de coopération franco-italienne.

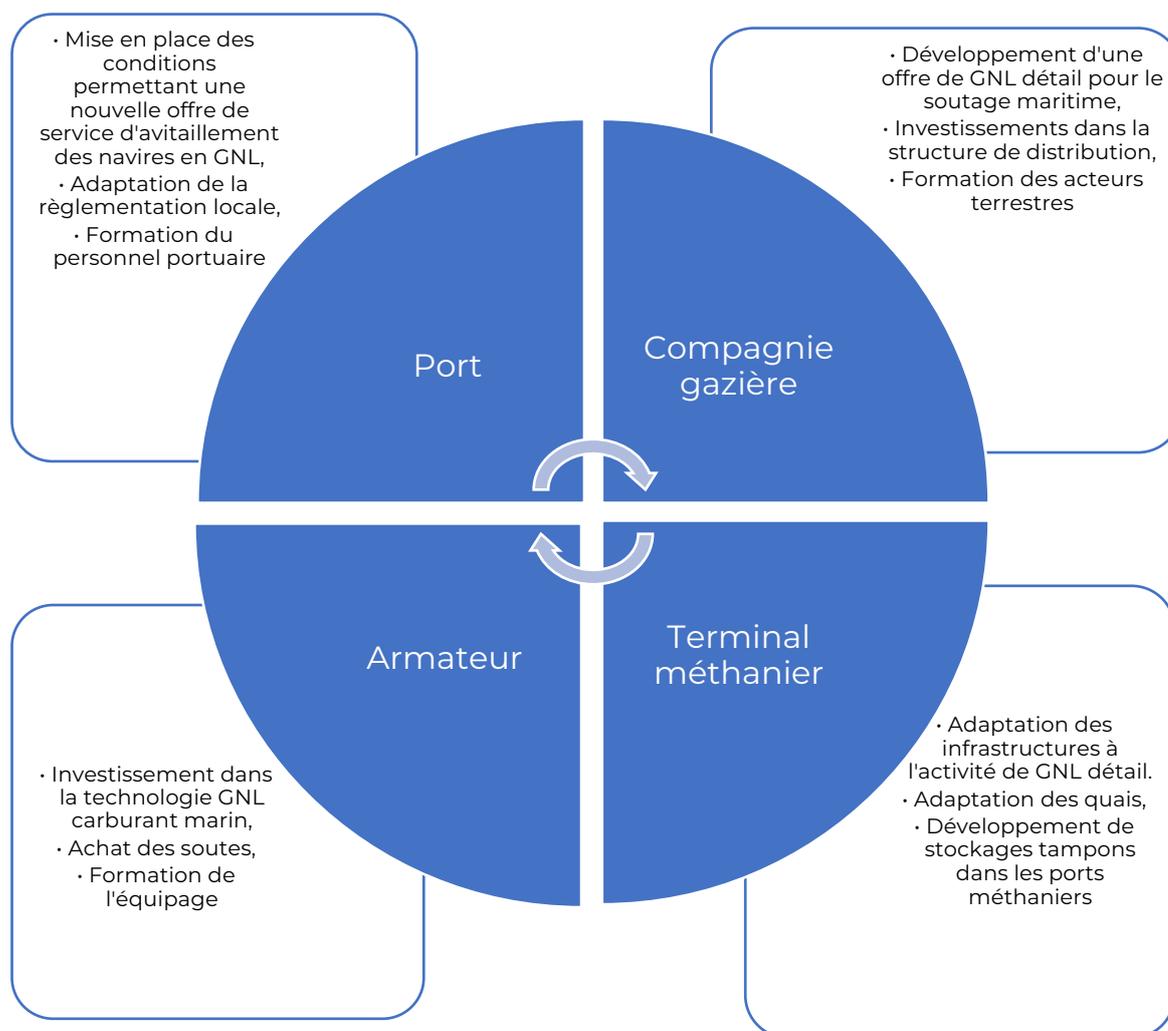
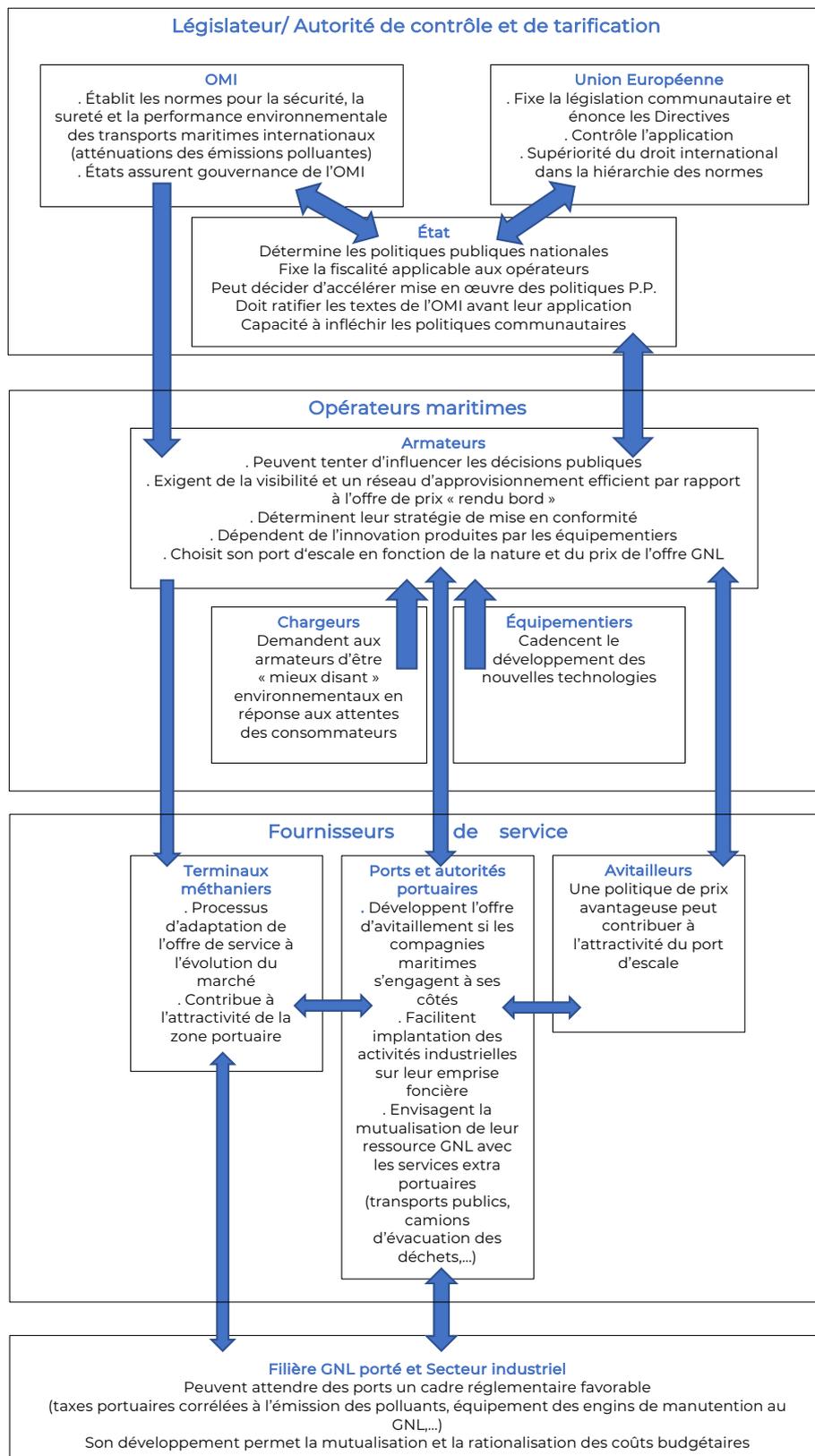


Tableau 11 : Rôle des acteurs dans la filière GNL

## 17. Interactions entre les acteurs de la filière



Indicateurs	Typologie d'acteur
Entités	État
Rôles et responsabilités	Détermine les politiques publiques impulsant les choix et l'usage du GNL, détermine le cadre légal et réglementaire de son exploitation. Contribuent à la gouvernance de l'OMI (170 États membres).
Domaine et niveau d'influence	Les instances politiques internationales et nationales, en fixant des normes de pollution plus sévères et en soutenant les expérimentations ou subventionnant les installations, ont induit l'adhésion des opérateurs. L'État détermine la politique fiscale et sa dimension incitative (amortissement des investissements, fiscalité sur les carburants). Positionnement de l'État dépend de son intérêt singulier, de la structure de son industrie maritime et de sa conception des notions de sécurité ou d'environnement.
Bornes géographiques théoriques et pratiques de leur périmètre d'action et d'influence	Les émissions qui sont issues du transport maritime international sont exclues des conventions internationales relatives aux questions climatiques ou la qualité de l'air : le caractère international du secteur maritime complique l'attribution précise à chaque État de sa part des émissions. Il existe des confrontations et des tensions importantes entre les États par rapport à la vision du problème des émissions sur fond d'intérêts économiques, environnementaux et politiques. L'internationalité du secteur restreint la capacité des États à agir sur le transport maritime. Doivent combiner triple facette d'État du pavillon, d'État du port et d'État côtier.
Indicateurs significatifs de leurs activités et de leur influence	Capacité à infléchir les politiques publiques communautaires, leurs orientations, leurs directives. Capacité à faire évoluer les réglementations internationales.
Ressources financières, humaines, structurelles et fonctionnelles	Pas d'investissements directs, mais une politique fiscale facilitatrice. Des engagements et des interventions concrètes, non pas au niveau de la filière, mais plutôt au niveau de son écosystème.
Synergies / conflits politiques et économiques dans lesquels ils apparaissent (acteurs impliqués, domaine, état actuel, horizon de temps)	Les États ont pris le contrôle et la gouvernance des réseaux terrestres et maritimes en raison de l'intérêt économique, de l'intérêt général, d'une mission de service public, au titre de leur souveraineté. A l'échelle européenne, les politiques de réduction des émissions du transport maritime peuvent avoir une influence sur les conditions de concurrence entre les modes de transport.
Par qui et dans quelle mesure ils sont influencés	Armateurs peuvent tenter d'influencer les décisions publiques dans le but de limiter certaines pressions réglementaires ou de profiter d'opportunités réglementaires. Ce type de comportement émerge en effet dès lors qu'un processus réglementaire apparaît et qu'il se révèle menaçant pour une ou des entreprises dont il est susceptible de modifier les conditions d'activités ou de concurrence. Les activités d'influence peuvent revêtir plusieurs formes: actions d'influence directes vis-à-vis des pouvoirs publics ( <i>lobbying</i> ) ; constitution de coalition rassemblant des acteurs aux intérêts communs ; communication politique visant à faire pression sur les pouvoirs publics en médiatisant les enjeux d'une décision publique pour mobiliser en sa faveur l'opinion publique ; activités juridiques visant à contester devant les tribunaux la légalité d'une décision publique ou à retarder son application. Les politiques d'atténuation des émissions polluantes sont élaborées au niveau de l'OMI et de l'UE : Elles s'imposent aux États. Structures de coopération internationale pour l'élaboration de normes universelles en matière de transport maritime. État reste souverain / OMI quant à la ratification des textes et leur application.
Bornes politiques théoriques et pratiques qui les caractérisent	Certains États peuvent décider dans le cadre de leur stratégie d'accélérer le calendrier et d'atteindre plus vite la neutralité carbone : cette disposition est un accélérateur du déploiement de la solution GNL. Les pays qui veulent infléchir les émissions du transport maritime ne disposent pas forcément des flottes les plus importantes ni de la plus grande influence à l'OMI.

Indicateurs	Typologie d'acteur
Entités	Port
Rôles et responsabilités	Fonction de gestion du domaine foncier et des infrastructures portuaire (Landlord function) Fonction de régulateur Fonctions opérationnelles
Domaine et niveau d'influence	A l'échelle mondiale, 115 sites portuaires assurent un service de soutage. Rôle de chef de file et d'animateur de la communauté portuaire, initié de manière proactive des actions dont bénéficient les acteurs de la place portuaire. Une position volontariste est force de mobilisation des compagnies maritimes quant à l'adoption du GNL carburant marin.
Bornes géographiques théoriques et pratiques de leur périmètre d'action et d'influence	Dimension internationale au titre des activités (commerce, tourisme, industrie,...). Concurrence accrue des ports de Méditerranée occidentale. Phénomène de terminalisation : ports constituent un ensemble de terminaux reliés entre eux dans un réseau mondial.
Indicateurs significatifs de leurs activités et de leur influence	Certains ports privilégient des coopérations de zones, avec des ports géographiquement voisins afin de défendre une façade en particulier. On constate ce phénomène principalement en Méditerranée. L'objectif de ces ports est, dans un premier temps, de gagner en visibilité, notamment auprès du marché asiatique, pour ensuite gagner en attractivité. Indicateurs principal est celui de l'élargissement et de la diversification des offres de services.
Ressources financières, humaines, structurelles et fonctionnelles	La demande du secteur portuaire porte cependant moins sur des subventions d'investissement que sur l'adoption de dispositifs permettant aux grands ports maritimes d'accroître leur capacité d'autofinancement : stabilisation de leur régime fiscal, incitation des armateurs à s'approvisionner en GNL dans les ports français, prise en charge intégrale des frais de dragage... Accroître la participation de l'État au financement des investissements portuaires ne semble pas être la piste privilégiée par les acteurs pour ces investissements. Ces derniers préconisent plutôt de donner corps au concept de « port entrepreneur » en permettant aux GPM de financer seuls leurs investissements.
Synergies / conflits politiques et économiques dans lesquels ils apparaissent (acteurs impliqués, domaine, état actuel, horizon de temps)	La mise à disposition d'un nouveau carburant ne peut être effectif que si plusieurs ports entreprennent la démarche avec le soutien actif d'armateurs. Certains ports envisagent la mutualisation de cette ressource GNL avec des services extra-portuaires (transports publics, camions d'évacuation des déchets ménagers etc.) pour en amortir les investissements et atteindre des effets de volumes plus faciles à atteindre pour les grands sites maritimes et, au-delà, de jouer une fonction de redistribution régionale. A côté des industriels du secteur, les autorités portuaires peuvent accompagner le déploiement du GNL en réservant des espaces d'implantation des nouvelles installations, voire en adoptant des réglementations favorables à sa diffusion : taxes portuaires corrélées à l'émission des polluants, équipement des engins de manutention au GNL etc. La complexité de la mise en œuvre des cadres légaux et réglementaires de l'exploitation, dans l'inter relation des acteurs de la filière que sont les autorités portuaires, les armateurs et les opérateurs, est une barrière à l'émergence du GNL.
Par qui et dans quelle mesure ils sont influencés	Le port ne pourra engager les démarches nécessaires à la création d'une offre d'avitaillement en GNL que s'il est certain d'avoir un ou plusieurs armateurs susceptibles d'utiliser ce service. La disponibilité du GNL et son prix contribueront à déterminer le choix des ports d'escale. En 2020, 9 porte-conteneurs de 14 000 EVP propulsés au GNL seront progressivement mis en circulation par CMACGM, soit 18.600 m3 de GNL stockés (2x plus que le fuel lourd). Ce volume permet un aller et retour entre l'Europe et la Chine, ligne sur laquelle ces navires seront exploités à partir de 2020, avec un seul soutage dans les ports nord- européens. Les ports qui ne seront pas en capacité de les avitailler risquent de se voir écartés des services de l'armateur. Les stratégies des firmes internationales contraignent les organisation portuaires.
Bornes politiques théoriques et pratiques qui les caractérisent	Alliances sont encouragées par les États qui souhaitent développer une politique de coopération entre ports au niveau interne mais également par l'Union Européennes qui craint la perte d'attractivité des ports européens.



Indicateurs	Typologie d'acteur
Entités	<b>Armateur</b>
Rôles et responsabilités	Engagent les niveaux d'investissement relatifs au développement et l'évolution de leur flotte ou de son adaptation à l'usage du GNL carburant marin. Fait le choix de sa stratégie de mise en conformité aux politiques publiques. Cherche à s'adapter à la réglementation au meilleur coût.
Domaine et niveau d'influence	Régularité des services avec les avitailleurs permet anticipation de la demande et dimension prospective du développement de leur activité.
Bornes géographiques théoriques et pratiques de leur périmètre d'action et d'influence	Les armateurs peuvent parvenir à convaincre leur gouvernement national du bien-fondé de leurs revendications, mais celui-ci n'a pas la possibilité juridique de modifier la réglementation, en raison de la supériorité du droit international et du droit communautaire sur le droit national dans la hiérarchie des normes. Existence de périmètres géographiques dans la réglementation qui est un facteur de complexité pour les opérations maritimes. Régionalisation des règles applicables. Les innovations jalonnant le processus de réduction des émissions sont réalisées par les concepteurs d'équipements, et non pas par les compagnies maritimes. Cet état de fait induit une dépendance des armateurs à l'égard des équipementiers qui cadencent le développement des nouvelles technologies.
Indicateurs significatifs de leurs activités et de leur influence	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le nombre d'unité en cours d'exploitation, en commande (actuellement 300 navires en commande ou LNG ready sur 60000 unités), en phase de rétrofit,</li> <li>La situation d'exercice d'un monopôle ou d'une position dominante sur le marché,</li> <li>Le volume d'activité (en EVP, px,...),</li> <li>La nature des contrats de fourniture (volume, durée,...)</li> </ul>
Ressources financières, humaines, structurelles et fonctionnelles	État des lieux : 3000 navires sont équipés de scrubbers et peuvent continuer à utiliser le HFO (2000 sont prévues), 700 fonctionnent au gaz dont 500 sont des méthanières ou autres navires gaziers, 250 navires-gaz sont en commande.
Synergies / conflits politiques et économiques dans lesquels ils apparaissent (acteurs impliqués, domaine, état actuel, horizon de temps)	Crainte du côté des armateurs de ne pas pouvoir disposer d'un réseau d'approvisionnement efficace. Au regard des volumes financiers, les armateurs exigent de la visibilité quant à l'offre d'avitaillement et à l'offre de prix « rendu bord », qui doit être compétitif/ aux autres solutions technologiques.
Par qui et dans quelle mesure ils sont influencés	Les politiques de réduction des émissions du transport maritime exercent une contrainte forte sur les armateurs : ils doivent conjuguer les contraintes relatives à la réduction des émissions et les objectifs économiques de recherche de profits et la captation de parts de marché. Désolidarisation du lien entre l'État, le navire et l'armateur induite par le principe de libre immatriculation. Les Chargeurs exercent une pression croissante sur les armateurs quant à leur contribution aux politiques de réduction des émissions : les plus performants, les « mieux disant environnementaux » deviennent plus attractifs, en réponse aux attentes exprimées par les consommateurs à cet égard (Ex : Clean Cargo Group, mis en place par Business for Social Responsibility).
Bornes politiques théoriques et pratiques qui les caractérisent	Il existe des réglementations spécifiques qui doivent néanmoins trouver une cohérence globale pour être applicables aux armateurs. Les armateurs ne peuvent plus organiser et mettre en œuvre leur activité sans transparence sur leur émissions.



Indicateurs	Typologie d'acteur
Entités	Compagnies gazières
Rôles et responsabilités	Fournir 98 % du gaz naturel consommé en France, importé sous forme gazeuse et sous forme liquéfiée (GNL). A l'échelle de l'Europe, les importations atteignent plus de 60 % et devraient dépasser 80 % en 2030.
Domaine et niveau d'influence	Le gaz naturel importé en France est principalement issu de quatre pays : Norvège (38,1%), Russie (12%), Pays-Bas (10,8%), Algérie (9,5%) et Qatar (1,8%). La demande de gaz naturel de l'Europe dépassera 630 milliards de Gm <sup>3</sup> en 2035 selon l'Agence internationale de l'énergie. Avec une production européenne inférieure à 100 Gm <sup>3</sup> , les importations vont fortement progresser. L'Europe s'y prépare en développant ses infrastructures gazières.
Bornes géographiques théoriques et pratiques de leur périmètre d'action et d'influence	Le risque de dépendance de ressources extérieures notamment russes pour l'Europe reste important.  Développement qui se fait au niveau européen et au niveau mondial.
Indicateurs significatifs de leurs activités et de leur influence	De nouvelles capacités d'importations de GNL sont entrées en service en 2010 en France et en Grande Bretagne (25 Gm <sup>3</sup> ) et en 2011 aux Pays-Bas et en Italie (15,8 Gm <sup>3</sup> ).
Ressources financières, humaines, structurelles et fonctionnelles	La France offre la 3 <sup>ème</sup> capacité de réception de gaz naturel liquéfié (GNL) d'Europe avec une capacité de regazéification de 24 Gm <sup>3</sup> /an répartis sur ses façades atlantique et méditerranéenne. Son réseau de transport est le plus long d'Europe. Interconnexions gazières importantes du fait de ses frontières avec cinq pays européens au nord et au sud, y compris via la Suisse avec l'Italie. Sa capacité de stockage est la 3 <sup>ème</sup> d'Europe avec plus de 12 Gm <sup>3</sup> de volume utile. Ces stockages permettent de sécuriser l'approvisionnement en gaz en période de pointe et facilitent les opérations d'arbitrage. Investissement est la composante la plus importante : de 350 000€ pour du truck to ship à 20 M€ pour une barge et 30 à 60 M€ pour un navire.
Synergies / conflits politiques et économiques dans lesquels ils apparaissent (acteurs impliqués, domaine, état actuel, horizon de temps)	A l'exception de la Norvège, qui ne présente pas de risque en termes de sécurité d'approvisionnement, la France n'est pas fortement dépendante d'un pays fournisseur spécifique, contrairement à certains de nos partenaires européens (cf. Allemagne ou pays baltes). États producteurs de pétrole brut à teneur en soufre élevée (le Venezuela, le Mexique et les pays du Golfe Persique) s'opposent à toute mesure de réduction de la teneur en soufre des carburants marins. Cette position est liée à leur volonté de maintenir le transport maritime comme un débouché pour les produits résiduels à haute teneur en soufre, afin de préserver leurs intérêts économiques.
Par qui et dans quelle mesure ils sont influencés	L'accident nucléaire déclenché par le tsunami du 11 mars 2011 au Japon a ravivé les débats sur la sécurité des centrales nucléaires et la diversification des sources d'alimentation en énergie. L'Allemagne a décidé l'arrêt du nucléaire à l'horizon 2022. Les réacteurs les plus anciens ont été arrêtés dès 2011 (7 GW). La Commission Européenne a demandé des tests de résistance pour toutes les centrales nucléaires. Ce contexte favorise une demande additionnelle de gaz en remplacement du nucléaire et en synergie avec le développement des énergies renouvelables. Cette posture va soutenir les investissements dans de nouvelles infrastructures gazières.
Bornes politiques théoriques et pratiques qui les caractérisent	La concurrence est exacerbée au bénéfice des consommateurs. La mise en service de nouveaux gazoducs, le déploiement de nouvelles capacités de réception et de regazéification de GNL, ainsi que le développement des réseaux de transport et des points d'interconnexion entre les pays ouvrent de nouvelles routes au gaz naturel. Sur le plan géoéconomique : le marché du gaz naturel offre plus de stabilité que celui du pétrole (même si une interrelation des prix du gaz et du pétrole existent). Les réserves avérées de gaz naturel semblent aussi plus importantes et mieux distribuées, ce qui limite la volatilité des cours. La volonté de recourir à des énergies plus propres tout en diversifiant les approvisionnements, ont conduit divers pays européens à développer des terminaux méthaniers.



Indicateurs	Typologie d'acteur
Entités	<b>Distributeur et Terminaux méthaniers/ Exemple Elengy</b>
Rôles et responsabilités	Regazéification. Chargement. Distribution GNL porté.
Domaine et niveau d'influence	Elengy est le leader européen des terminaux de gaz naturel liquéfié et le 3 <sup>ème</sup> importateur de GNL dans le monde. Elengy a l'ambition d'être un acteur de référence contribuant au développement du marché du GNL au détail. Un marché en pleine expansion en France et en Europe, qui comprend deux segments de marché : <ul style="list-style-type: none"> <li>Le GNL porté qui permet d'approvisionner les marchés de petite taille ou isolés : industriels, sociétés locales de distribution de gaz, centrales électriques,</li> <li>Le GNL carburant (pour le transport maritime, ou les poids-lourds) qui possède des avantages économiques et environnementaux appréciables par rapport aux carburants pétroliers.</li> </ul>
Bornes géographiques théoriques et pratiques de leur périmètre d'action et d'influence	Plusieurs terminaux de regazéification ont été construits sur les côtes de de l'Italie (terminaux de Panigaglia et de Porto Viro).  En France, 26 000 communes ne sont pas raccordées au réseau de gaz naturel, ce qui contraint les acteurs économiques qui y sont présents à utiliser des énergies fossiles plus fortement émettrices de CO <sub>2</sub> .
Indicateurs significatifs de leurs activités et de leur influence	L'exemple Elengy : Capacité de stockage de GNL : 770 000m <sup>3</sup> Capacité de regazéification : 21,25 milliards de m <sup>3</sup> par an Capacité de chargement de camions citernes : 25000 camion/an (8648 en 2019). 198 déchargements de navires. 7 rechargements de navires./ 168 TWh déchargés./ 261 millions d'€ de CA. Les installations existantes du terminal de Fos Cavaou, exploité par Fosmax LNG, ne permettent pas d'accueillir des navires de volumes inférieurs à 15 000 m <sup>3</sup> , alors que les besoins du marché du GNL à petite échelle identifiés par Fosmax LNG concernent principalement des volumes compris entre 5 000 et 7 500 m <sup>3</sup> .
Ressources financières, humaines, structurelles et fonctionnelles	400 collaborateurs. Capacité de regazéification : plus de 20 milliards de m <sup>3</sup> de gaz naturel par an Quantité d'énergie réceptionnée : plus de 30 % de la consommation française 250 escales de navires réalisées.
Synergies / conflits politiques et économiques dans lesquels ils apparaissent (acteurs impliqués, domaine, état actuel, horizon de temps)	En prévision du développement des nouveaux usages du GNL, Elengy et Fosmax LNG avaient déjà proposé que la Commission de régulation de l'énergie (CRE) introduise un tarif spécifique pour les opérations de déchargement et chargement de micro-méthaniers à l'occasion de la mise à jour du précédent tarif d'utilisation des terminaux méthaniers régulés
Par qui et dans quelle mesure ils sont influencés	Doit s'adapter à l'évolution du marché : Afin d'adapter son terminal aux navires de plus petite taille, Fosmax LNG envisage de réaliser des travaux sur ses installations. Dans un premier temps, des investissements de l'ordre de 3 M€ seront nécessaires. Ils permettront à Fosmax LNG d'accueillir jusqu'à 50 micro-méthaniers de taille comprise entre 5 000 et 20 000 m <sup>3</sup> par an. Les investissements envisagés par Fosmax LNG concernent les bras de transfert, les dispositifs d'amarrage et le moyen d'accès à bord des navires et du terminal. Elle installe une station de chargement de camions citernes (11 opérations par jour en 2018) et modifie l'appointement. Des réflexions sont en cours pour un développement similaire sur le terminal de Fos Tonkin pour répondre aux besoins d'avitaillement des bateaux de croisière. Le site a réalisé le chargement de 3 473 camions citernes en 2018 (en hausse de 85% par rapport à l'année précédente). Un investissement de 6 M€ permettra d'en doubler la capacité..
Bornes politiques théoriques et pratiques qui les caractérisent	Il existe une prime à la taille des terminaux qui avantage les sites de stockage les plus importants.



## Annexe 1

**Les cinq composantes qui font de l'ammoniac une alternative crédible au GNL en tant que carburant marin :**

1. Un système de production maîtrisé,
2. Une grande densité énergétique,
3. Stabilité et faible coût de stockage,
4. Utilisations multiples comme carburant (moteur, turbine, pile à combustible),
5. Pour le producteur, indépendance du réseau de distribution.

**Les limites : Acceptabilité sociale, perception du risque, production.**

L'ammoniac est perçu comme un composé dangereux. Il ne faut pas le respirer, il peut être mortel à forte dose, même s'il est très odorant donc facilement détectable, contrairement à l'hydrogène. Il peut y avoir un danger s'il y a une fuite d'un réservoir d'ammoniac comprimé dans un endroit confiné.

La triste actualité de la ville de Beyrouth ne plaide pas en la faveur de l'usage de ses produits dérivés (nitrate d'ammonium) et il y aura dans la représentation collective l'idée d'un risque majeur à son usage.

Ce composé d'azote et d'hydrogène ne produit pas de CO<sub>2</sub> ni d'oxydes de soufre lorsqu'il est brûlé dans les moteurs diesel mais la production implique à ce jour des sources d'énergie qui restent à verdir.

**Caractéristiques :**

L'ammoniac anhydre (sans eau), de formule NH<sub>3</sub> est un composé chimique fait d'un atome d'azote et de trois atomes d'hydrogène. Il est liquide à -33°C, ou à une pression de moins de 10 bars. Ce sont des niveaux de température et de pressions qui sont beaucoup plus simples à atteindre que ceux du gaz naturel, qui est liquide à -160° et de l'hydrogène (H<sub>2</sub>) qui est liquide à -253°C et que l'on stocke sous une pression variant de 350 à 700 bars.

Sa densité d'énergie en volume est presque le double de celle de l'hydrogène liquide – son principal concurrent en tant que carburant alternatif vert – et il est plus facile à expédier et à distribuer.

L'ammoniac n'est que 2,5 fois plus volumineux que l'essence lorsqu'il est liquide et il est beaucoup plus facile à stocker et à transporter que l'hydrogène. Les réservoirs qui stockent l'hydrogène doivent être très résistants pour résister à la pression, ou très bien isolés contre le froid. L'ammoniac est donc plus maniable que l'hydrogène liquide ou comprimé. Lors de sa combustion, il ne rejette pas de CO<sub>2</sub>, mais peut néanmoins produire de l'oxyde d'azote si la combustion n'est pas maîtrisée.

**Les avis :**

Cédric Philibert, ancien analyste de l'Agence internationale de l'énergie: « *L'ammoniac pourrait bien être une alternative aux carburants fossiles dans le secteur maritime longue distance* »,

Tim Hughes, chercheur en stockage d'énergie chez le géant industriel Siemens à Oxford, au Royaume-Uni: « *À bien des égards, c'est le produit idéal* ». « *Vous pouvez le stocker, l'expédier, le brûler et le transformer en hydrogène et en azote* »,

David Harris, directeur de recherche pour les technologies à faibles émissions de l'Organisation australienne de recherche scientifique et industrielle du Commonwealth (CSIRO) à Pullenvale: « *C'est le pont vers un tout nouveau monde* », « *L'ammoniac est le principal catalyseur de l'exportation des énergies renouvelables* ».



Dorothe Jacobsen, directrice du département de recherche consacré à la réduction des émissions chez MAN Energy Solutions : " C'est le sujet du moment",

Francesco Contino, professeur à la VUB et à l'UCLouvain, et participant au projet FLEXnCONFU : « C'est un élément facile à produire et ce, partout dans le monde, car il suffit de combiner de l'azote et de l'hydrogène »,

Pr Hervé Jeanmart, coordinateur du projet BEST : « En outre, sa densité énergétique est élevée, ce qui signifie qu'il peut stocker beaucoup d'énergie dans un volume donné, et est donc idéal pour l'import/export. L'intérêt environnemental est qu'il n'émet pas de CO2 en brûlant ».

### Les expérimentations :

Une pile à combustible fonctionnant à l'ammoniac sera notamment testée sur le navire ravitailleur de la compagnie Eldesvik Offshore, le Viking Energy d'ici 2023.

MISC, Samsung Heavy industries, Lloyd's Register et MAN s'associent pour développer un projet de navire citerne alimenté à l'ammoniac.

### Synthèse :

L'ammoniac est un carburant sans carbone prometteur, dans le contexte de l'atteinte de l'objectif de l'Organisation maritime internationale de réduire les émissions de GES du transport maritime d'au moins 50 % d'ici 2050. Bien que l'ammoniac soit en ce moment principalement dérivé de sources fossiles, son empreinte environnementale pourrait pratiquement être éliminée à l'avenir s'il était produit à partir d'électricité d'origine renouvelable. L'ammoniac possède un certain nombre de propriétés qui nécessitent un examen plus approfondi : les scientifiques ne disposent pas encore d'une compréhension fine de sa combustion.



## Annexe 2

### Les cinq composantes qui font du méthanol une alternative crédible au GNL en tant que carburant marin :

1. Le méthanol réduit les émissions SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> et de particules,
2. La production est possible par des énergies renouvelables,
3. Faible coût de modification des infrastructures de stockage et de ravitaillement en carburant pour traiter le méthanol,
4. Coût de construction de nouveaux navires et de la conversion de navires existants au méthanol inférieur à d'autres conversions de carburant pour traiter le méthanol,
5. Un des cinq principaux produits chimiques expédiés chaque année dans le monde : grande disponibilité de la matière grâce aux infrastructures de production existantes.

### Les limites : Coûts d'exploitation, risque, distribution.

Le méthanol possède un coût plus élevé que les carburants marins traditionnels. L'utilisation du méthanol dans l'industrie maritime est donc actuellement limitée, son coût reste cher, environ 400 \$/t.

Liquide, il possède une faible température d'auto-inflammabilité (flash point) de 11°C, ce qui ne répond pas aux mesures sécuritaires en vigueur dans le secteur et nécessiterait l'installation de réservoir de stockage embarqués adaptés.

Il est dangereux pour le contact.

L'utilisation plus récente du méthanol comme carburant nécessite une compréhension détaillée des options de livraison à terre et par barge ainsi que de la configuration des réservoirs à bord.

Le stockage de méthanol devrait être disponible dans la plupart des ports en raison de son utilisation dans l'industrie, mais il existe très peu d'endroits de soutage dans le monde.

### Caractéristiques :

Synthétisé à partir du gaz naturel, le méthanol est un liquide incolore, volatil et facilement inflammable, mais stable dans des conditions normales de température et de pression. Il est dit « alcool de bois » car il était autrefois un sous-produit de la distillation du bois.

Il peut également être extrait de matières premières renouvelables telles que les déchets domestiques ou industriels (pâte à papier) ou bien encore avec de la biomasse (résidus forestiers). C'est ce qu'on appelle du bio-méthanol.

Le méthanol est produit par plus de 90 installations dans le monde et est transporté en cuves par navire, barge, chemin de fer, camion et pipeline. Il peut être stocké dans des cuves ordinaires de produits pétroliers, et utilisé de façon plus simple que le GNL comme carburant par les navires

### Les avis :

Douglas Raitt, directeur régional des services de conseil, Lloyd's Register: « *L'industrie maritime évalue de nombreuses options de décarbonisation dans son parcours de faible émission de carbone à zéro net. Le méthanol en fait partie et il offre une voie qui permettra aux propriétaires de réduire progressivement le profil de leurs émissions tout en utilisant les systèmes et la technologie de moteur conventionnels pour atteindre le zéro net. Cette référence technique soutiendra l'industrie avec des conseils clairs et utiles sur les meilleures pratiques.* »



Chris Chatterton, directeur de l'exploitation (COO) du Methanol Institute (MI): «*Le méthanol est de plus en plus considéré comme l'un des carburants candidats à utiliser dans la décarbonisation du transport maritime. Il est déjà utilisé comme carburant marin sur les pétroliers, les vraquiers, les ferries et les bateaux portuaires. Son profil de pollution et d'émissions de gaz à effet de serre plus faible offre aux propriétaires la possibilité de respecter les réglementations IMO 2020 et de se rapprocher de la conformité IMO 2030, tout en acquérant des connaissances précieuses pour atteindre les ambitions de l'OMI 2050.* »

### Les projets :

Le projet « *e4ship-Clean Energy Ships* » lancé en 2009 en Allemagne dans le cadre d'un programme national d'innovation pour l'hydrogène et les piles à combustible, comporte un volet de piles à combustible alimentées en méthanol (*Pax-X-ell module*).

Aux Pays-Bas, le projet *LeanShips* d'un montant avoisinant 23 M€, dont environ 17 M€ de subvention du programme Horizon 2020 est coordonné par Scheepswerf Damen Gorinchen BV. Il comporte une étude de cas sur l'utilisation du méthanol comme carburant. L'objectif est de convertir un moteur diesel afin qu'il puisse fonctionner avec du méthanol et du gazole. Des études sont conduites en Suède, principalement par l'Université Chalmers, sur l'utilisation du méthanol.

L'Allemagne a lancé le projet MethaShip qui a pour objectif l'utilisation du méthanol par des navires à passagers. La société de classification Lloyd's Register (LR) participant aux projets en vue d'une approbation de principe.

### Les expérimentations :

Les premiers navires sont en exploitation depuis 2016 avec des moteurs MAN Dual Fuel.

L'armement suédois Stena Line a adapté en 2014 le RO/Pax suédois Stena Germanica à la propulsion méthanol avec une subvention du programme MIE-T.

Le chantier Meyer Werft coordonne le projet de conception d'un navire de croisière, et le chantier Flensburger coordonne le projet de conception d'un RO/Pax.

Pour ce qui concerne les navires de charge, le programme de l'armement Waterfront Shipping envisage d'investir dans sept navires-citerne de 50 000 TPL équipés de moteurs MAN utilisant le méthanol comme carburant.

Corsica Ferries prévoit de convertir quatre navires pour une propulsion mixte GNL-méthanol à l'horizon 2024 et de recevoir un navire neuf dual-GNL en 2023. Une consultation est en cours des chantiers pour un projet de construction.

### Synthèse :

Le méthanol est le carburant qui est l'un des sujets de discussion et de travaux le plus fréquent au sein de la communauté scientifique. De manière générale, il a été démontré que l'usage de cette solution alternative réduirait les émissions de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> et particules fines de respectivement 99%, 60%, 25% et 95% en comparaison avec du MGO et du HFO.

L'utilisation du méthanol peut être adaptée pour le transport maritime de courte distance, l'offshore, les ferries et les segments de passagers.



## Sources bibliographiques

AFG, ASSOCIATION FRANÇAISE DU GAZ (2016), « *Rôle du GNL carburant marin et fluvial dans la transition énergétique pour la croissance verte, Contribution au cadre d'action national sur le déploiement d'une infrastructure pour carburants alternatifs* » (CANCA), 40 pages., en ligne.

ALIX Y.(2018), « *Prospective maritime et stratégies portuaires* », Collection Océanides, 285 pages.

ANTONY P.-J., BARRERE M., BRISBOIS J. (1980), « *La recherche sur les énergies nouvelles* », Ed. du Seuil La Recherche.

BARRET A. (2018), « *Carburant Marin l'ère du GNL* », *Jeune marine*, n° 244.

BATTIAU M. (2008), « *L'énergie un enjeu pour les sociétés et les territoires* », Ed. Ellipses.

BAUDOUIIN J.C. (2018), Délégué interministériel, « *Propositions pour le renforcement de l'intégration de la gouvernance sur l'Axe Méditerranée Rhône Saône, Rapport à Monsieur le Premier Ministre* », Délégation interministérielle au développement de l'Axe portuaire et logistique Méditerranée- Rhône Saône, 65 pages.

BEALL J. (2017), « *La politique européenne de transport maritime au regard des enjeux de développement durable et des engagements climat* ». Avis du Conseil économique, social et environnemental, Section des affaires européennes et internationales, 110 pages.

BPO (BALTIC PORT ORGANIZATION) (2017), « *The Baltic Sea as a model region for green ports and maritime transport* », Gdansk, 22 pages.

BURDEAU J. (2015), « *Le gaz naturel liquéfié, un carburant maritime* », *Annales des mines – Réalités industrielles*, Nov. 2015, pp. 44 -48.

BURDEAU Julien (2015), « *Le gaz naturel liquéfié, un carburant maritime* ». *Réalités industrielles*, Nov. 2015, pp.43 - 48.

CORNOT GANDOLPHE S.(2018), « *Le gaz dans la transition énergétique européenne : enjeux et opportunités* ». Études de l'IFRI, 90 pages.

Cour des comptes, « *Note d'analyse de l'exécution budgétaire 2018 de la mission Écologie* », mai 2019.

Cour des comptes, « *Le soutien aux énergies renouvelables* », Communication à la commission des finances du Sénat, mars 2018.

DANISH MARITIME AUTHORITY (2012). « *North European GNL Infrastructure Project. A feasibility study for an GNL filling station infrastructure and test of recommendations* », Copenhagen, 234 pages.



DEBRIE (2012), « *Hub Portuaires : les grands opérateurs mondiaux* », FLUX, n°87, Janvier-Mars 2012.

DIRECTION GENERALE DES INFRASTRUCTURES, DES TRANSPORTS, ET DE LA MER (2016), « *Schéma national d'orientation pour le déploiement du gaz naturel liquéfié comme carburant marin* », 46 pages.

DIVE J., « *Rapport d'information à l'Assemblée Nationale, Les freins à la transition énergétique* », Tome 1, 25 juin 2019, 286 pages.

DOUDNIKOFF M., (2015), « *Réduire les émissions du transport maritime : les politiques publiques et leurs impacts sur les stratégies des compagnies maritimes de lignes régulières* », Thèse de doctorat, Université Paris Est, 380 pages.

DURANTHON J.P. (2016), « *L'approvisionnement en gaz naturel de la Corse* », Rapport CGEDD n° 010736-01 - CGE n° 2016/18/CGE/SG, 44 pages.

DURVILLE J.L. (2015), « *Filière hydrogène-énergie, Rapport à Madame la ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie Monsieur le ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique* », N° 2015/07/CGE/SG, 161 pages.

EUROPEAN COMMISSION (2012), « *GNL Masterplan for Rhône-Main-Danube Masterplan for introduction of GNL as fuel and as cargo for inland navigation 2012-EU-18067-S* », Bruxelles, 70 pages.

GEE K. (2017), « *Identifying culturally significant areas for marine spatial planning* » in Ocean & Coastal Management, 136 (2017), pp. 139-147.

GERMAN ENERGY AGENCY (2014), « *GNL in Germany: Liquefied Natural Gas and Renewable Methane in Heavy- Duty Road Transport. What it can deliver and how the policy framework should be geared towards market entry* ». Berlin, 28 pages.

GERMANISCHER LLOYD, (2015), « *Study on Standards and Rules for bunkering of gas-fuelled Ships* », Report EMSA European Maritime Safety Agency, N°2012.005, Version 1.1/2013-02-15, 160 pages.

HONGJUN Fan *et al.* (2018) « *GNL bunkering pontoons on inland waters in China* ». Natural Gas Industry (2018) pp. 148 – 155 (en ligne).

HUSSON J.F. Sénateur (2018), « *RAPPORT D'INFORMATION fait au nom de la commission des finances sur l'enquête de la Cour des comptes sur le soutien aux énergies renouvelables* », enregistré à la Présidence du Sénat le 18 avril 2018, 171 pages.

INERIS, Ministère de la transition écologique et solidaire, Cerema, Citepa et Plan Bleu, « *Étude de faisabilité technique sur la mise en œuvre d'une zone de réduction des émissions des navires (ECA) en Méditerranée* », janvier 2019

Inspection générale des finances et Conseil général de l'environnement et du développement durable, « *La transformation du modèle économique des grands ports maritimes* », novembre 2018.



JOUFFRAY J.F., ERHARDT J.B., ALLAIS V., « *Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant marin. Un défi maritime à relever collectivement* ». CGEDD. Rapport N° 008091-04, Paris, 170 pages.

MAGALOG - Maritime Gas Fuel Logistics (2008), « *Developing GNL as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas* », research program financed by European Commission, December 2008, 89 pages.

MALER P., ERHARDT J.-B. (coord) (2015), « *Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant. Le GNL, composante européenne de la transition énergétique du transport routier de marchandises* ». CGEDD. Rapport n° 008091-03, Paris, 108 pages.

MALER P., ERHARDT J.-B. (coord) (2016), « *Coordination des actions ministérielles pour l'usage du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant. Le transport fluvial, un atout pour le développement de l'utilisation du GNL dans le cadre de la transition énergétique* ». CGEDD. Rapport n° 008091-04, Paris, 58 pages.

MERK OLAF, DIR. (2018), « *Fuelling Maritime Shipping with Liquefied Natural Gas. The Case of Japan* », International Transport Forum, OCDE, Paris, 38 pages.

MERKEL ENERGY (2017), « *Potenzialanalyse: GNL-Infrastruktur an der deutschen Nordseeküste unter Betrachtung besonders geeigneter Standorte, MARIKO GmbH GreenShipping Kompetenzzentrum Niedersachsen* », Oktober 2017, 204 pages.

NIGOUL C. (2014), « *L'Europe et la Méditerranée : le défi énergétique* », Centre international de formation européenne », in *L'Europe en Formation* 2014/1 n° 371, pp. 93-108

ODGEREL BATT, PACK WILLIAM (2019), « *China's Search for Blue Skies. Understanding GNL's Role* », Eprinc, April 2019, 57 pages en ligne.

PÖYRY (2015), « *Preparation Study on General Reform of the Natural Gas Market Act* », A Report to The Ministry of Employment and the Economy, 54 pages.

ROZMARYNOWSKA M. (2010). « *LGN in the Baltic sea region, opportunities for the ports* », Akademia Morska w Gdyni, nr 67, grudzień 2010, pp. 89 -100.

SCHNACK PETRA, KRÜGER MARKUS, Edit. (2015), *In Focus – « GNL as ship fuel*, DNV GL », Hamburg, 52 pages (en ligne).

SERRY A. (2017). « *Development of liquefied natural gas facilities in the Baltic Sea ports: a Geographical Perspective. In Regional Formation and Development Studies* », No. 3 (23), pp 141-151.

Secrétariat général de la mer, « *Dossier de presse : Comité interministériel de la mer 2018* », novembre 2018.

STRÄUSSLER JÖRG. DENCKER FELIX (2008), « *GNL for Lübeck feasibility considerations, within the framework of the project « Magalog* ». WP5 / WP 6b, 20 pages.



Transports & Environnement, *Étude : One Corporation to pollute them all. Luxury cruise air emissions in Europe*, juin 2019.

VASPART M. Sénateur (2020), « *RAPPORT D'INFORMATION, Fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable par la mission d'information relative à la gouvernance et à la performance des ports maritimes* », Tome 1, 165 pages.

WANG SIYUAN, NOTTEBOOM THEO (2015), « *The role of port authorities in the development of GNL bunkering facilities in North European ports* ». *Journal of Maritime Affairs*, April 2015, Volume 14, Issue 1, pp 61–92.

WÄRTSILÄ (2018), « *Developer's Guide to small-scale GNL terminals* », 36 pages.

WILHELMSSEN (2019), « *China: Hunger for Cleaner Energy* ». *Baker Ports News*, 24 April 2019, en ligne.

WOESSNER (2014), « *Les ports de l'Europe et de la Méditerranée* », Paris Sorbonne.





Projet **“PROMO GNL - Études et actions conjointes pour la promotion de l'utilisation du GNL dans les ports de commerce”**

Programme Interreg IT-FR Maritime 2014-2020

***RAPPORT***

*Cadre synoptique des solutions optimales pour l'utilisation du GNL dans les zones portuaire du projet PROMO GNL*

*I.R.E. S.p.A*

*31/12/2019*

## Avant-propos

Cette étude, objectif de la mission, est complémentaire aux autres activités menées par IRE Spa, région de Ligurie et par les autres partenaires du projet PROMO GNL.

Relativement au projet PROMO GNL, ce document est synergique par rapport aux activités déjà entamées pour la définition de la stratégie de diffusion du GNL dans la zone de coopération.

L'étude est également alignée sur les expériences et les activités complémentaires que la région de Ligurie a développées, visant à identifier des stratégies possibles pour soutenir la mise en œuvre du réseau de carburants alternatifs mais aussi à aider les territoires à transformer l'opportunité offerte par le GNL en valeur ajoutée pour réduire les émissions polluantes produites par le secteur des transports dans les territoires concernés par l'intervention.

Le but de ce document est de créer un *Executive Summary* des connaissances communes acquises dans le cadre du projet PROMO-GNL, dans le but de favoriser l'adoption de choix et d'actions adéquats concernant la promotion des utilisations optimales du GNL dans les ports commerciaux.

Le rapport finalise donc l'homogénéisation et la capitalisation des études spécifiques et des bonnes pratiques développées par les différents partenaires impliqués dans le projet PROMO-GNL. Ces documents se réfèrent notamment au contexte du marché du GNL dans le nord-ouest de la Méditerranée et aux points thématiques sur les options d'utilisation du GNL comme carburant pour les opérations ferroviaires dans les zones portuaires et sur les différentes actions qui peuvent être adoptées pour accroître l'efficacité énergétique sur la consommation des utilisateurs du port, offrant un aperçu utile pour les décideurs et les planificateurs territoriaux impliqués dans diverses actions dans le développement du réseau d'infrastructures lié au GNL.

## RÉSUMÉ

1. EXECUTIVE SUMMARY .....	5
2. Le contexte du marché du GNL dans le nord-ouest de la Méditerranée.....	9
2.1 le soutage dans les principaux ports de la zone .....	10
2.1.1 Prix du carburant maritime dans les ports italiens .....	11
2.1.2 Compétitivité du GNL dans le transport maritime .....	13
2.1.3 Evolution de la flotte GNL dans la zone de coopération .....	14
2.2 Synthèse de l'offre dans le contexte territorial de référence.....	17
2.2.1 L'offre réelle de terminaux d'importation avec des services à petite échelle actifs en Méditerranée occidentale .....	17
2.2.2 L'offre potentielle des prochaines installations du bassin ligure-tyrrhénien: ajustements et nouvelles réalisations .....	20
2.2.3 DÉVELOPPEMENTS DANS LA région limitrophe DE COOPÉRATION: POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DU GNL DANS LE VAR .....	24
2.3 CADRE DES MEILLEURES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES DISPONIBLES POUR LE STOCKAGE ET LE SOUTAGE DU GNL .....	29
3. Consommation portuaire, exemples d'optimisation et de réduction des émissions .....	34
3.1 Véhicules équipés de systèmes de propulsion hybrides.....	34
3.1.1 équipement pour la manutention des conteneurs du Terminal Darsena Toscana36	
3.1.2 Consommation d'énergie du Terminal Darsena Toscana .....	37
3.1.3 Grue RTG .....	38
3.1.4 Tracteurs portuaires .....	41
3.1.5 Locomotives de manœuvre .....	42
3.1.6 Locomotive de manoeuvre en électrique bimodale pure.....	45
3.2 Options d'utilisation du GNL pour les opérations ferroviaires dans la zone portuaire	46
3.2.1 Enquête et recherche sur le GNL utilisé dans le secteur ferroviaire.....	48
3.2.2 Examen de l'état de l'art des manœuvres ferroviaires dans les ports du territoire de coopération.....	49
3.2.3 Caractéristiques des locomotives de l'étude de cas .....	52
3.2.4 Analyse de différentes solutions techniques de réaménagement de locomotives .....	53

3.2.5	Impact de l'intervention de réaménagement sur les émissions, les performances, la consommation et les coûts d'exploitation .....	54
3.2.6	Évaluations économiques de l'investissement en réaménagement .....	57
3.2.7	Considérations relatives au réseau de charge.....	58
3.3	Consommation portuaire, exemples d'optimisation et de réduction des émissions. Le cas du port de Livourne.....	59
3.3.1	Vue d'ensemble des actions d'amélioration de l'efficacité énergétique sur la consommation portuaire .....	63

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	: extension géographique de la zone de référence pour le soutage de GNL.....	9
Figure 2	: volumes de soutage maritime en Méditerranée par zone et type de navire.....	10
Figure 3	: évolution des volumes de soutage maritime dans le monde .....	10
Figure 4	: évolution des volumes de soutage maritime dans le monde .....	11
Figure 5	: évolution du prix des carburants marins en Italie .....	12
Figure 6	: évolution du prix des carburants marins dans les ports de la zone de référence (2016-2019).....	12
Figure 7	: évolution du prix au comptant du GNL en Europe (2015-2019) .....	13
Figure 8	: Itinéraires de voyage AIDA Nova.....	16
Figure 9	: itinéraires de voyage du Costa Smeralda .....	16
Figure 10	: Porte-conteneurs CMA CGM propulsé au GNL .....	25
Figure 11	: Navire avitailleur en GNL pour le port de Marseille-Fos.....	25
Figure 12	: Schéma stratégique du ravitaillement GNL pour la Rade de Toulon.....	26
Figure 13	: Structure fonctionnelle des véhicules avec système de propulsion hybride .....	35
Figure 14	: Type d'équipement présent dans le terminal à conteneurs TdT.....	36
Figure 15	: Réduction de la consommation de carburant des RTG dans les différentes configurations simulées.....	40
Figure 16	: Analyses économiques préliminaires des RTG dans les différentes configurations simulées.....	40
Figure 17	: Caractéristiques du tracteur portuaire considéré pour l'étude de cas.....	41
Figure 18	: Exemple de locomotive de manœuvre portuaire - modèle D141.....	43
Figure 19	: Locomotive Fuori Muro rénovée et opérationnelle dans la zone portuaire .....	52
Figure 20	: Résultats de la réduction des émissions de CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> et PM dans l'étude de cas du port de Tarragone.....	55

Figure 21: Contribution à la consommation totale du port pour chaque type de véhicule..... 60

Figure 22: Contribution à la consommation totale du port de Livourne pour chaque type de véhicule ..... 62

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : le terminaux GNL à petite échelle autorisés dans le bassin tyrrhénien..... 23

Tableau 2 : forces et faiblesses des différentes solutions de stockage de GNL ..... 30

Tableau 3 : forces et faiblesses de l'utilisation des camions-citernes et des conteneurs ISO ..... 32

Tableau 4 : forces et faiblesses de l'utilisation de souteurs et barges ..... 33

Tableau 5 : Consommation d'électricité et de carburant du TdT pour l'année civile 2015 .... 38

Tableau 6 : caractéristiques des deux cas examinés pour l'étude de cas sur le tracteur portuaire ..... 41

Tableau 7 : résultats des deux cas examinés pour l'étude de cas sur le tracteur portuaire .. 42

Tableau 8 : caractéristiques du cycle de fonctionnement de la locomotive de manœuvre portuaire ..... 44

Tableau 9 : flux de puissance énergétique pour chaque composant..... 44

Tableau 10 : Électrification du réseau ferroviaire en Ligurie, Toscane et Sardaigne ..... 46

Tableau 11 : tableau des performances de traction diesel vs méthane..... 56

Tableau 12 : évaluation des coûts d'exploitation pour la traction diesel vs méthane ..... 57

Tableau 13 : évaluations économiques de l'investissement de rénovation..... 58

Tableau 14 : consommation portuaire pour les ports de Livourne, Rotterdam et Valence.... 59

Tableau 15 : Consommation d'électricité des opérateurs du port de Livourne ..... 60

Tableau 16 : Caractéristiques et consommation des navires stationnés dans le port de Livourne ..... 62

Tableau 17 : actions possibles pour améliorer l'efficacité des véhicules portuaires afin de réduire les émissions..... 63

Tableau 18 : actions possibles pour améliorer l'efficacité des installations portuaires du port de Livourne ..... 64

## 1. EXECUTIVE SUMMARY

Les perspectives de développement de l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant maritime pour les usages auxiliaires dans les ports, ainsi que pour la logistique dans le nord-ouest de la Méditerranée, dépendent largement des perspectives plus générales de développement du trafic maritime dans l'ensemble du bassin, de l'évolution des prix du GNL par rapport aux carburants concurrents et des politiques environnementales mondiales, des Pays européens et côtiers. En outre, les choix opérés par les transporteurs maritimes et terrestres qui prennent de plus en plus en compte l'évolution de la sensibilité écologique des clients sont significatifs.

Dans un contexte global de forte évolution des systèmes de transport au sein de la soi-disant «transition énergétique», avec les incertitudes qu'elle entraîne, la disponibilité d'infrastructures d'approvisionnement techniquement et temporellement cohérentes avec l'arrivée des bateaux à approvisionner devient essentielle. S'agissant principalement de choix d'investissement privés, il n'est pas facile de faire avancer au même rythme le développement des infrastructures pour l'alimentation des véhicules et la diffusion de ces derniers, notamment sur un continent articulé comme l'Europe.

Sur le plan réglementaire, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a mis en œuvre une stratégie de réduction de l'intensité carbone des navires. L'organisation s'est fixé pour objectif de réduire, par rapport à 2008, au moins 50 % du volume total des émissions des navires d'ici 2050. Les émissions de CO<sub>2</sub> doivent diminuer d'au moins 40 % d'ici 2030 et, si possible, de 70 % d'ici 2050. La teneur maximale en soufre autorisée dans les carburants passera officiellement de 3,5 à 0,5 % au 1er janvier 2020.

Dans cette perspective, l'Union Européenne a adopté la directive 2014/94/UE sur la « construction d'une infrastructure pour les carburants alternatifs » qui poursuit le double objectif de respecter les objectifs communautaires de réduction des émissions générées par les transports et de réduction de la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles traditionnels, à travers la réalisation (avec des délais modulés pour les différents moyens de transport) de réseaux d'approvisionnement et de distribution de carburants alternatifs dont l'électricité, l'hydrogène, les biocarburants, les carburants synthétiques et paraffiniques, et surtout le gaz naturel (dont le biométhane, le gaz naturel comprimé - GNC -, le gaz naturel liquéfié - GNL -, le gaz de pétrole liquéfié - GPL -).

Au niveau national, le Cadre Stratégique National (QSN) sur «l'approvisionnement en gaz naturel pour les transports et autres usages» annexé à la mise en œuvre nationale de la directive 2014/94 (dite DAFI) concernant la construction du réseau de carburants alternatifs a récemment analysé le marché potentiel lié à la fourniture de gaz naturel liquéfié (GNL) pour la navigation maritime et intérieure, pour le transport routier et pour d'autres usages.

Malgré les efforts et les réglementations récentes, des décalages importants sont toujours présents dans le secteur des transports maritimes et terrestres. Néanmoins, l'avantage potentiel du GNL par rapport aux carburants concurrents c'est qu'il peut convenir à une

pluralité d'utilisations pour chaque moyen de transport (navires, camions, trains, véhicules portuaires etc.), augmentant le bassin de demande et l'intégration sur toute la *supply chain*.

Les avantages environnementaux connus du GNL (réduction significative de CO<sub>2</sub>, élimination des particules fines et des oxydes de soufre) ne sont pas affectés par le fait que le CH<sub>4</sub> est un élément fossile ayant un impact temporaire sur le climat, et ils sont aujourd'hui renforcés par l'évolution technologique (bioGNL, méthanisation, mélange avec de l'hydrogène produit à partir de sources renouvelables et soustraction de CO<sub>2</sub> de l'environnement) et par la sensibilité sociale envers l'économie circulaire, le dépassement de la pétrochimie pétrolière, le remplacement du plastique par des produits biodégradables similaires.

La mer Méditerranée, et en particulier la zone allant du Golfe de Suez au Déroit de Gibraltar, supporte déjà aujourd'hui le trafic maritime le plus important du monde, environ 20 %, et elle est également la région de laquelle on attend le plus grand développement démographique par rapport à l'Europe centrale et du nord.

Dans cette perspective, le GNL peut et doit jouer un rôle important dans la perspective de la transition du gaz naturel à l'hydrogène et/ou à la production d'électricité à partir de sources renouvelables. Le « réseau neuronal » de la région méditerranéenne sont ses ports, et c'est pourquoi leur transformation-évolution dans le sens de l'efficacité énergétique et la réduction de leur impact environnemental, à commencer par la diffusion du GNL dans toutes les utilisations possibles, constitue l'un des objectifs les plus pertinents des politiques européennes pour cette région, dont le projet Interreg PROMOBNL est un élément important.

Pour preuve, l'augmentation de l'efficacité de la consommation portuaire est placée au centre des politiques sectorielles nationales, avec l'adoption, au niveau national, des « Lignes directrices pour l'élaboration de documents de planification énergétique-environnementale pour les systèmes portuaires » (adoptées avec le Decreto ministeriale n. 408 du 17 décembre 2018) qui prévoient expressément que la planification du système portuaire doit respecter les critères de durabilité énergétique et environnementale, conformément aux politiques promues par les directives européennes en vigueur.

Dans ce contexte, le GNL joue un rôle de premier plan dans la planification énergétique et environnementale des ports et dans la réduction des émissions portuaires.

Il convient également de considérer que le GNL garantit une pluralité d'utilisations dans les différents moyens de transport tout au long de la chaîne intermodale, générant des effets d'échelle et de filière et rendant les infrastructures d'approvisionnement et de distribution économiquement plus avantageuses. De plus, pouvant l'utiliser dans toutes les phases de la logistique portuaire et au-delà, il étend ses avantages environnementaux dans des zones industrielles plus larges pour constituer des couloirs de transit longue distance à faible impact environnemental.

De manière cohérente, le Decreto legislativo DAFI et les DEASP prévoient les stratégies d'adaptation énergétique et environnementale des ports pour approvisionner les grands navires en GNL, et donc la construction des infrastructures nécessaires à

l'approvisionnement ; ils envisagent aussi des mesures incitatives pour les armateurs qui auraient l'intention d'adapter eux-mêmes les navires.

L'élément d'innovation introduit par les DEASP est d'encourager et de promouvoir l'utilisation du GNL non seulement comme carburant marin, mais aussi comme carburant « pour les équipements et les véhicules de service » dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique des structures et des systèmes, lorsqu'il n'est pas possible ou commode d'en électrifier la consommation.

Dans ce contexte, les réflexions approfondies menées par le partenariat PROMO-GNL et sujet de synthèse et de valorisation dans le présent travail, constituent des éléments de connaissance importants liés au développement du GNL dans le milieu portuaire, avec des solutions technologiques qui présentent une maturité et une diffusion sur le marché certainement plus limitées par rapport à celles de l'utilisation du GNL sur les véhicules terrestres lourds et les grands navires, solutions qui ont longtemps été étudiées et discutées de manière approfondie.

Cela dit, le déficit d'infrastructures du premier maillon chaîne d'approvisionnement en GNL (terminaux d'importation et de distribution primaire) reste le principal problème pour le développement du marché dans la zone tyrrhénienne comme dans le reste de l'Italie.

En effet, les terminaux italiens à ce jour ne permettent pas le chargement de navires citernes et/ou de soudeurs qui livrent du GNL directement aux utilisateurs finaux. Cette barrière peut être surmontée principalement grâce aux éléments suivants :

- La réalisation de gisements côtiers avec des services de soutage à petite échelle ;
- La conformation des terminaux de regazéification (comme Panigaglia et OLT Offshore) ;
- La mise en service d'une ou plusieurs unités de soutage (pontons ou soudeurs) dédiées au marché de référence de la zone de coopération.

Cette dernière solution semble être, à l'heure actuelle, la plus praticable par les opérateurs locaux pour le développement du marché du soutage du GNL à petite échelle dans l'avenir immédiat, en investissant dans des navires de soutage en tant qu'infrastructure mobile pour l'approvisionnement en STS et pour l'alimentation des dépôts côtiers.

Tant par l'analyse des bonnes pratiques existantes que par l'évaluation critique des différentes technologies de soutage qui peuvent être adoptées dans le contexte de référence, il est désormais avéré que dans tous les cas, il n'est pas envisageable de satisfaire tous les besoins des différents utilisateurs dans différents ports (chacun avec des spécificités propres) avec un mode de transport et/ou de soutage unique, garantissant à même temps efficacité en termes de coûts, flexibilité opérationnelle, livraison à temps du GNL et capacité à suivre progressivement l'évolution de la demande de GNL.

Par ailleurs, dans toutes les hypothèses liées à la chaîne de ravitaillement, la possibilité de s'approvisionner, au moins en partie, auprès des sites de production de Bio-GNL, devrait être recherchée par les opérateurs et administrations concernés comme solution capable de minimiser les impacts environnementaux de la filière.

Dans toute zone côtière, cependant, la stratégie optimale ne peut être définie qu'en aval de la comparaison avec les acteurs locaux du secteur et de l'élaboration d'analyses technico-économiques des différentes solutions imaginées.

Enfin, voici quelques pistes de réflexion concernant certains facteurs « systémiques » importants sur lesquels insister et capables de faciliter le développement général du GNL comme carburant, notamment :

- se concentrer sur le développement des compétences et du professionnalisme de haut niveau liés aux services de soutage de GNL ;
- réaliser une planification stratégique synergique efficace à long terme de la part des différentes autorités compétentes (MiSE, MIT, AdSP)
- développer une approche uniforme au niveau national, interrégional, européen et méditerranéen pour normaliser les critères d'évaluation et d'approbation des différentes opérations de soutage, notamment en ce qui concerne la possibilité d'effectuer simultanément des opérations commerciales (par exemple, chargement et déchargement des passagers à bord) ;
- élaborer des lignes directrices stratégiques et des références réglementaires homogènes communes à toutes les autorités et exploitants du système portuaire ;
- mettre en place des groupes de travail conjoints et permanents pour garantir une analyse commune et coordonnée des questions de nature stratégique, des procédures politiques, juridiques, administratives, techniques, de formation du personnel et des opérations liées à l'utilisation du GNL dans le domaine portuaire, pour soutenir les administrations locales sur les procédures et les règles ;
- évaluer les mesures visant à une plus grande pénétration du GNL dans le secteur du transport maritime, telles que des avantages et/ou des exonérations fiscales pour la construction de souteurs et de dépôts de GNL à l'usage des ports maritimes ;
- prévoir des mesures gratifiantes et un soutien économique aux flottes navales alimentées au GNL (par exemple en définissant des tarifs portuaires appropriés pour faciliter l'utilisation de navires maritimes alimentés au GNL) et pour la construction de nouvelles unités navales, en aval d'une surveillance des émissions produites au port pour chaque type et chaque unité navale, afin d'orienter et de maximiser l'efficacité de ces mesures ;
- fournir un cadre fiscal sûr et stable, qui permette une reprise des investissements dans des délais définis ;
- renforcer les contrôles sur la conformité des carburants à faible teneur en soufre et rendre effectives les sanctions prévues
- rendre le service de soutage du GNL en Italie plus compétitif en proposant des actions d'accompagnement en termes de formation et de développement des compétences.

## 2. Le contexte du marché du GNL dans le nord-ouest de la Méditerranée

Ce chapitre résume et met en évidence les principaux résultats de l'analyse du marché de référence pour la zone de coopération, analysé dans le Livrable 1.3.1 du projet PROMO-GNL<sup>1</sup>.

Le contexte de référence dans le cadre de ce travail peut être encadré dans la zone nord-ouest de la Méditerranée, constituée des eaux sous-jacentes à la côte continentale européenne entre Barcelone et Orbetello et comprenant les côtes de la Corse et de la Sardaigne occidentale. Dans ce contexte, les principaux ports en termes de trafic maritime et de prestations de soutage sont :

- Barcelone
- Marseille
- Gênes
- Livourne

*Figure 1 : extension géographique de la zone de référence pour le soutage de GNL*



---

<sup>1</sup> Livrable 1.3.1: «Rapport et analyse diagnostique pour la conversion GNL de moyens existants (moyens portuaires, embarcations, bateaux de pêche) Le rapport décrit les solutions techniques de conversion et les écarts par rapport aux conditions d'applications nécessaire pour répondre aux attentes. Identifie les leviers de la promotion GNL correspondants pour chaque type d'applications.» Université de Pise - DESTEC, novembre 2019.

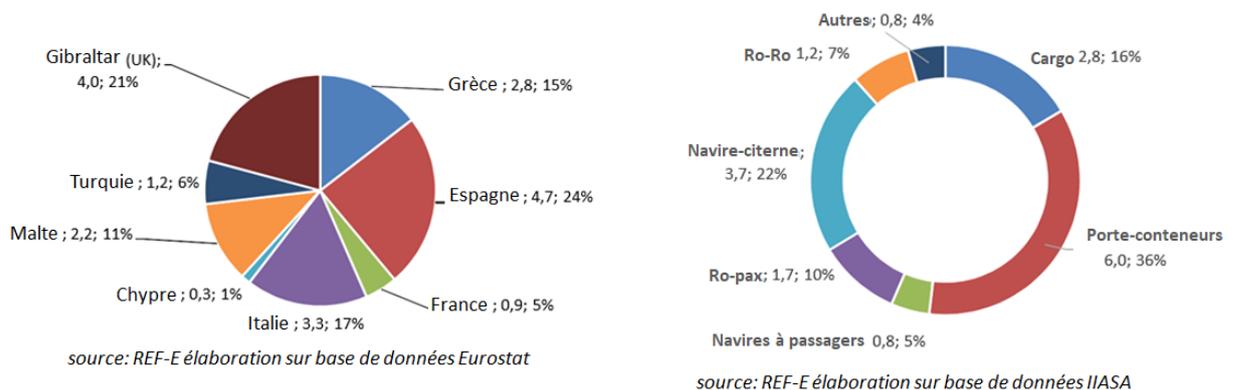
## 2.1 LE SOUTAGE DANS LES PRINCIPAUX PORTS DE LA ZONE

Ces dernières années, la consommation de produits pétroliers pour le transport maritime en Méditerranée s'est élevée à environ 18 Mt/an, avec une prévalence de consommation liée aux navires porte-conteneurs, citerne et fret (74 %), suivis des navires utilisés pour le transport de passagers et véhicules (22 %).

En Méditerranée, les ventes de souteurs enregistrées dans les ports d'Espagne, d'Italie et de France représentent environ 45 % du total. Voici les volumes de vente de produits pétroliers pour le soutage dans les ports de référence :

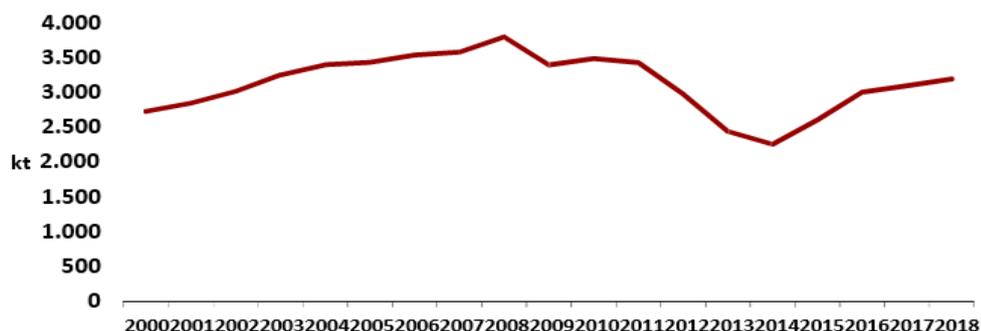
- Barcelone 0,9 Mt/a
- Gênes 0,9 Mt/a
- Marseille-Fos 0,6 Mt/a
- Livourne 0,5 Mt/a

Figure 2 : volumes de soutage maritime en Méditerranée par zone et type de navire



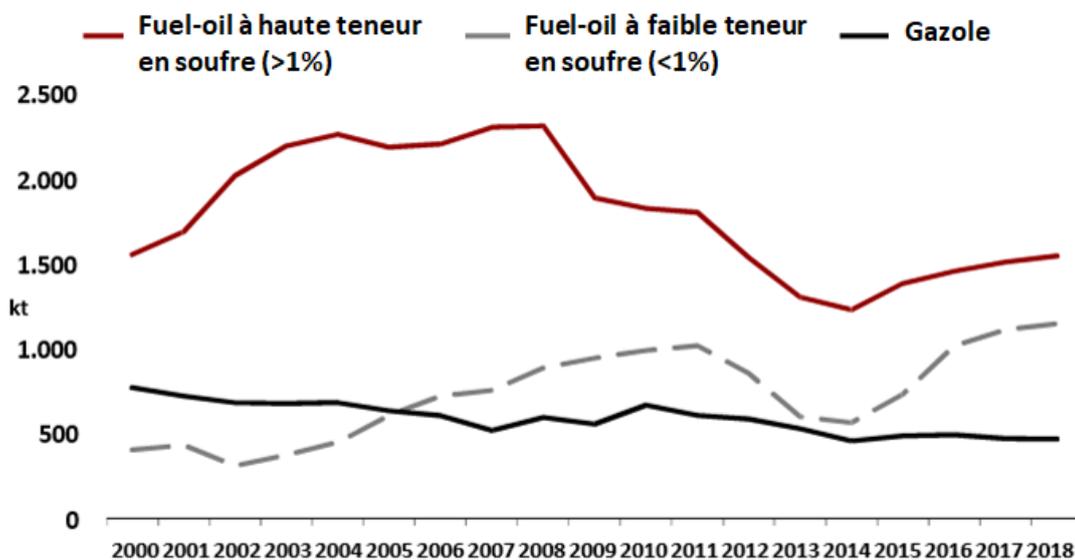
Globalement, la tendance à la croissance des volumes de soutes s'est poursuivie ces dernières années. Malgré cela, le niveau actuel reste cependant inférieur aux niveaux enregistrés entre 2003 et 2011. La consommation globale de produits pétroliers pour le soutage enregistrée par le MSE pour 2018 était d'environ 3,189 milliers de tonnes, avec une augmentation de 3% par rapport à 2017 (voir figure ci-dessous).

Figure 3 : évolution des volumes de soutage maritime dans le monde



Le plus utilisé est le fioul à haute teneur en soufre (ATZ) qui représentait en 2018 environ 50% de la consommation. Toujours en 2018, le fioul à faible teneur en soufre (BTZ) représentait 35%, tandis que le diesel (MGO) représentait environ 15% des approvisionnements des souteurs (Figure 5).

Figure 4 : évolution des volumes de soutage maritime dans le monde



### 2.1.1 PRIX DU CARBURANT MARITIME DANS LES PORTS ITALIENS

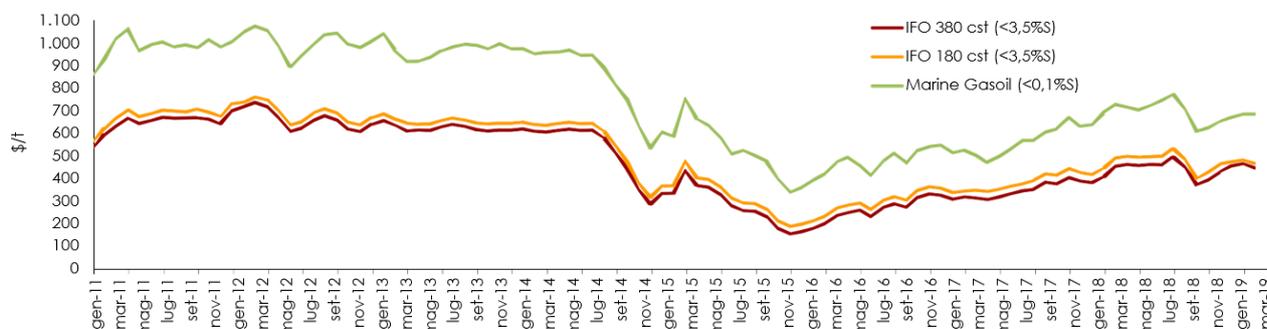
Ce paragraphe vise à fournir une vue synthétique de l'évolution des prix du carburant maritime dans la zone de référence.

Comme le montre l'analyse du graphique ci-dessous, au cours des neuf premiers mois de 2018, les prix (franco à bord) des produits pétroliers pour les souteurs enregistrés dans les ports italiens ont connu une tendance à la hausse importante, qui s'est radicalement inversée les derniers mois de l'année, avec des prix qui en décembre sont revenus aux niveaux de fin 2017. Au premier semestre 2019, les prix du carburant maritime se sont redressés sans pour autant retrouver les niveaux de fin 2018.

En particulier, en juin 2019, le prix du diesel marin a atteint 686 \$/t, en hausse de 12 % par rapport à la valeur de décembre 2018. En revanche, l'IFO 380 < 3,5%S à la fin du premier semestre 2019 a enregistré une augmentation de 17 % par rapport au prix de janvier 2018.

L'écart de prix entre le diesel marin et les fiouls a enregistré (au premier semestre 2019), des valeurs moyennes d'environ 226 \$/t, soit une légère augmentation par rapport au semestre précédent.

Figure 5 : évolution du prix des carburants marins en Italie

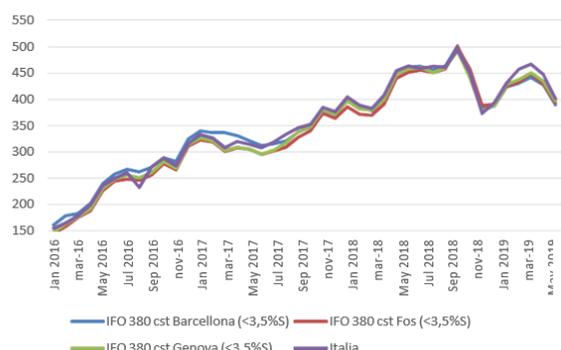


Des données spécifiques sont fournies ci-dessous concernant l'analyse comparative de l'évolution des prix des carburants maritimes dans les ports de la zone de référence.

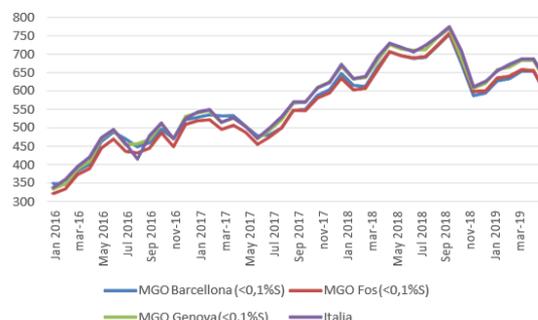
L'analyse de l'évolution des prix des deux principaux types de produits pétroliers utilisés pour le soutage (IFO et MGO à faible teneur en soufre), dans les trois principaux ports du nord-ouest de la Méditerranée (et aussi par rapport aux prix moyens du marché italien dans son ensemble), montre des tendances sensiblement alignées avec des différences très limitées.

Figure 6 : évolution du prix des carburants maritimes dans les ports de la zone de référence (2016-2019)

**IFO 380 cst < 3,5% S**



**MGO < 0,1% S**



## 2.1.2 COMPÉTITIVITÉ DU GNL DANS LE TRANSPORT MARITIME

L'année dernière, les prix du GNL en Europe ont suivi une tendance à la baisse rapide et constante, liée à celle du gaz naturel. Depuis décembre 2018, le prix au comptant du GNL dans le sud-ouest de l'Europe est aligné avec celui du gaz naturel au TTF, atteignant les valeurs minimales de la dernière décennie en juin 2019 (3,7 €/MMBtu).

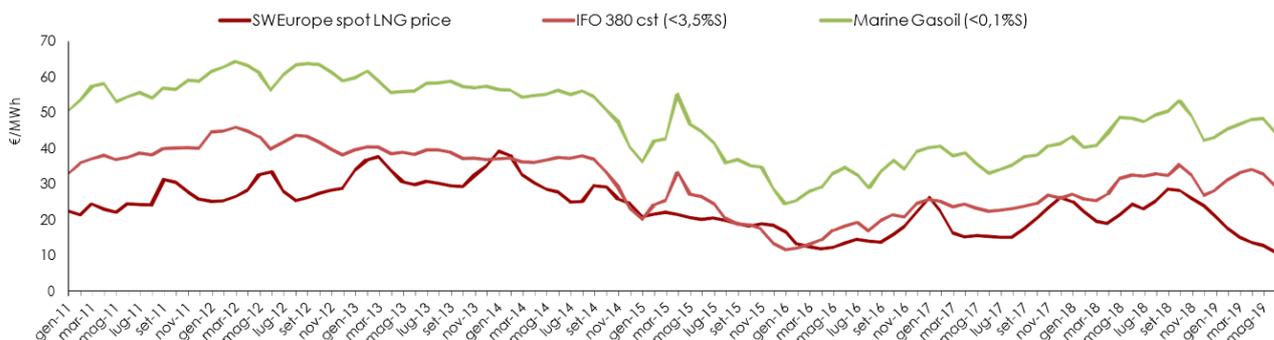
Au premier semestre 2019, le prix des contrats au comptant de GNL en Méditerranée a suivi sa tendance à la baisse amorcée fin 2018. En dépit de la hausse des prix du pétrole, les prix du GNL ont poursuivi leur descente, atteignant 11 €/MWh en juin, le plus bas de la série depuis 2011.

L'écart des prix du pétrole et du GNL a fortement augmenté sur le semestre. En effet, la tendance à la hausse qui a caractérisé le Brent jusqu'en avril a été compensée par une baisse rapide des prix du GNL qui a maintenu la tendance baissière amorcée fin 2018. L'écart de prix est passé de 5,75 €/Mwh en décembre 2018 à plus de 21 €/Mwh en juin 2019.

La forte baisse des prix au comptant du GNL dans les terminaux méditerranéens au cours du premier semestre 2019 a entraîné une augmentation significative du différentiel par rapport aux prix (franco à bord) du diesel marin, qui a atteint 33,2 €/MWh en juin. Même dans le cas des fiouls utilisés pour le soutage, cet écart, qui en décembre 2018 était de 2,9 €/MWh, en décembre a connu une forte croissance jusqu'à 18,3 €/MWh à la fin du premier semestre 2019.

Ces valeurs confirment la compétitivité du GNL comme carburant maritime qui augmentera à partir du 1er janvier 2020 car les fiouls actuels ne sont plus utilisables. Avec l'entrée en vigueur mondiale de la limite de 0,5 % de soufre, on s'attend à un coût de 30 à 50 % plus élevé pour les produits pétroliers de soutage conformes à la nouvelle réglementation. Même une augmentation de seulement 20 % rendrait l'utilisation du GNL structurellement plus compétitive que celle des produits pétroliers < 0,5 % S.

Figure 7 : évolution du prix au comptant du GNL en Europe (2015-2019)



---

### 2.1.3 EVOLUTION DE LA FLOTTE GNL DANS LA ZONE DE COOPÉRATION

Le développement des unités navales alimentées au GNL s'est accéléré ces dernières années en vue de l'entrée en vigueur imminente du règlement de l'OMI qui prévoit à partir du 1er janvier 2020 l'utilisation de carburants marins d'une teneur maximale en soufre de 0,5 %.

Au niveau mondial, le secteur des croisières,<sup>2</sup> grâce à l'impulsion donnée par le groupe Carnival, a été le véritable facteur favorable à l'adoption du GNL comme carburant marin.

À ce jour<sup>3</sup>, l'inventaire des bateaux à moteur GNL opérant en Méditerranée montre un parc très limité, ce qui met en évidence le manque d'infrastructures pour l'approvisionnement en GNL dans une zone cruciale pour le trafic maritime mondial.

Au niveau national, le premier navire alimenté au GNL dans les ports italiens est entré en service en novembre 2018 : le ferry Caronte & Tourist « Elio » qui opère entre Messine et Villa San Giovanni. Le navire est équipé de deux réservoirs de GNL de 150 m<sup>3</sup>. Un symptôme de ce problème est le ferry Caronte & Tourist Dual Fuel « Elio » qui fonctionne actuellement au diesel en l'absence de conditions de fourniture de GNL jugées acceptables par la Société.

Entre janvier et juillet 2019, deux nouveaux ferries au GNL de la société Baleària réalisés dans les Cantieri Visentini sont entrés en service. Les deux navires « Hypatia de Alejandria » et « Marie Curie » opèrent respectivement sur les routes de Barcelone et Valence aux Baléares. Parallèlement, Baleària a mis en service sur les routes atlantiques entre Huelva et les îles Canaries deux ferries au GNL modernisés.

Les principaux navires alimentés par le GNL opérant dans la zone de coopération, notamment en ce qui concerne le bassin liguro-tyrrhénien, sont les grands navires de croisière AIDA Nova et Costa Smeralda, dont les informations détaillées sont fournies ci-dessous.

À ce jour, aucun navire alimenté au GNL n'est approvisionné par la chaîne d'approvisionnement nationale. Le « Aidanova » est ravitaillé en mode Ship to Ship par Shell via le souteur « Coral Methane » dans les ports des Canaries et de Barcelone. Coral Methane achète du GNL dans les installations du terminal GNL Gate dans la zone portuaire de Rotterdam aux Pays-Bas. À l'heure actuelle, des installations de chargement de navires-citernes SSLNG avec fonctionnalité de souteur sont à l'étude mais ne sont pas disponibles aux terminaux GNL de la Méditerranée.

Les deux ferries de Baleària opérant en Méditerranée sont ravitaillés par Naturgy (ex Gas Natural Fenosa) en mode Truck to Ship depuis les quais des ports de Barcelone et Valence.

---

<sup>2</sup> Au total, les navires propulsés au GNL représentent environ 25 % des commandes totales du secteur, pour une valeur équivalente à plus de 4.300 tonnes de jauge (DWT) et environ 25 milliards d'euros d'investissements.

<sup>3</sup> Données mises à jour en août 2019.

Grâce à l'entrée en service dans la zone des premiers navires alimentés par le GNL, le premier semestre 2019 a enregistré en Méditerranée un début de consommation de GNL pour l'activité de deux navires en activité régulière (« Aidanova » et « Hypatia de Alejandría ») ; cette consommation peut être estimée à environ 15 000 m<sup>3</sup> (environ 6 450 t), dont les deux tiers pour la navigation de croisière et un tiers pour la navigation par ferry.

En ce qui concerne les livraisons supplémentaires prévues de navires alimentés au GNL dans la zone de coopération, on peut mettre en évidence les commandes suivantes :

- La livraison du deuxième navire de croisière du groupe Costa, le « Costa Toscana », navire jumeau du « Costa Smeralda », est prévue pour 2021.
- MSC Croisières, dont le siège est dans le port de Gênes, a officialisé en 2017 la commande à STX France pour la construction de quatre navires de plus de 200.000 tonnes, alimentés par GNL, dont le premier, « MSC Grandiosa » sera livré à fin 2019.
- Entre la fin de 2019 et 2021, 5 autres ferries de GNL de Baleària devraient entrer en service sur les routes méditerranéennes, y compris un nouveau bateau construit dans les chantiers navals d'Armon en Espagne et 4 modernisés.
- Corsica Ferries a annoncé fin juillet 2019 la commande de la construction d'un ferry GNL aux Cantieri Visentini, qui devrait être opérationnel d'ici 2022.

### **AIDA Nova**

Le 18 octobre 2018, le nouvel AIDAnova est devenu le premier navire de croisière au monde à être propulsé au gaz naturel liquéfié. À Eemshaven, aux Pays-Bas, le pétrolier « Cardissa » a rempli les trois réservoirs spéciaux pour un total d'environ 3.500 mètres cubes de GNL. Dès les premiers mois de 2019, le navire de croisière du groupe Carnival « Aidanova » opère en Méditerranée, fait escale dans les ports italiens et réalise des opérations de soutage de GNL dans le port de Barcelone ou dans les ports des Canaries.

La configuration des équipements GNL installés à bord d'AIDAnova comprend 3 réservoirs cryogéniques (deux réservoirs de 1.550 m<sup>3</sup> et un troisième réservoir plus petit d'environ 500 m<sup>3</sup>) pour un total d'environ 3500 m<sup>3</sup> de capacité de stockage de GNL.

AIDAnova exploitera un service hebdomadaire en rotation dans la Méditerranée occidentale dans les ports de Marseille, La Spezia, Civitavecchia, Majorque et Barcelone (port d'attache) dans la période juin-octobre 2019 et avril-octobre 2020, pour ensuite opérer dans les îles Canaries pour le reste année.

Figure 8 : Itinéraires de voyage AIDA Nova



### Costa Smeralda

« Costa Smeralda » est le premier navire du groupe Costa à être alimenté par le GNL et a été baptisé dans le port d'attache de Savone le 3 novembre 2019, date à laquelle la première croisière inaugurale est partie pour naviguer sur les mers méditerranéennes.

Construit dans les chantiers navals finlandais Meyer Turk, le Costa Smeralda a un tonnage brut de plus de 182.000 tonnes et mesure 337 mètres de long, 42 mètres de large, avec une vitesse de croisière de 21 nœuds.

Dans la programmation commerciale actuelle de l'entreprise, la navigation en Méditerranée occidentale se poursuivra jusqu'en avril 2021, avec des croisières d'une semaine de Savone à Marseille, Barcelone, Palma de Majorque, Civitavecchia et La Spezia.

Figure 9 : itinéraires de voyage du Costa Smeralda



## 2.2 SYNTHÈSE DE L'OFFRE DANS LE CONTEXTE TERRITORIAL DE RÉFÉRENCE

Ce paragraphe propose une analyse synthétique des terminaux GNL et des services à petite échelle actifs dans la zone de référence (ouest de la Méditerranée)<sup>4</sup>.

Ci-dessous sont résumées et comparées les installations relatives à deux catégories d'offres :

- L'offre réelle, composée de terminaux d'importation avec des services à petite échelle actifs en Méditerranée occidentale (Marseille et Barcelone) ;
- L'offre potentielle, constituée d'installations à moderniser et de nouvelles constructions, qui comprennent les terminaux de regazéification du bassin tyrrhénien et les futurs terminaux à petite échelle de Livourne et d'Oristano.

Une attention particulière est ensuite consacrée à l'analyse des évolutions dans la zone de coopération voisine, avec une référence particulière à la politique de développement du GNL mise en œuvre dans la région du VAR.

---

### 2.2.1 L'OFFRE RÉELLE DE TERMINAUX D'IMPORTATION AVEC DES SERVICES À PETITE ÉCHELLE ACTIFS EN MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

Deux installations d'importation et de regazéification différentes fonctionnent à Marseille-Fos-sur-Mer : Fos Tonkin et Fos Cavaou, les deux gérées par Elengy. En particulier, ce dernier constitue un point d'entrée pour le GNL qui vise à devenir le principal *HUB* sur le marché français et parmi les premiers en Europe, bénéficiant déjà d'être le principal point d'approvisionnement italien en GNL via camion-citerne.

La compagnie espagnole Enagás, d'autre part, offre des services à petite échelle dans chacune de ses 5 centrales de regazéification sur le territoire espagnol en complément de ses services traditionnels à grande échelle. L'installation de GNL de Barcelone a été la première à être mise en service en Espagne.

---

<sup>4</sup> Il est fait référence au résumé des principales conclusions du rapport technique T.1.5 du projet SIGNAL.

### Le terminal Marseille-Fos et les services de GNL à petite échelle d'Elengy



### Le terminal de Barcelone et les services de GNL à petite échelle d'Enagàs



#### Dimensionnement et principales caractéristiques de fonctionnement

- ✓ Capacité de stockage combinée de 330.000 m<sup>3</sup> de GNL avec 3 réservoirs;
- ✓ Capacité de regazéification de 8,25 milliards de m<sup>3</sup> par an;
- ✓ Capacité minimale/maximale autorisée des pétroliers: 15.000/270.000 m<sup>3</sup>;

- ✓ Capacité de stockage de 840.000 m<sup>3</sup> de GNL à travers 8 réservoirs;
- ✓ Capacité de mise en réseau de 1.950.000 m<sup>3</sup> (n)/h;
- ✓ Capacité de charge min./max. De 30.000/266.000 m<sup>3</sup> de GNL;

#### Services à petite échelle actifs et tarifs associés

- ✓ Service de chargement de camion-citernes et conteneurs ISO sur réservation avec un prix unitaire fixé à partir de 2018 à environ 615 EUR;
- ✓ Services de chargement de barge jusqu'à 7.500 m<sup>3</sup> avec une vitesse de chargement de 4.000 m<sup>3</sup> par heure (achèvement d'un cycle de charge standard en 48 heures environ) - tarifs modulables en fonction des volumes, à partir de 12,5 €/m<sup>3</sup> pour des débits minimaux de 4.000 m<sup>3</sup>, jusqu'à environ 10 €/m<sup>3</sup> pour des quantités de l'ordre de 7.500 m<sup>3</sup>.

- ✓ Service de chargement de camions-citernes et conteneurs ISO sur réservation avec un prix unitaire moyen d'environ 942 EUR, et avec des tarifs réduits en cas de stipulation de contrats de fourniture sur une base annuelle;
- ✓ Services de chargement et déchargement de barges, avec des capacités allant de 1.000 m<sup>3</sup> à 80.000 m<sup>3</sup> de GNL (avec quai dédié aux petites unités) - tarifs modulables en fonction des volumes, de 176,3 €/m<sup>3</sup> pour des débits minimaux de 500 m<sup>3</sup> à environ 12 €/m<sup>3</sup> pour des quantités de l'ordre de 7.500 m<sup>3</sup>;
- ✓ Service de ravitaillement naval en GNL en mode truck-to-ship déjà actif et 18 opérations de ship-to-ship réalisées en 2019 avec souteur de 7.500 m<sup>3</sup>;

### Renforcements attendus

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Augmentation de la capacité opérationnelle afin de répondre à la demande potentielle et de contribuer plus efficacement à la sécurité de l'approvisionnement en gaz naturel en France et en Europe, à travers la construction d'un ou deux réservoirs de stockage supplémentaires, doublant la capacité de <i>send-out</i> de la structure à 16,5 Gm<sup>3</sup>/an;</li> <li>✓ Renforcement du service de ravitaillement des camions-citernes en augmentant le nombre de bornes de recharge dans tous les terminaux de Fos;</li> <li>✓ Démarrage de la modification du quai qui permettra au terminal de Fos Cavaou d'accueillir des barges d'une capacité inférieure à 20.000 m<sup>3</sup> qui pourront, après approvisionnement à Fos Cavaou, réaliser leurs opérations de soutage de GNL dans le port de Marseille-Fos et sur d'autres sites en Méditerranée en fournissant des navires porte-conteneurs, des bateaux de croisière ou des ferries alimentés au GNL. En particulier, un souteur de la société Total de 18.500 m<sup>3</sup> sera basé à Marseille-Fos à partir de 2021.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Plans d'augmentation de la capacité inconnus pour le moment, étant donné le niveau déjà élevé de développement des services de GNL à petite échelle pour les secteurs maritime et terrestre.</li> </ul> |
|---|--|

---

## 2.2.2 L'OFFRE POTENTIELLE DES PROCHAINES INSTALLATIONS DU BASSIN LIGURE-TYRRHÉNIEN: AJUSTEMENTS ET NOUVELLES RÉALISATIONS

Bien qu'il n'y ait actuellement aucun système de GNL à petite échelle dans la zone examinée par cette étude, il est important de prendre en compte les fonctionnalités actuelles et les services supplémentaires que les terminaux de regazéification OLT (Livourne) et SNAM/GNL Italia (Panigaglia-La Spezia) pourraient fournir à l'avenir - tous les deux actuellement avec roulement maximum d'environ 4 milliards de mètres cubes -, ainsi que les terminaux de nouvelle construction qui pourront constituer des points d'entrée stratégiques de GNL pour la zone d'intérêt.

Les premiers sont actuellement utilisés pour la réception, le stockage et la mise en réseau du gaz naturel tant pour l'approvisionnement énergétique du réseau national que pour l'exportation. Pour ceux-ci, des ajustements à un autre stade de maturité sont envisagés, comme indiqué ci-dessous.

En revanche, en ce qui concerne les terminaux de nouvelle construction avec des chantiers ouverts ou en cours d'autorisation, ci-dessous on compare ceux qui, pour la capacité de stockage et de localisation, pourraient contribuer à changer la structure du système à petite échelle pour le GNL dans la zone de référence, sans tenir compte de ceux de l'arc adriatique-ionien, qui pourraient également jouer un rôle déterminant dans le secteur terrestre et dans l'approvisionnement des dépôts satellites.

### Installation FSRU OLT Offshore LNG Toscana au large de Livourne



### Terminal de regazéification GNL Italia de Panigaglia



### Services potentiels de SMALL SCALE LNG attendus

- ✓ Chargement de GNL sur de petits méthaniers (dits barges), d'une longueur comprise entre 60 et 110 mètres, correspondant actuellement à une capacité de charge comprise entre 1.000 m<sup>3</sup> et 7.500 m<sup>3</sup> et une vitesse de chargement comprise entre 250 m<sup>3</sup>/h et 900 m<sup>3</sup>/h.

- ✓ Service de chargement de GNL pour barges et/ou chalands d'une capacité comprise entre 500 et 30.000 m<sup>3</sup> pour fournir du GNL à d'autres navires (en mode ship-to-ship);
- ✓ Chargement de camions-citernes, de petits réservoirs (d'une capacité comprise entre 20 et 50 m<sup>3</sup>) ou de conteneurs ISO (20-40 m<sup>3</sup>) pour le ravitaillement de distributeurs routiers ou de petits dépôts de stockage ; ou approvisionnement direct de véhicules routiers et portuaires alimentés par GNL, dans le cas où un distributeur connecté directement au terminal serait créé.

### Ajustements nécessaires

- ✓ Les modifications du côté gauche de l'installation, où les principaux éléments pour alléger et décharger sont déjà présents, sont marginales et nécessitent d'un temps réduit une fois les autorisations nécessaires obtenues.

- ✓ Principalement modifications des réservoirs de stockage et des lignes de chargement/déchargement de GNL, ajustements du quai et des bras de chargement, renforcement des systèmes de récupération du BOG.

### État des ajustements

- ✓ Étude de faisabilité terminée en 2015. Conception détaillée achevée en 2018. Autorisations envoyées en 2019;
- ✓ L'enquête [technique concernant les modifications du terminal pour le chargement](#), le stockage et le déchargement sur les méthaniers de GNL destiné au carburant a été déposée le 25/03/2019 auprès du Ministère de l'Environnement.

- ✓ Étude de faisabilité conclue en 2017 et ajustements potentiels inclus dans le plan d'affaires industriel 2019-2023;
- ✓ L'enquête [technique pour le projet de chargement de GNL sur des camions-citernes/isoconteneurs](#) a été déposée le 16/12/2019 auprès du Ministère de l'Environnement.

Future installation de GNL à petite échelle à Livourne	Future installation de GNL à petite échelle Santa Giusta
<b>Proposants industriels et services attendus</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proposé par le terminal de GNL newco Livorno, détenu en parts égales par Costiero Gas Livorno, une coentreprise entre Enifuel et Liquigas (société active dans la distribution de GPL), et Neri Vulcangas Investimenti (coentreprise entre Neri Depositi Costieri et Società Italiana Gas Liquidi - Vulcangas);</li> <li>✓ Il permettra, dans la zone industrielle du port, la réception et le stockage de GNL fourni par des méthaniers pour sa distribution ultérieure à travers des camion-citernes et des petits navires (barges), pour le ravitaillement des stations de service routières et des navires en transit dans le port de Livourne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Proposé mi-2014 par la société d'exploitation Higas (contrôlée par Avenir et établie par les italiennes CPL Concordia, spécialisée dans la distribution de méthane, et par Gas &amp; Heat, fabricant de réservoirs et d'installations pour carburants cryogéniques);</li> <li>✓ Terminal multimodal adapté à la réception, au stockage et à la distribution de GNL principalement pour le transport maritime et routier, mais également pour les usages civils et industriels de la région de Sardaigne ; il fonctionnera en synergie avec le navire souteur de GNL d'environ 7.500 mètres cubes en construction pour le compte du groupe Avenir (qui contrôle Higas) et dont la livraison est prévue d'ici 2020.</li> </ul>
<b>Caractéristiques principales</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 6 réservoirs cryogéniques horizontaux à basse pression (et les équipements associés) de 1.500 m3 chacun pour une capacité totale de 9.000 m3, capables de garantir un passage annuel de 170.000 m3/an de GNL;</li> <li>✓ Un amarrage dédié aux petites et moyennes barges, aussi bien lors du chargement que du déchargement;</li> <li>✓ 3 quais de chargement dédiés aux camions-citernes de GNL;</li> <li>✓ 3 quais de chargement dédiés aux citernes ferroviaires modulaires comme les conteneurs ISO;</li> <li>✓ Système de gestion du BOG.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 6 réservoirs cryogéniques de 1.500 m3 chacun pour une capacité totale de stockage de 9.000 m3 de GNL, qui permettront un mouvement, à pleine capacité, de 120.000 t de GNL/an;</li> <li>✓ Un quai dédié aux opérations de déchargement et de chargement de GNL;</li> <li>✓ Un auvent de chargement pour fournir deux camions-citernes simultanément ;</li> <li>✓ Système de gestion du BOG;</li> <li>✓ Synergie avec un navire souteur de GNL d'environ 7.500 m3 en construction pour le compte du groupe Avenir (qui contrôle Higas) et dont la livraison est attendue d'ici 2020.</li> </ul>
<b>État du projet</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Actuellement sous autorisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les travaux de construction de l'installation ont commencé en décembre 2017. Les travaux devraient se terminer au second semestre 2020.</li> </ul>

Au de-là des promoteurs des projets et de leur capacité de stockage maximale indiqués ci-dessous, il existe d'autres installations de GNL à petite échelle en cours d'autorisation qui sont potentiellement capables d'avoir un impact sur le développement du marché du GNL dans la zone de référence de cette étude.

*Tableau 1 : le terminaux GNL à petite échelle autorisés dans le bassin tyrrhénien*

<b>Lieu</b>	<b>Société</b>	<b>Capacité de stockage (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Oristano</b>	IVI Petrolifera S.p.A.	9.000
<b>Oristano</b>	Edison S.p.A.	10.000
<b>Cagliari</b>	ISGAS ENERGIT Multiutilites S.p.A.	22.000
<b>Porto Torres</b>	Consorzio Industriale provinciale Sassari	10.000

Enfin, bien qu'il n'y ait pas de projets industriels à grande échelle actuellement en phase d'autorisation, il faut souligner la pertinence pour l'arc tyrrhénien des plans de développement du GNL contenus dans le Document de planification énergétique environnementale (DEASP) de l'autorité de système portuaire de la mer de Ligurie occidentale (AdSP MLO), récemment approuvé.

La vision et les objectifs stratégiques d'une transition énergétique efficace du système portuaire prévoient en effet, à court-moyen terme, une attention croissante à la fourniture de services « verts » tels que les carburants alternatifs technologiquement avancés (dont le GNL).

En ce qui concerne l'utilisation future du GNL dans la zone portuaire maritime, il convient de noter que l'AdSP MLO a procédé à :

- commander (à partir de 2014) des études sur des systèmes technologiques, qui comprennent des informations approfondies sur l'emplacement des installations de GNL dans le port de Gênes ;
- signer en 2018 un Protocole d'accord sur l'utilisation du GNL à usage maritime avec Assoport, Assocostieri, Confitarma, Assoliquididi et Assoarmatori ;
- promouvoir en 2019 la signature, par les principales compagnies maritimes, du « Genoa Blue Agreement », qui anticipait, sur une base volontaire, le nouveau règlement de l'OMI, prévoyant, pour les navires naviguant dans un rayon de 12 milles, l'utilisation de carburant dont la teneur en soufre est inférieure à 0,5 % ;
- souscrire le 2/12/2019 le « Protocole d'accord pour la promotion, la diffusion, la mise en œuvre et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie » avec la Région Ligurie, la Métropole de Gênes, la Ville de Gênes, l'Autorité Portuaire de la Mer Ligure Orientale, CIELI, la Direction Régionale des Pompiers, la Chambre de Commerce de Gênes et la Chambre de Commerce de la Rivière Ligure.

Le premier domaine de réalisation a été identifié dans la construction et la mise en service d'un système mobile de distribution/fourniture de GNL situé dans la zone portuaire de la région ligure, destiné à répondre principalement aux besoins de la chaîne d'approvisionnement terre-mer. L'installation et son fonctionnement assument une fonction expérimentale en ce qui concerne notamment les aspects de réglementation, d'autorisation et d'acceptation sociale, pour assurer d'ici 2025 un réseau d'approvisionnement et distribution conforme aux dispositions réglementaires, au développement des Couloirs Européens et aux besoins de la demande.

---

### 2.2.3 DÉVELOPPEMENTS DANS LA RÉGION LIMITROPHE DE COOPÉRATION: POLITIQUE DE DÉVELOPPEMENT DU GNL DANS LE VAR

Selon la récente analyse réalisée par la Chambre de commerce VAR<sup>5</sup> (CCIV), les industriels français se tournent vers cette solution car c'est aujourd'hui le seul carburant alternatif disponible dans l'immédiat. Les réserves de gaz sont suffisantes pour les vingt à trente prochaines années, soit la durée de vie d'un navire. Certaines compagnies ont déjà fait ce choix. Brittany Ferries a commandé 3 navires au GNL, permettant ainsi d'émettre 20% de moins de gaz à effet de serre par rapport au carburant actuel. CMA CGM a également mis à l'eau à Shanghai le plus grand porte-conteneurs du monde propulsé au GNL. La compagnie affirme acquérir une vingtaine de navires propulsés au GNL d'ici 2022.

Récemment, total et Mitsui O.S.K Lines ont également signé un contrat d'affrètement pour le premier navire avitailleur en GNL opérant en France, qui sera livré en 2021 et positionné dans le port de Marseille-Fos.

Sur la base des nouvelles politiques de réduction des émissions du transport maritime<sup>6</sup>, sur le littoral de la Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur, le plan régional « Escales zéro fumée » va être déployé à Marseille, Toulon et Nice. Il s'agit d'une aide régionale, consacrée aux infrastructures nécessaires au branchement des navires à quai

Les paragraphes suivants résument les principaux projets de transition énergétique des ports de la rade de Toulon et le cadre relatif aux principaux axes de promotion adoptés dans la région toulonnaise pour le «cluster GNL»

---

<sup>5</sup> Projet PROMO-GNL, Livrable T1.5.2 : Promotion d'une politique énergétique GNL dans le Var et mise en relation du cluster GNL avec les activités portuaires et autres projets d'avenir concernant la transition énergétique des ports

<sup>6</sup> Récemment, lors de la conférence de la Convention de Barcelone, qui s'est tenue à Naples du 2 au 5 Décembre 2019, l'Union Européenne et les états riverains de la Méditerranée se sont engagés conjointement à faire de la Méditerranée une zone à faible émissions de polluants atmosphériques émis en particulier par les navires (zone ECA, Emission Control Area), avec une mise en place en 2022. Pour la première fois, l'ensemble des Etats méditerranéens affirme l'ambition commune de saisir l'OMI en 2022 pour limiter à 0,1 % la teneur en soufre autorisée dans les carburants des navires

*Figure 10: Porte-conteneurs CMA CGM propulsé au GNL*



*Figure 11: Navire avitailleur en GNL pour le port de Marseille-Fos*



## LES PROJETS DE TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS DE LA RADE DE TOULON

### LE PAREM: plan d'actions pour la reduction des emissions maritimes

Ce plan d'actions, mis en place par le Port de Toulon, prévoit tout d'abord de qualifier et quantifier les nuisances générées par l'activité maritime et portuaire. Il expose ensuite de nombreuses mesures pour réduire ces nuisances.

En complément des premières mesures liées à la congestion du trafic routier et la pollution atmosphérique générée par les véhicules en attente d'embarquement sur les ferries, le PAREM propose également des mesures plus poussées comme l'utilisation de « carburants propres » et le branchement des navires à quai, qui sont détaillés dans les paragraphes suivants.

#### Le GNL comme carburant marin

Les Ports de la Rade de Toulon travaillent sur une solution de ravitaillement GNL pour les navires. La présence des deux terminaux méthaniers de Fos sur Mer (Fos Tonkin et Fos Cavaou) à proximité est un atout non négligeable pour développer une stratégie de ravitaillement GNL.

Cette stratégie repose sur 2 volets :

- Dans un premier temps, l'approvisionnement du Port pourra être réalisé par camions, pour approvisionner le premier ferry propulsé au GNL. [SEP]
- Lorsque la demande sera plus importante (plusieurs ferries et navires de croisières), la solution envisagée par le Port de Toulon est un approvisionnement en GNL sous forme de conteneurs, transportés depuis Fos sur Mer vers le Port de Brégaillon à la Seyne sur Mer par train. En effet, le rail arrive au sein du port et permet de diminuer le transport de marchandises par camion. Cet aspect sera développé dans le paragraphe 2.6. Ces conteneurs sont ensuite transvasés sur une barge flottante mobile, qui peut se déplacer dans toute la Rade. [SEP]

*Figure 12: Schéma stratégique du ravitaillement GNL pour la Rade de Toulon*



Aujourd'hui, le Port de Toulon encourage les armateurs à changer de carburant pour se tourner vers un mode de propulsion plus vertueux. Pour cela, les droits de port sont réduits de 10% pour tout navire « propre », c'est-à-dire pour les navires qui réduisent leurs émissions de polluants dans la Rade. Grâce aux 4 projets européens sur le GNL dont la CCIV est partenaire, le Port de Toulon est en train de réaliser les études techniques et réglementaires pour, dans un premier temps, pouvoir accueillir un navire propulsé au GNL en escale dans la Rade et dans un second temps, développer des infrastructures de ravitaillement et réaliser des opérations de soutage. Ce travail est réalisé en étroite collaboration avec la société Elengy, exploitant du terminal méthanier de Fos sur Mer et l'AFG (Association Française du Gaz), notamment sa plateforme GNL maritime et fluvial, qui accompagne le Port par son expertise.

Cependant, Toulon étant un port militaire, les paramètres et procédures de sûreté et sécurité à mettre en œuvre sont renforcées par rapport à un port de commerce classique. Avant de mettre en place une stratégie de ravitaillement GNL, il est primordial de demander l'autorisation à la Marine Nationale et de réaliser des études de risques spécifiques aux scénarios d'attaque qui sont propres aux ports militaires. Actuellement, le Port de Toulon réalise une étude pour démontrer la faisabilité d'une escale d'un ferry propulsé au GNL. Aucune opération de ravitaillement n'est envisagée. La simple escale dans le port, en présence du porte avion Charles de Gaulle et des autres navires militaires, nécessite une étude spécifique. Le principal client concerné, Corsica Ferries, a déjà entamé des études technico-économiques pour l'achat d'un nouveau navire propulsé au GNL, mais se doit d'attendre l'autorisation de la Marine Nationale avant de commander son navire. Même si les démarches sont longues et laborieuses, la dynamique de transition énergétique via le GNL est donc véritablement enclenchée pour le Port de Toulon.

### **La production de biométhane à partir de déchets**

Du biogaz est produit à partir des boues de la station d'épuration du Reyran, à Fréjus, dans le Var. Ce biométhane est injecté dans le réseau, depuis le 18 Mars 2019. La Métropole envisage également de produire du biométhane à partir de la station d'épuration de l'Almanarre à Hyères.

Ce système est basé sur le principe d'économie circulaire. Les déchets (boues, biomasse, CSR, Combustible Solide de Récupération) deviennent matière première d'une nouvelle activité. Même si ces projets ne produisent pas du GNL, ils permettent de démocratiser et de « verdir » l'utilisation du gaz comme carburant sur le territoire et constituent ainsi une brique du maillage gaz dans le Var, complémentaire à la filière GNL visée par la zone de coopération.

---

## MISE EN RELATION AVEC LE CLUSTER GNL ET IDENTIFICATION DES LEVIERS DE PROMOTION

Ces projets propres à la Rade de Toulon sont fortement en lien avec le cluster GNL et constituent, chacun à leur manière, des leviers de promotion du GNL, locaux mais également pour la zone de coopération.

- **Le PAREM** (Plan d'Actions pour la Réduction des Emissions Maritimes) constitue un ensemble de mesures mises en place par le Port de Toulon pour améliorer la qualité de l'air en zone portuaire. Il a pour but de rassembler tous les acteurs économiques de la Rade dans la même dynamique de transition écoénergétique et constitue ainsi un levier de promotion local du GNL. [L]  
[SEP]
- **Le cluster GNL** permet au Port de Toulon et à la zone de coopération de définir la meilleure stratégie en tenant compte des contraintes de chaque port. La promotion du GNL et de la transition énergétique du secteur maritime dans son ensemble, est effectuée par le biais d'actions d'information et d'évènements de diffusion des résultats capitalisés grâce aux différentes études menées par chacun des partenaires. La formation du cluster permet une corrélation des résultats et une synergie, qui constituent de toute évidence un excellent levier de promotion au niveau de la zone de coopération. [L]  
[SEP]
- **La production de biogaz sur le territoire** varois ne permet pas directement d'approvisionner le territoire en GNL car il s'agit principalement de GNC mais favorise grandement l'implantation de la filière gaz et démocratise ainsi l'utilisation du gaz comme carburant. Ces projets représentent ainsi des leviers de promotion du GNL car ils constituent d'une part une source d'approvisionnement envisageable, mais également un moyen de traiter les déchets par le principe d'économie circulaire. Ces projets sont donc des leviers de promotion locaux. [L]  
[SEP]
- **L'hydrogène** ne constitue pas à proprement parler d'un levier de promotion du GNL mais permet de travailler dans la même direction en adaptant la réglementation portuaire et maritime à l'utilisation de nouveaux carburants et de promouvoir la transition énergétique. La CCI du Var travaille sur une mixité énergétique et réalise toujours ces actions d'information et de promotion dans ce sens. Les évènements H2 sont donc très utiles à la promotion du GNL comme carburant et vice versa. [L]  
[SEP]
- **Le branchement des navires** à quai est une utilisation directe du GNL si l'option groupe électrogène alimenté au GNL est choisie par le Port de Toulon. Cette application est un levier de promotion du GNL local mais également pour la zone de coopération car elle incarne une solution pour améliorer la qualité de l'air dans les villes ports comme Toulon. [L]  
[SEP]
- **Le projet TRIPL0** est également un levier de promotion du GNL pour la zone de coopération car les motorisations GNL sont aujourd'hui présentées comme plus silencieuses, permettant de réduire les vibrations générées par la combustion du carburant. Ce projet est donc un moyen supplémentaire de promouvoir la transition énergétique via le GNL. [L]  
[SEP]

## 2.3 CADRE DES MEILLEURES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES DISPONIBLES POUR LE STOCKAGE ET LE SOUTAGE DU GNL

Les options de soutage de GNL sont maintenant connues, de même que les technologies et les équipements actuellement sur le marché ; un traitement descriptif de ceux-ci serait redondant aux fins de cette étude<sup>7</sup>.

Avec un tableau synoptique, par contre, la synthèse des principales forces et faiblesses relatives aux différentes solutions de soutage pouvant être adoptées dans la zone de référence permet une comparaison immédiate, capable d'orienter par rapport aux différents scénarios de marché de chaque élément portuaire concerné.

À cet effet, sur la base d'une analyse approfondie des lignes directrices EMSA pour les différentes solutions de soutage, les tableaux suivants rationalisent la comparaison entre les dépôts côtiers pour les opérations TPS (terminal-to-ship par conduite cryogénique), l'utilisation de camions-citernes-ISO (avec et sans l'aide de systèmes de connexion simultanée-multiple) pour le ravitaillement en mode TTS (truck-to-ship) et l'utilisation d'infrastructures mobiles côté mer (comme les soueurs de GNL de taille moyenne ou barges/pontons intra-portuaires) pour le soutage STS (ship-to-ship).

Transversalement à toutes les méthodes et technologies utilisables, il faut souligner qu'il est particulièrement important non seulement d'assurer des normes technologiques capables de garantir la sécurité des opérations, mais aussi que les normes et obligations soient harmonisées. En effet, dans la phase actuelle de développement du marché du GNL que connaît la zone de référence, des potentielles divergences de formation, d'incompatibilité des équipements et d'autres facteurs pouvant affecter sensiblement la sécurité, l'environnement et la société peuvent émerger. La réduction des risques pour la vie et les biens, ainsi que l'aspect environnemental, sont des moteurs fondamentaux pour rendre la chaîne de GNL dans les ports de la zone de coopération aussi linéaire et simple que possible.

---

<sup>7</sup> Il est également fait référence à la capitalisation des analyses menées dans le cadre du projet de coopération SIGNAL.

Tableau 2 : forces et faiblesses des différentes solutions de stockage de GNL

<b>Stockage de GNL à grande échelle (&gt; 10.000 m3)</b>	<b>Stockages de GNL de taille moyenne (modulaires et non modulaires)</b>	<b>Dépôt portuaire pour les petits volumes (&lt;500 m3)</b>
<b>Avantages remarquables</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Option privilégiée dans le cas de soutage de GNL à grande échelle, stables et à long terme, en raison de la plus grande rentabilité des services offerts, des économies d'échelle plus importantes dans la chaîne logistique et de la possibilité d'offrir des tarifs plus compétitifs par rapport aux terminaux plus petits;</li> <li>✓ Capacité à répondre à la demande de soutage maritime pour de gros volumes (grâce également à des taux de transfert plus élevés) et en même temps à répondre à la demande du transport routier et du hors réseau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Possibilité de créer des configurations modulaires et évolutives, pouvant compter sur la disponibilité de solutions « clé en main », des temps de mise en œuvre réduits et des coûts d'investissement initiaux capables de garantir leur pérennité même à faible volume de marché;</li> <li>✓ Adapté à la fois à la demande du transport routière et du hors réseau, mais aussi à la demande de soutage maritime pour les navires de taille moyenne-grande également;</li> <li>✓ Besoin de moins d'investissements et d'espaces portuaires par rapport aux dépôts de plus grande taille;</li> <li>✓ Plus grande complémentarité par rapport aux dépôts côtiers situés dans les zones d'influence voisines.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capable de garantir la durabilité à faibles volumes de marché, aussi grâce à un investissement initial réduit, à la disponibilité de solutions « clé en main », à une utilisation moindre des espaces portuaires par rapport à des dépôts plus importants et à une moindre complexité en termes d'autorisation;</li> <li>✓ Capacité à desservir les petits navires, les véhicules logistiques portuaires convertis au GNL et la demande du transport routier et du hors réseau;</li> <li>✓ Possibilité de s'approvisionner également entièrement dans les installations de Bio-GNL locales ou dans les régions voisines;</li> <li>✓ Perception moins négative du public que les grands dépôts;</li> <li>✓ Plus grande complémentarité avec les autres infrastructures d'approvisionnement en GNL situées dans les zones d'influence voisines</li> </ul>

<b>Stockage de GNL à grande échelle (&gt; 10.000 m3)</b>	<b>Stockages de GNL de taille moyenne (modulaires et non modulaires)</b>	<b>Dépôt portuaire pour les petits volumes (&lt;500 m3)</b>
<b>Principaux inconvénients</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coûts d'investissement initial élevés</li> <li>▪ Besoin de volumes de marché élevés</li> <li>▪ Logistique complexe impliquant différents opérateurs et infrastructures (terminaux GNL, souteurs, stockage, transport secondaire par camion-citerne, client final)</li> <li>▪ Plus grande complexité du processus d'autorisation (également due à la perception du public) et nécessité de plus grands espaces portuaires par rapport aux dépôts plus petits</li> <li>▪ Moins de complémentarité par rapport aux grands dépôts situés dans les zones d'influence voisines</li> <li>▪ Logistique complexe impliquant différents opérateurs et infrastructures (terminaux GNL, souteur, stockage, transport secondaire par camion-citerne, client final)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coût global de réalisation plus faible dans la configuration modulaire par rapport aux solutions de même taille dans un seul réservoir, qui nécessiterait d'efforts plus importants en termes d'investissements initiaux, de surfaces disponibles, de processus d'autorisation et de délais de réalisation</li> <li>▪ Besoin de volumes de marché élevés mais coût des services proposés plus haut par rapport à des solutions de taille majeure dans un scénario de diffusion du GNL à grande échelle, aggravé par l'impossibilité de poursuivre l'évolution du marché en cas de croissance exponentielle de la demande</li> <li>▪ Risque consécutif d'exclusion du marché par des grands acteurs et des plus grands terminaux capables d'offrir des tarifs plus compétitifs</li> <li>▪ Complexité logistique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ L'extension de la capacité de stockage n'est pas toujours réalisable</li> <li>▪ Incapacité à suivre l'évolution du marché en cas de croissance exponentielle de la demande (extension de la capacité de stockage pas toujours réalisable)</li> <li>▪ Logistique d'approvisionnement non adaptée à la desserte de navires alimentés au GNL et/ou de souteurs de taille moyenne à grande</li> <li>▪ Rentabilité moindre à moyen et long terme</li> <li>▪ Coûts fixes élevés pour la création d'infrastructures dans la zone par rapport aux coûts d'installation</li> </ul>

Tableau 3 : forces et faiblesses de l'utilisation des camions-citernes et des conteneurs ISO

<b>Utilisation de camions-citernes-ISO (TTS traditionnel)</b>	<b>Utilisation de camions-citernes-ISO avec des systèmes de connexion simultanée-multiple TTS</b>
<b>Avantages remarquables</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Absence d'interface pour les opérations de soutage et simplification des opérations en raison de l'absence de tuyaux et d'autres aspects opérationnels</li> <li>✓ Grande flexibilité d'exploitation, avec une logistique adaptée pour répondre aux besoins du transport routier et du hors réseau à faibles volumes de marché, mais aussi pour l'approvisionnement des navires de taille moyenne à petite</li> <li>✓ Investissement initial réduit et simplicité d'autorisation (également pour une perception moins négative de la part du public)</li> <li>✓ Avantages potentiels liés à l'intermodalité et à l'utilisation de petits volumes de GNL pour alimenter les installations de cogénération au port</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les mêmes que la méthode traditionnelle (les exigences d'infrastructure et de quai restent également limitées), mais avec une plus grande flexibilité opérationnelle et logistique adaptée aussi aux volumes de marché moyens</li> </ul>
<b>Principaux inconvénients</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convient uniquement pour des types limités de navires, aussi pour les connexions à bord conformément aux strictes normes de construction</li> <li>▪ Interception limitée de la demande en raison de petits volumes, dépendance vis-à-vis des grands terminaux GNL européens à terre pour l'approvisionnement</li> <li>▪ Transport secondaire par camion-citerne qui doit parcourir de longues distances pour atteindre le client final</li> <li>▪ Les avantages découlant de l'intermodalité ne peuvent être obtenus en l'absence de liaisons ferroviaires adéquates dans le port</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les mêmes du mode TTS traditionnel mais avec un mouvement plus limité du côté du quai (en raison de la présence simultanée de plusieurs unités de chargement) et la possibilité de congestion de celui-ci, ainsi qu'une augmentation de la complexité d'organisation de la chaîne logistique</li> <li>▪ Impossibilité de desservir des navires alimentés au GNL et/ou des soudeurs de taille moyenne à grande, à cause des débits de transfert limités (900-1200 L/h)</li> </ul>

Tableau 4 : forces et faiblesses de l'utilisation de souteurs et barges

<b>Souteurs GNL de taille moyenne (5-7.500 m3)</b>	<b>Barge/ponton GNL intra-portuaire (1-3.000 m3)</b>
<b>Avantages remarquables</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Option préférée pour le ravitaillement de navires de grande taille avec des temps d'arrêt au port réduits ou des restrictions d'entrée</li> <li>✓ Flexibilité opérationnelle : le ravitaillement peut avoir lieu à côté, avec le navire récepteur amarré, ancré ou en stationnement et également en dehors des limites du port <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> <li>✓ Libre de permis de construire <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> <li>✓ Infrastructure mobile partagée avec d'autres ports voisins</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les mêmes que l'unité de soutage, mais avec des coûts de construction inférieurs, une plus grande flexibilité opérationnelle et moins de contraintes des restrictions portuaires ;</li> <li>✓ Possibilité de charger des conteneurs-ISO sur le pont pour faciliter la livraison fractionnée du produit dans différents secteurs portuaires ; <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> </ul>
<b>Principaux inconvénients</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coûts d'investissement initiaux élevés liés à la conception, l'achat, la construction/la modernisation des navires <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> <li>▪ Économiquement moins compétitif pour l'approvisionnement de navires de taille moyenne à petite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Partage avec d'autres ports plus difficile à réaliser <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> <li>▪ Soumis à la concurrence des opérateurs et des grands navires de soutage capables d'offrir des tarifs plus compétitifs <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> <li>▪ Impossibilité de s'approvisionner directement depuis les terminaux d'importation <sup>[1]</sup><sub>SEP</sub></li> </ul>

### 3. Consommation portuaire, exemples d'optimisation et de réduction des émissions

Ce chapitre résume et met en évidence les principaux résultats de l'analyse de la consommation portuaire et les exemples d'optimisation et de réduction des émissions liées, analysés par le Livrable T1.3.1 du projet PROMO-GNL<sup>8</sup>, rédigé par l'Université de Pise, et du Livrable T1.2.1 établi par IIC (Institut International des Communications) au nom du partenaire Regione Liguria.

Les analyses effectuées et résumées dans les paragraphes suivants, pour le Livrable 1.3.1 se réfèrent à:

- a) l'analyse des véhicules à propulsion hybride utilisables dans les ports et
- b) l'analyse de la consommation portuaire, exemples d'optimisation et de réduction des émissions dans le cas d'étude relatif au port de Livourne,

tandis que pour le Livrable T1.2.1, les analyses se réfèrent à l'utilisation du GNL pour les opérations ferroviaires dans la zone portuaire

#### 3.1 VÉHICULES ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PROPULSION HYBRIDES

Les systèmes de propulsion électrique hybride peuvent être distingués entre des hybrides série, dans lesquels la traction se produit au moyen de moteurs électriques et toute la puissance doit être convertie en électricité avant d'être utilisée pour la traction, et des hybrides parallèles, dans lesquels une partie de l'énergie est transférée de la source primaire au système de propulsion sans conversion en électricité.

Dans tous les cas, un système hybride prévoit un système d'accumulation, à la fois pour optimiser les performances et récupérer l'énergie lors du freinage, et pour répondre à la demande instantanée de puissance dans les phases d'accélération. Le moteur principal, généralement dimensionné sur la puissance moyenne et non sur la puissance de crête, fonctionne à des vitesses presque constantes et à faibles émissions garantissant que le véhicule fonctionne dans les phases à vitesse constante, tandis que le système d'accumulation fournit l'énergie nécessaire dans les phases d'accélération. Les systèmes de stockage d'énergie les plus utilisés sont électrochimiques (batteries).

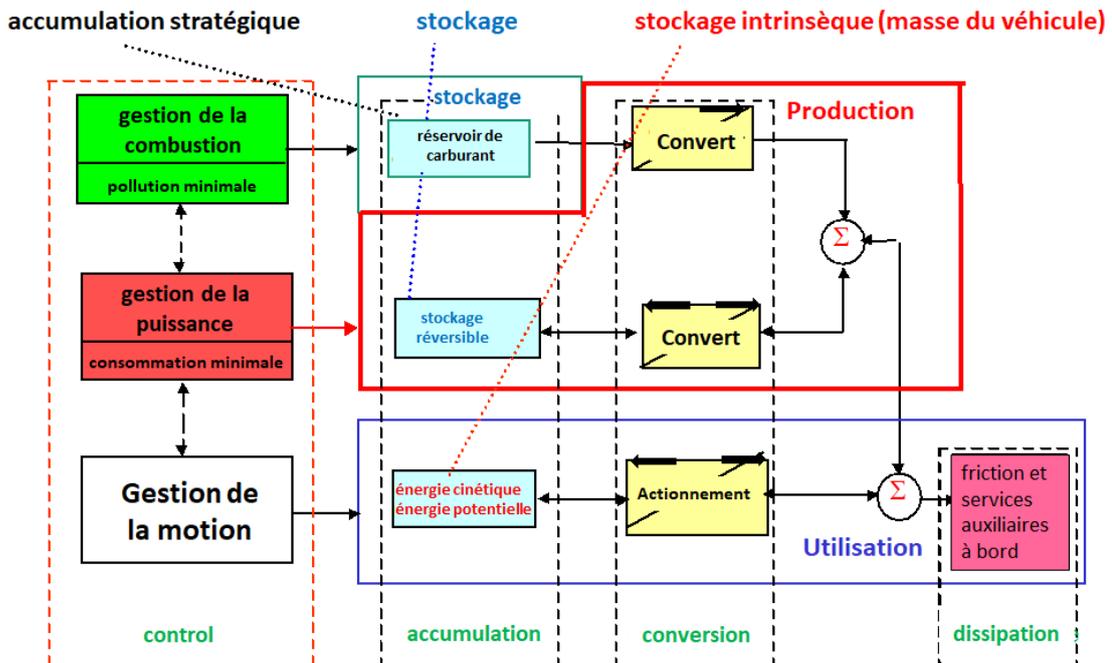
Dans les systèmes de propulsion hybrides, la présence de multiples sources d'énergie destinées à la traction crée la nécessité de gérer adéquatement les flux d'énergie entre les sources et entre celles-ci et le système de propulsion. La figure ci-dessous montre un

---

<sup>8</sup> Livrable 1.3.1: « *Rapport et analyse diagnostique pour la conversion GNL de moyens existants (moyens portuaires, embarcations, bateaux de pêche) Le rapport décrit les solutions techniques de conversion et les écarts par rapport aux conditions d'applications nécessaire pour répondre aux attentes. Identifie les leviers de la promotion GNL correspondants pour chaque type d'applications.* » Université de Pise - DESTEC, novembre 2019.

schéma général de propulsion hybride avec les relations fonctionnelles entre les différents composants du système mises en évidence.

Figure 13: Structure fonctionnelle des véhicules avec système de propulsion hybride



Dans la zone portuaire et dans les darses à conteneurs, il y a souvent une grande marge d'amélioration en termes d'efficacité énergétique et d'émissions polluantes/acoustiques. Ces dernières années, plusieurs ports et opérateurs de terminaux ont commencé à restructurer et à rénover, à la fois pour des raisons d'atténuation de l'impact environnemental et pour des raisons plus strictement économiques.

Les paragraphes suivants résument les équipements et les infrastructures mobiles qui conviennent le mieux à l'adoption de systèmes hybrides destinés à être utilisés dans la zone portuaire. Le secteur des véhicules à carburant pour le levage et le transport de conteneurs est celui qui a suscité le plus d'intérêt en raison de sa contribution aux émissions polluantes dans la zone et des marges économiques résultant d'éventuelles améliorations.

Une grande partie de la consommation d'énergie d'un terminal est liée au carburant nécessaire pour alimenter tous les engins de manutention non connectés au réseau électrique : grues portique (RTG), chariots à fourche frontale, camions de manutention interne/externe et chariots élévateurs pour le levage des conteneurs vides. Une augmentation de l'efficacité de ces véhicules entraînerait, en plus des économies sur la consommation de carburant, une réduction sensible des émissions polluantes et sonores.

Les évaluations ci-dessous se réfèrent à l'analyse de l'étude de cas relative au port de Livourne et plus précisément au Terminal Darsena Toscana (TdT), la société qui a actuellement la zone du port de Livourne en concession pour le trafic de conteneurs de marchandises.

### 3.1.1 ÉQUIPEMENT POUR LA MANUTENTION DES CONTENEURS DU TERMINAL DARSENA TOSCANA

Schématiquement, le système du Terminal Darsena Toscana (TdT) peut être divisé en quatre sous-systèmes différents :

- Sous-système de chargement-déchargement
- Sous-système de stockage dans la cour
- Sous-système de livraison et de réception
- Sous-système de transport horizontal

Chacun de ces sous-systèmes a des spécifications en termes de processus et de machines utilisées, mais en même temps, il interagit de manière cohérente avec les autres.

*Figure 14: Type d'équipement présent dans le terminal à conteneurs TdT*



Actuellement, aux fins de la manutention des conteneurs, le TdT est équipé des principaux types de grues et dispositifs de levage ci-contre :

- 8 Grues de quai (STS)
- 14 Grues portique (RTG)
- 20 Chariots à fourche frontale

#### **Système de chargement-déchargement**

Le système de chargement/déchargement comprend les huit grues ship-to-shore (STS) qui transportent les charges des navires vers le quai. À partir de là, les conteneurs sont déplacés au moyen de systèmes de transport horizontaux (camions ou similaires). Ces grues STS sont alimentées électriquement et sont responsables d'une part très importante de la consommation électrique du terminal.

### **Sous-système de stockage dans la cour**

Il s'agit du plus grand sous-système d'un point de vue physique, car en effet il couvre la quasi-totalité des 386.000 mètres carrés du Terminal. Il est d'une importance fondamentale pour la bonne gestion du mouvement des marchandises et sa logistique est gérée dans le détail grâce à un logiciel spécial qui s'occupe de la programmation des mouvements des conteneurs.

Il faut considérer que les navires qui arrivent transportent des milliers de conteneurs qui doivent être déchargés et triés de manière appropriée le plus rapidement possible. Il est donc clair à quel point une gestion précise des espaces de la cour est extrêmement importante. Des **grues portique sur roues RTG** (Rubber Tyred Gantry crane) sont utilisées dans la cour pour la manutention des conteneurs.

### **Sous-système de transport horizontal**

Ce système est celui qui relie les deux mentionnés ci-dessus en déplaçant les conteneurs horizontalement entre les différentes zones du terminal. Des camions spéciaux et des **chariots à fourche frontale** sont utilisés.

Les mêmes machines mentionnées ci-dessus sont utilisées pour déplacer les conteneurs de l'intérieur vers l'extérieur du terminal (ou vice versa) grâce à l'utilisation d'une ligne ferroviaire spéciale ou d'un camion (système de livraison et de réception).

---

## **3.1.2 CONSOMMATION D'ÉNERGIE DU TERMINAL DARSENA TOSCANA**

Le TdT représente un système particulièrement énergivore, présentant **une consommation électrique énorme**, soit environ 8.000 MWh par an. Cette consommation est principalement due à quatre types de charges :

- Conteneurs frigorifiques
- Grue STS
- Tours phare et éclairage de la cour
- Bureaux

En lisant le tableau ci-dessous, qui rend compte de la consommation électrique du TdT pour l'année civile 2015, on peut voir qu'une grosse partie de cette consommation est due au raccordement au réseau des conteneurs frigorifiques qui doivent être alimentés en permanence même pendant les phases de stockage, et à la puissance requise par les grues STS pour le déchargement et le chargement des conteneurs sur les navires.

L'autre partie de la consommation d'énergie du terminal est celle liée au carburant nécessaire pour alimenter tous les appareils de manutention de marchandises non connectés au réseau électrique, donc les RTG, les chariots à fourche frontale, les camions

de manutention interne et externe et les chariots élévateurs pour le levage des conteneurs vides. De leur fonctionnement dérivent également les émissions polluantes produites à l'intérieur du terminal, par conséquent une augmentation de leur efficacité entraînerait, en plus d'économiser sur la consommation de carburant, une réduction des émissions polluantes dans la zone. Dans ce cas, les quotas de consommation sont répartis équitablement entre les différents moyens utilisés.

*Tableau 5 : Consommation d'électricité et de carburant du TdT pour l'année civile 2015*

Consommation électrique			Consommation de carburant		
	[MWh]	%		[L]	%
<b>Conteneur frigorifique</b>	3.623	<b>45,57</b>	<b>Grue RTG</b>	380.850	<b>28</b>
<b>Grue STS</b>	2.551	<b>32,08</b>	<b>Camion</b>	394.159	<b>29</b>
<b>Éclairage</b>	1.135	<b>14,27</b>	<b>Chariots à fourche frontale</b>	573.532	<b>43</b>
<b>Bureaux</b>	642	<b>8,08</b>	<b>Total</b>	<b>1.348.571</b>	
<b>Total</b>	<b>7.952</b>				

Les paragraphes suivants fournissent des informations sur la possibilité de mettre en œuvre des systèmes hybrides et GNL pour les suivants équipements des quais :

- Grue de cour RTG
- Tracteurs portuaires
- Locomotives de manœuvre

### 3.1.3 GRUE RTG

Les grues RTG ne sont pas l'élément le plus énergivore dans l'absolu mais elles se caractérisent par un rendement moyen très faible : le moteur à combustion interne est en effet dimensionné pour couvrir toutes les charges qui en phase de démarrage du levage sont de l'ordre de 350 kW, mais avec une puissance moyenne requise par le système beaucoup plus basse (de l'ordre de 10 kW). Pour cette raison, le moteur à combustion interne se retrouve fréquemment à travailler dans des conditions de fort bridage avec une consommation spécifique élevée.

A ce jour, les solutions de ce type sont à considérer comme obsolètes, compte tenu de la réduction considérable des prix des systèmes d'accumulation et de conversion électrique qui permettent aujourd'hui de créer des systèmes intégrés beaucoup plus efficaces et économiquement plus avantageux. De plus, la mise à niveau de ces systèmes est encore plus intéressante étant donné que, déjà à l'heure actuelle, la plupart des grues RTG utilisent

le freinage électrique lors de la descente du conteneur. L'énergie ainsi produite, qui s'avère être une partie substantielle du total requis, est actuellement dissipée sur un rhéostat de freinage, perdant ainsi la possibilité d'être récupérée du point de vue énergétique.

Les solutions possibles pour une mise à niveau des grues RTG sont de trois types :

- électrification complète du système
- couplage du moteur thermique avec un système d'accumulation adapté
- utilisation du gaz naturel (GNL ou GNC) dans le moteur à combustion interne (conversion d'un diesel traditionnel en bicarburant ou adoption d'un moteur à gaz) en combinaison avec le système d'accumulation

Si, d'une part, l'électrification complète implique l'annulation presque totale des émissions polluantes à l'intérieur de la zone portuaire et une plus grande efficacité du système, d'autre part, il est nécessaire de préparer des systèmes de raccordement électrique appropriés par câble ou rail, avec les problèmes logistiques et d'investissement économique conséquents. De plus, cela rend le système encore plus dépendant du réseau électrique, avec des interruptions de service en cas de panne de courant.

Le choix d'une alimentation hybride présente en revanche des avantages divers : indépendance du réseau, même liberté de mouvement de la grue que la grue actuelle et moindres, pour ne pas dire zéro, coûts d'infrastructure. En revanche, il y a des émissions polluantes et acoustiques réduites mais toujours présentes, une dépendance résiduelle des coûts d'exploitation du prix du carburant et des coûts de maintenance probablement plus élevés par rapport à la solution 100 % électrique.

Dans le cas de l'alimentation du moteur au gaz naturel, qu'il soit sous forme compressée ou liquide, monocarburant ou bicarburant, tous les avantages liés à l'hybridation du système sont maintenus avec des bénéfices plus importants en termes d'émissions polluantes.

En ce qui concerne le ravitaillement en GNL, il convient de souligner que la pénétration de ce carburant dans le secteur portuaire augmentera de manière décisive dans les années à venir en raison de la réglementation sur les émissions qui impose au transport naval le passage à ce carburant.

Les hypothèses les plus intéressantes en raison de la réduction des coûts d'infrastructure et de l'indépendance vis-à-vis du réseau semblent donc être les deux dernières : hybride-diesel et hybride-gaz naturel.

Les deux solutions peuvent être réalisées avec des composants habituellement disponibles sur le marché et gérés par un système de contrôle dédié. La **solution hybride utilisant le GNL** comme carburant semble être celle qui présente le taux d'innovation le plus élevé (les études et les prototypes de grues RTG hybrides et de grues RTG alimentées au GNL sont connus, mais pas ceux de grues hybrides RTG + GNL).

La page suivante présente les données relatives à la réduction de la consommation de carburant des RTG dans les différentes configurations simulées, ainsi qu'une analyse économique préliminaire.

Figure 15: Réduction de la consommation de carburant des RTG dans les différentes configurations simulées



Source : Université de Pise

Figure 16: Analyses économiques préliminaires des RTG dans les différentes configurations simulées

Cost analysis.

	Standard	HEV STD Li-bat	HEV STD SC stack	HEV A Li-bat	HEV B Li-bat	HEV A SC stack	HEV B SC stack
<b>Parts</b>							
ICE (k€)	41.4	41.4	41.4	16.5	3.6	16.5	3.6
EG (k€)	62.1	62.1	62.1	24.8	5.4	24.8	5.4
RESS (k€)	-	39.0	17.0	39.0	39.0	17.0	17.0
Total (k€)	103.5	142.5	120.5	80.3	48.0	58.3	26.0
<b>Usage costs</b>							
Fuel (k€/y)	26.1	18.3	18.3	10.5	10.5	10.5	10.5

Source : Université de Pise

### 3.1.4 TRACTEURS PORTUAIRES

Pour l'étude de cas relative aux tracteurs portuaires, le modèle MAFI MT30 YT à empattement court a été pris comme référence. Le tableau suivant montre les données utilisées pour le dimensionnement.

Figure 17: Caractéristiques du tracteur portuaire considéré pour l'étude de cas



Modèle MAFI MT30 YT	
Masse maximale en charge (kg)	67500
Masse à vide (kg)	7500
Coefficient de frottement de roulement	0,007
Rayon de roulement (m)	0,475
Tronçon avant (m <sup>2</sup> )	7,0
Coefficient de traînée aérodynamique	0,65
Puissance ICE (kW)	172

Les spécifications de performances initiales ont été définies en prenant comme référence les données réelles d'utilisation. En particulier, trois scénarios d'utilisation ont été identifiés, décrits ci-dessous. Pour chacun d'eux, la vitesse du véhicule, la charge et le profil altimétrique de l'itinéraire exprimés en fonction du temps ont été déduits. Pour le profil de vitesse, les différentes valeurs d'accélération et de pente ont été supposées<sup>9</sup>.

Tableau 6 : caractéristiques des deux cas examinés pour l'étude de cas sur le tracteur portuaire

Cas A	Cas B
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les besoins énergétiques pour la propulsion sont les mêmes pour le véhicule hybride et le véhicule conventionnel.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ L'efficacité de transmission moyenne est estimée à 80 %.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La consommation spécifique moyenne du moteur du véhicule conventionnel est estimée à 250 g/kWh.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Les besoins énergétiques des dispositifs auxiliaires sont les mêmes pour le véhicule hybride et pour le véhicule conventionnel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Le schéma de propulsion hybride permet l'électrification de certains appareils auxiliaires, réduisant leur absorption par rapport à la version conventionnelle : l'absorption moyenne du système de direction a été réduite à 3 kW (-50 %), tandis que l'absorption du système de manipulation pendant les pauses est restée inchangée par rapport au conventionnel.</li> </ul>

<sup>9</sup> Accélération 0-20 km/h à pleine charge : 10 s ; Accélération 0-20 km/h à vide : 3 s ; Décélération 20-0 km/h : 10 s.  
En ce qui concerne la pente, cette dernière n'a été prise en compte que dans le troisième cas examiné. En particulier, une valeur de 7 % a été supposée pour être parcourue à pleine charge à une vitesse de 20 km/h.

Comme on peut le voir à la lecture du tableau suivant résumant les résultats sur la variation des deux cas examinés, l'électrification des dispositifs auxiliaires pour l'hybride (cas B), associée à une réduction conséquente de l'absorption de puissance, a un impact significatif vers une ultérieure réduction de la consommation par rapport au cas A.

*Tableau 7 : résultats des deux cas examinés pour l'étude de cas sur le tracteur portuaire*

Consommation	Cas A			Cas B		
	Cycle Plate-forme	Cycle 1	Cycle 2	Cycle Plate-forme	Cycle 1	Cycle 2
Consommation véhicule hybride (L/h)	7,9	5,5	5,6	7,0	4,7	4,8
Consommation véhicule conventionnel (L/h)	10,3	6,7	6,6	10,3	6,7	6,6
Variation (%)	-23,6	-17,8	-15,5	-31,9	-29,5	-27,8

### 3.1.5 LOCOMOTIVES DE MANŒUVRE

Il y a deux caractéristiques principales dans le cycle de fonctionnement typique d'une locomotive de manœuvre : des pics de puissance élevés par rapport à la puissance requise pour les mouvements à basse vitesse<sup>10</sup> ; un temps de mouvement réduit par rapport à celui où la machine est arrêtée mais occupe quand même une puissance de quelques dizaines de kW pour maintenir les auxiliaires en mouvement (compresseur, système de freinage, ventilation, climatisation, etc.).

Les deux caractéristiques du cycle font en sorte que la valeur moyenne de la puissance globale requise est inférieure à la valeur maximale installée à bord nécessaire au transfert des objets à manipuler. La puissance du générateur primaire (groupe électronique) peut être de l'ordre de 15-20 % de la puissance maximale. Les batteries doivent donc pouvoir fournir la puissance supplémentaire nécessaire pendant les pics de demande.

Un système hybride à accumulation dans le secteur ferroviaire permet de :

- améliorer l'efficacité énergétique du système en permettant de choisir le point de fonctionnement du moteur principal assez librement, en le rapprochant des conditions de performances maximales, de manière à réduire considérablement les émissions polluantes dans l'atmosphère;

<sup>10</sup> De toute évidence, les missions de sauvetage et l'utilisation comme locomotives de train ne sont pas prises en compte.

- améliorer l'efficacité énergétique du système en permettant de récupérer une partie de l'énergie cinétique accumulée dans le véhicule lors du freinage;
- réaliser des tronçons avec propulsion exclusivement électrique, c'est-à-dire avec zéro émissions polluants et faibles émissions sonores.

Particulièrement intéressante est l'hybridation des locomotives de manœuvre utilisées aujourd'hui dans les gares ferroviaires essentiellement pour la composition des trains pour le transport de marchandises.

Le service de manœuvre est soumis à une grande variabilité. Par conséquent, dans le but de dimensionner la locomotive de manœuvre hybride, on s'est référé à des paramètres de variabilité définis par une distribution de type gaussienne<sup>11</sup>. Cette hypothèse permet, d'une part, de ne pas surdimensionner le système d'accumulation de la locomotive et/ou la puissance du moteur primaire (ce qui se passerait en prenant les valeurs extrêmes comme référence) et d'autre part, d'avoir suffisamment confiance que le véhicule soit capable de faire face à la plupart des circonstances qui peuvent survenir pendant le fonctionnement. Pour les circonstances restantes, il est acceptable une diminution des performances en termes de puissance (mais pas en termes d'effort de traction).

Afin d'évaluer les énergies et les puissances nécessaires pour effectuer un cycle d'opérations, une simulation a été effectuée en référence à l'utilisation d'une locomotive de manœuvre D141 (utilisée par les chemins de fer de l'État FS) qui complète le cycle décrit dans le tableau suivant.

Figure 18: Exemple de locomotive de manœuvre portuaire - modèle D141



Source : <http://piccolitreni.altervista.org/>

---

<sup>11</sup> Pour plus de détails sur les paramètres d'influence, pour les hypothèses et pour la définition du service de manœuvre, voir le rapport de référence, élaboré par l'Université de Pise.

*Tableau 8 : caractéristiques du cycle de fonctionnement de la locomotive de manœuvre portuaire*

### Étapes du cycle de fonctionnement

1. 60 secondes de stationnement initial
2. Déplacement d'une colonne de wagons de la voie 1 à la barre de manœuvre pour un espace de 1.475 m
3. Arrêt de la colonne et temps d'attente pour la formation de l'itinéraire : 126 secondes
4. Transfert de la colonne en voie 2 (espace 1.475)
5. Temps d'attente pour accrocher/décrocher et formation d'itinéraire pour le prochain mouvement : 126 secondes

### Caractéristiques de mouvement

- Vitesse de déplacement maximale : 30 km/h (vitesse limitée par la présence des échanges)
- Résistance au mouvement indépendante de la vitesse : 30 N/tonne
- Aucune limitation des performances en puissance par rapport à la courbe caractéristique effort/vitesse

Le tableau suivant montre les valeurs des flux de puissance (kW) et des flux énergétiques globaux (kWh) pour chaque composant du véhicule par rapport à un cycle élémentaire qui dure environ 24 minutes, dont environ 6 d'inactivité.

On peut noter qu'avec la puissance nominale de 1.400 kW de la locomotive D141, un groupe électrogène d'environ 200 kW peut être utilisé pour l'hybridation de cette locomotive (augmentant légèrement la puissance maximale requise dans le cycle afin d'avoir une marge pour ensuite transférer les wagons à la gare la plus proche à une vitesse supérieure à 30 km/h).

Par rapport à la consommation du D141, il y a une réduction de la consommation d'environ 50 %, due essentiellement au fait de faire marcher un moteur diesel beaucoup plus petit dans le point de fonctionnement près de l'efficacité maximale.

*Tableau 9 : flux de puissance énergétique pour chaque composant*

Flux de puissance (kW)		Flux d'énergie (kWh)	
➤ Puissance de traction maximale	330	➤ Énergie de traction	85,4
➤ Puissance maximale récupérée de la traction	67	➤ Énergie d'accumulation nette	53,8
➤ Puissance maximale générée par l'accumulation	220	➤ Énergie d'accumulation générée	57,5
➤ Puissance maximale récupérée par l'accumulation	167	➤ Énergie d'accumulation récupérée	3,7
➤ Puissance maximale générée	120	➤ Énergie absorbée par les auxiliaires	4,0
➤ Puissance maximale dissipée	0	➤ Consommation totale de litres de diesel	2,2
➤ Puissance maximale absorbée par les auxiliaires	10	➤ Consommation de diesel par km	7

---

### 3.1.6 LOCOMOTIVE DE MANOEUVRE EN ÉLECTRIQUE BIMODALE PURE

Une locomotive électrique bimodale est une locomotive électrique normale alimentée par une ligne avec pantographe à laquelle est ajouté un système d'accumulation d'énergie électrique avec des accumulateurs électrochimiques. Ce type de véhicule peut parcourir des tronçons de voie ferrée sans être alimenté par la ligne de contact mais en utilisant l'énergie des accumulateurs électrochimiques.

En cas d'utilisation comme locomotives de manœuvre, elles peuvent fonctionner sur une infrastructure non pourvue de la ligne de contact reliant les quais aux lignes de transport nationales, en utilisant l'électricité accumulée, puis en rechargeant les accumulateurs lorsqu'ils sont insérés dans l'infrastructure ferroviaire alimentée avec ligne de contact (normalement la gare d'où ils prélèvent et retournent les trains chargés/déchargés sur le quai).

Ce type de solution véhiculaire permettrait de ne pas utiliser de carburants dans la manutention portuaire avec les trains, annulant les émissions de gaz brûlés localement et réduisant également les nuisances sonores.

En référence au cycle de manœuvre élémentaire illustré ci-dessus pour la formation d'un convoi d'environ 450 m, l'énergie électrique nécessaire pour réaliser le cycle serait d'environ 90 kWh, avec la nécessité d'une accumulation d'environ 340 kWh<sup>12</sup>.

En utilisant un coefficient de sécurité de 2, environ 700 kWh d'accumulateurs électrochimiques devraient être installés à bord, ce qui, avec les technologies au lithium les plus commerciales aujourd'hui, entraînerait une augmentation de poids d'environ 500 kg (avec presque aucun effet par rapport au poids d'environ 13 tonnes de la locomotive).

Par exemple, en tenant compte de la « zone de Livourne-port de Livourne », il y a un mouvement annuel d'environ 2.400 convois qui ne sont pas formés sur le quai mais uniquement transférés de la gare de Tombolo au quai, d'habitude toujours totalement chargés d'environ 1500 t, sur un parcours d'environ 8 km, avec une consommation annuelle de 480 MWh d'électricité pour la traction. La même activité réalisée avec les locomotives actuelles nécessiterait environ 200.000 litres de diesel.

---

<sup>12</sup> On considère qu'environ 200 kWh seraient utilisés pour transporter le convoi de 1.600 t sur 8 km jusqu'à la gare la plus proche et qu'environ 50 kWh seraient consommés pour ramener un convoi de wagons vides au port.

### 3.2 OPTIONS D'UTILISATION DU GNL POUR LES OPÉRATIONS FERROVIAIRES DANS LA ZONE PORTUAIRE

La diffusion de l'utilisation du GNL, méthane stocké sous forme liquide à température cryogénique, est désormais consolidée et en croissance continue dans le monde entier, grâce notamment à la possibilité de stocker des quantités importantes d'énergie avec des poids et encombrement compétitifs par rapport au diesel.

Dans le domaine automobile, il existe une large gamme de moteurs (moteurs « dual fuel » et « gaz seul »), généralement appliqués aux véhicules industriels, qui utilisent le GNL.

Dans le domaine ferroviaire, le GNL n'a pas encore une présence significative, et là où les locomotives électrifiées ne sont pas disponibles, la solution la plus largement adoptée est celle des moteurs diesel. On compte des premières expériences de conversion de locomotives diesel en dual fuel capables d'obtenir des réductions importantes de la pollution produite (CO<sub>2</sub>, particules, fumées), pour un coût de conversion décidément bas.

L'utilisation de carburants alternatifs, comme le GNL, dans le transport ferroviaire trouve une application potentielle à la place de la traction diesel « conventionnelle » qui est adoptée dans les sections non électrifiées du réseau (par le biais de locomotives diesel ou hybrides diesel-électriques).

La part du réseau non électrifiée en Italie représente environ 28,3 % du total (4.760 km sur un total de 16.780 km) et n'est pas uniformément répartie sur le territoire national. L'électrification du réseau est en effet liée aux besoins fonctionnels du tronçon et au respect des principes d'économie qui dépendent du degré d'utilisation du réseau et du type de trafic (passagers et/ou marchandises). Les pourcentages d'électrification du réseau ferroviaire pour la Ligurie, la Sardaigne et la Toscane sont indiqués dans le tableau suivant.

*Tableau 10 : Électrification du réseau ferroviaire en Ligurie, Toscane et Sardaigne*

Région	Total lignes en service (km)	Lignes non électrifiées - diesel (km)	Lignes non électrifiées - diesel (% du total)
<b>Ligurie</b>	495	478	3,4 %
<b>Sardaigne</b>	427	427	100 %
<b>Toscane</b>	1.479	503	34 %

Source : <http://www.rfi.it/rfi/LINEE-STAZIONI-TERRITORIO>

En ce qui concerne le sujet de cette étude, on souligne que les zones à l'intérieur des périmètres des ports et des raccords présentent dans la plupart des cas des voies ferrées non électrifiées.

Le cas spécifique de la fourniture de GNL aux locomotives opérant à l'intérieur des ports est particulièrement intéressant, quelle que soit la solution technologique adoptée, quand il est inséré dans un contexte d'infrastructures portuaires pour fournir du gaz non seulement aux navires, considérés le principal utilisateur, mais aussi à toute une série de services opérant dans la zone portuaire et pouvant exploiter pleinement les installations locales de stockage et de distribution de gaz.

Dans le panorama de l'industrie nationale, d'une part il y a des entreprises qui opèrent déjà dans la conversion au dual fuel de moteurs de camions et dans la création de moteurs gaz seul, d'autre part il y a des entreprises capables de concevoir et produire tous les composants cryogéniques nécessaires pour ces réalisations. On peut donc affirmer qu'on a des solutions technologiquement mûres dans l'industrie manufacturière.

A partir de ce scénario de référence, la question de l'utilisation du GNL pour alimenter les locomotives effectuant des manœuvres à l'intérieur du port trouve sa place naturelle dans le projet PROMO-GNL et dans le rapport T1.2.1. Dans les paragraphes suivants on fournit les principaux résultats concernant les activités suivantes<sup>13</sup> :

- analyse des applications les plus importantes déjà existantes sur le marché ;
- examen de l'état de l'art des manœuvres ferroviaires dans les ports du territoire de coopération ;
- identification des locomotives utilisées pour l'étude de cas et de leur caractéristiques techniques ;
- caractérisation de différentes solutions techniques de réaménagement de locomotives ;
- évaluation de l'impact du réaménagement sur les performances, les émissions, la consommation ;
- évaluation économique ;
- considérations relatives à l'homologation et à l'infrastructure de recharge.

---

<sup>13</sup> Pour la collection de la législation de référence, se référer à la version complète du rapport.

### 3.2.1 ENQUÊTE ET RECHERCHE SUR LE GNL UTILISÉ DANS LE SECTEUR FERROVIAIRE

En Europe, les projets relatifs à l'utilisation du GNL et des carburants alternatifs dans le transport ferroviaire sont à un stade précoce. Les acteurs susceptibles de favoriser le processus sont les sociétés de transport ferroviaire, les fabricants de matériel roulant (par exemple l'association FerCargo Rotabili) et le Ministère du Développement Économique qui a manifesté un vif intérêt pour le sujet.

Le panorama mondial offre quelques études de cas à analyser, mais elle sont peu nombreuses et se réfèrent pour la plupart à la traction le long de la ligne et non aux manœuvres dans le port (à l'exception du cas de Tarragone). En particulier, il y a des expériences récentes à l'étranger sur des locomotives lourdes : mis à part un exemple russe de locomotive à turbine, le concept d'alimentation « dual fuel » semble être répandu, car il nécessite d'interventions moins lourdes sur les gros moteurs diesel par rapport à la conversion totale.

Au niveau européen, la seule expérience significative déjà acquise liée à l'utilisation du GNL dans le domaine ferroviaire portuaire est représentée par le cas pilote espagnol du port de Tarragone qui, dans le cadre du projet européen CORE LNGas Hive, a développé une étude de faisabilité sur l'utilisation d'une locomotive GNL (de triage) dans la zone portuaire.

Le projet pilote, commencé en 2017 et terminé à la fin de 2018, visait à l'introduction progressive de locomotives de manœuvre au GNL pour remplacer les locomotives diesel actuelles. Parallèlement à l'identification d'obstacles techniques et juridiques, le projet a abordé la faisabilité d'un double point de vue économique et environnemental, en venant à produire des recommandations pour la gazéification des services de manœuvre portuaire.

En résumé, quelques preuves significatives de cette expérience sont rapportées ci-dessous :

- les machines au GNL-dual fuel ne sont pas standardisées sur le marché (il n'y a pas de liste de prix ou de catalogue spécifique) ;
- des coûts de développement et d'adaptation supplémentaires sont nécessaires pour des besoins de transport spécifiques (dans ce cas liés aux manœuvres portuaires) ;
- il existe des barrières réglementaires et juridiques (le GNL n'étant pas inclus dans les carburants à usage ferroviaire, des homologations et autorisations ad hoc sont requises et, en l'absence d'un cadre réglementaire spécifique, des analyses de risques spécifiques sont nécessaires) ;
- d'un point de vue économique, la différence de coût entre le diesel et le GNL prend une grande importance, car ses paramètres varient dans le temps et ne sont pas facilement prévisibles. La période de retour sur investissement d'une locomotive alimentée à GNL est d'environ 7 ans. Le plus grand volume nécessaire à bord pour le stockage du GNL entraîne une perte de capacité de transport difficile à assumer dans le secteur des passagers ;

- il s'avèrent nécessaires des activités d'ingénierie spécifiques liées au choix des solutions technologiques et à la recherche d'espaces adéquats à bord du train pour l'installation du réservoir et des systèmes de refroidissement ;
- un changement du fonctionnement du service est nécessaire car on passe de 1 à 2 ravitaillements hebdomadaires (2.700 litres de diesel contre 2.160 litres de GNL stockables à bord du train) ;
- dans le cas spécifique de la traction liée aux manœuvres portuaires, les solutions «dual fuel» ne semblent pas adaptées à la discontinuité des opérations qui est typique de ces services.

Les évaluations des effets environnementaux, en termes de réduction d'environ 70 % des nuisances sonores et des émissions de CO, NOx et particules, sont nettement plus encourageantes.

---

### **3.2.2 EXAMEN DE L'ÉTAT DE L'ART DES MANŒUVRES FERROVIAIRES DANS LES PORTS DU TERRITOIRE DE COOPÉRATION**

Une concertation a été entamée avec les Autorités Portuaires et les compagnies ferroviaires qui réalisent les manœuvres dans les ports de Gênes, Livourne, Cagliari, Toulon et Bastia, en se référant explicitement aux zones territoriales du programme (Ligurie, Toscane, PACA, Sardaigne, Corse).

Des indications intéressantes ont été recueillies sur le rôle de ces sujets par rapport à une éventuelle mise en service progressive de locomotives de manœuvre au GNL, avec une référence particulière aux exigences et contraintes spécifiques liées à tout choix stratégique dans cette direction.

---

#### **PORT DE GENES**

Dans les zones de l'ancien port, de Sampierdarena et de Voltri (terminal PSA), les opérations ferroviaires sont exploitées par la société FuoriMuro - Servizi Portuali e Ferroviari Srl, qui est également en mesure d'intégrer, par le biais de sociétés liées au même groupe industriel, l'activité de manœuvre au sein du port avec la traction vers les zones rétro-portuaires, en offrant à ses clients un service complet, y compris la location et la fourniture de wagons et caisses.

Pour opérer les manœuvres, FuoriMuro utilise actuellement différents types de locomotives, en particulier certains modèles LHB 530C particulièrement adaptés à la réalisation des manœuvres, achetés d'occasion et modernisés. Dans le cadre de l'expansion et de la modernisation de sa flotte, FuoriMuro disposera à plein régime d'une flotte de 25 tracteurs de ce type, et serait donc très intéressée à évaluer son potentiel d'approvisionnement en GNL.

Les points d'attention qui selon FuoriMuro doivent être approfondis afin de procéder à l'introduction du GNL comme source d'énergie pour les tracteurs sont variés :

- l'évaluation de l'intérêt économique en termes de coûts d'exploitation : aujourd'hui, la consommation moyenne de diesel est d'environ 16 lt/h, ce qui, comparé à une moyenne de 6 heures de fonctionnement quotidien sur 200 jours/an, conduit à titre indicatif à une consommation de 20.000 litres de diesel l'an ;
- la solution d'ingénierie qui positionne à bord le réservoir d'essence, lequel, compte tenu des contraintes d'espace, conduirait, en cas d'alimentation dual fuel, à réduire la taille du réservoir diesel ;
- la logistique d'approvisionnement, en tenant compte du fait que ces locomotives fonctionnent dans des zones limitées et sont généralement abritées dans certains lieux fixes, où des infrastructures de recharge pourraient être installées ; la solution idéale serait celle de conteneurs modulaires montés sur semi-remorques positionnés dynamiquement à proximité des locomotives, solution qui doit cependant être rendue compatible avec les normes qui ne prévoient pas actuellement cette possibilité ;
- une autre solution possible pour assurer l'approvisionnement, à examiner en détail, pourrait consister en la construction d'une station de liquéfaction locale, située dans le parc de manœuvre dans la position la plus simple et la plus sûre, alimentée par le réseau de gaz ; cette solution réduirait considérablement le besoin de stockage et éliminerait complètement le problème du transport du méthane liquéfié jusqu'au point de livraison.

---

## PORT DE LIVOURNE

À l'intérieur du port de Livourne, les manœuvres sont effectuées par Mercitalia Shunting & Terminal (MIST), ex Serfer, une société du groupe Ferrovie dello Stato Italiane ; en plus de Livourne, la société opère dans de nombreux autres ports italiens, y compris Savone et La Spezia. MIST a acquis avec Mercitalia une flotte d'environ 130 locomotives de types très différents, et a donc décidé de se concentrer sur trois modèles, à savoir D255, D245 et D214 ; la flotte actuelle compte 90 véhicules. Ces véhicules sont progressivement rénovés, tant au niveau des composants mécaniques que de l'électronique comme expressément requis par la réglementation en vigueur, notamment le décret ANSF 1/2015 pour permettre le fonctionnement des véhicules sur le réseau national. Cette activité de rénovation est toujours en cours, par conséquent, il pourrait y avoir, en perspective, l'intérêt de MIST à expérimenter l'équipement GNL d'une de ces locomotives.

Une hypothèse opérationnelle pour assurer le ravitaillement en carburant des locomotives de manœuvre pourrait être de placer un conteneur cryogénique mobile à l'intérieur du parc de manœuvre, dans une position adéquate et convenue avec les pompiers, puis de déplacer ce conteneur vers l'entrepôt pour l'approvisionner et le ramener à la gare de triage.

---

## PORTO DI CAGLIARI

Après une vérification approfondie auprès de l'Autorité du Système portuaire de la Mer de Sardaigne, il ressort clairement que la question n'est pas d'actualité dans le contexte sarde, car il n'y a aucun service de fret navire-train sur l'île, et par conséquent aucun service de manœuvre ferroviaire dans les principaux ports de Cagliari et Olbia. Tout le trafic de marchandises à l'intérieur de l'île se fait par camion, tandis que les liaisons avec le continent se font par embarquement direct des camions ou semi-remorques sur les nombreux ferries en service. Les seules activités portuaires de fret sont liées au transbordement dans le port de Cagliari, évidemment sans effet sur les objectifs de cette étude.

Une note historique : jusqu'à il y a quelques décennies, Golfo Aranci, équipé d'un parc ferroviaire d'une taille considérable, traitait environ 50 % des marchandises entrant et sortant de la Sardaigne par chemin de fer ; de grandes locomotives de manœuvre, aujourd'hui abandonnées, fonctionnaient dans ce parc.

---

## PORT DE TOULON

La liaison entre la zone portuaire et le réseau ferroviaire est actuellement en construction dans le port de Toulon ; la mise en service est prévue pour 2020. La Chambre de Commerce et de l'Industrie du VAR prévoit de confier ce service à une entreprise privée. Ils déclarent qu'ils sont intéressés à examiner la possibilité d'alimenter les locomotives de manœuvre au GNL dans une perspective future, mais pas aujourd'hui car ils ne fournissent pas ces services.

---

## LA CORSE

Les deux lignes ferroviaires présentes en Corse se caractérisent par un armement à voie étroite, ce qui implique en fait l'impossibilité de débarquer des véhicules ferroviaires du continent qui sont adaptés aux lignes à voie normale. En fait, les seuls services ferroviaires effectués sur ces lignes sont de type passager. Par conséquent, la question de l'exploitation ferroviaire dans les différents ports de Corse n'est pas d'actualité, comme l'a confirmé l'Office des transports de la Corse.

### 3.2.3 CARACTÉRISTIQUES DES LOCOMOTIVES DE L'ÉTUDE DE CAS

Pour développer l'étude d'ingénierie sur la faisabilité, sur les solutions techniques et sur l'évaluation budgétaire des coûts associés à la méthanisation d'une locomotive de manœuvre avec le GNL, il a été décidé de procéder à une étude de cas concrète, afin de donner plus de confiance et de pragmatisme aux résultats obtenus.

Le choix de l'étude de cas s'est porté sur les locomotives LHB 530C appartenant à Fuorimuro de Gênes, grâce au fort intérêt de cette société pour l'étude et à sa volonté de soutenir et d'apporter des suggestions utiles aux différents stades de développement de l'activité.

Lors d'une inspection approfondie réalisée à l'atelier FuoriMuro, à laquelle a également assisté la société Ecomotive-Solutions spécialisée dans la construction et la modernisation de moteurs à gaz liquéfiés pour véhicules industriels, les éléments utiles pour la phase de définition et dimensionnement de la nouvelle solution ont été collectés.

Le moteur préexistant sur ces machines se compose d'un moteur MTU modèle 6V396, caractérisé par une alimentation Diesel, une consommation de carburant d'environ 220 g/kwh (consommation moyenne de carburant en fonctionnement : 16 litres de diesel l'heure) pour une capacité de réservoir de 1.300 litres de diesel.

*Figure 19: Locomotive Fuori Muro rénovée et opérationnelle dans la zone portuaire*



### 3.2.4 ANALYSE DE DIFFÉRENTES SOLUTIONS TECHNIQUES DE RÉAMÉNAGEMENT DE LOCOMOTIVES

L'examen de la littérature et des expériences développées dans d'autres contextes ont montré quatre approches possibles de la méthanisation des locomotives diesel :

- la conversion du moteur diesel existant en :
  - [a] un moteur entièrement GNL ;
  - [b] un moteur dual fuel diesel/GNL ;
- remplacement complet du moteur diesel existant par :
  - [c] un moteur entièrement GNL ;
  - [d] un moteur dual fuel diesel/GNL ;

Chaque solution comporte des éléments positifs et négatifs, et il est impossible d'établir a priori le choix optimal, mais il est nécessaire de la placer cas par cas dans le contexte spécifique.

Certains éléments généraux peuvent être pris comme référence :

- du point de vue du coût d'investissement, les solutions [c] et [d] qui prévoient le remplacement complet du moteur préexistant ont un coût plus élevé que les solutions [a] et [b] qui ne prévoient que la transformation du moteur préexistant ;
- la réduction des émissions et du bruit est décidément plus considérable dans les cas [a] et [c] avec une motorisation 100 % GNL par rapport aux cas [b] et [d] avec une double alimentation ;
- la réduction de la consommation de carburant est également plus élevée dans les cas [a] et [c] avec une motorisation 100 % GNL par rapport aux cas [b] et [d] avec double alimentation, car les caractéristiques du GNL sont plus adaptées à un moteur Otto par rapport à un moteur diesel ;
- la complexité de l'intervention est plus élevée, mais la mise en place présente certainement moins d'incertitudes dans les cas [c] et [d] avec le remplacement par un nouveau moteur par rapport aux cas [a] et [b] avec la transformation du moteur existant ;
- enfin, la flexibilité opérationnelle, qui privilégie les solutions dual fuel [b] et [d] par rapport aux solutions [a] et [c].

Il convient de noter que la définition complète de tous les composants qui doivent être installés en corollaire du nouveau moteur pour être pleinement opérationnel nécessite d'un projet exécutif détaillé qui ne rentre pas dans les objectifs de cette étude. Cependant, le rapport de référence énumère les principaux composants utiles pour caractériser l'intervention, mais aussi pour fournir des éléments économiques pour l'évaluation budgétaire des coûts, rapportés ci-dessous :

- réservoir (s) cryogénique (s) pour contenir le GNL : dans cette phase, nous admettons 1-2 réservoirs de 450 litres, 650 mm de diamètre et 2.000 mm env de longueur ;
- lignes d'interconnexion de moteurs en acier inoxydable AISI316, conformées sur mesure avec des raccords pour systèmes cryogéniques ;
- câblage dédié interface moteur ;
- système de surveillance GPS/GPRS ;
- supports, tuyaux et raccords mécaniques pour l'installation du système ;
- systèmes de sécurité supplémentaires, à évaluer également en fonction du processus d'homologation.

Pour la comparaison spécifique des différentes solutions techniques examinées dans l'étude de cas, y compris le thème de l'homologation, veuillez vous référer à la version complète du rapport de référence.

---

### **3.2.5 IMPACT DE L'INTERVENTION DE RÉAMÉNAGEMENT SUR LES ÉMISSIONS, LES PERFORMANCES, LA CONSOMMATION ET LES COÛTS D'EXPLOITATION**

D'après l'analyse effectuée dans les paragraphes précédents, il est clair que l'utilisation du GNL dans le secteur ferroviaire est encore à l'état expérimental : les quelques constructions existantes à ce jour sont plutôt des prototypes et il n'est donc pas possible d'obtenir, à partir de la littérature sur le sujet, des évaluations ciblées et consolidées de leur impact.

La situation est tout à fait différente en ce qui concerne l'utilisation du GNL dans la traction routière, où depuis de nombreuses années, et dans d'autres pays plus qu'en Italie, un grand nombre de camions utilisent des moteurs alimentés au GNL. Dans le cas routier, les évaluations de la littérature sur les impacts sont nombreuses et s'appuient sur des constats objectifs provenant du terrain ; ces évaluations peuvent également être prises comme référence pour le cas ferroviaire, étant donné que les deux contextes d'exploitation ne sont pas trop différents l'un de l'autre.

---

#### **IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

Toutes les études relatives à l'impact environnemental dérivant de l'utilisation du GNL montrent des avantages significatifs par rapport au carburant diesel traditionnel :

- réduction de la contamination sonore ;
- réduction des émissions de gaz polluants et de l'effet de serre.

Les émissions de NO<sub>x</sub>, de particules, de monoxyde et de dioxyde de carbone sont réduites au minimum ; le dioxyde de soufre est presque totalement absent, car le gaz naturel ne contient ni plomb ni traces de métaux lourds.

Dans le projet CEF CORE LNGas susmentionné, une évaluation basée sur des études spécifiques en matière ferroviaire indique les réductions suivantes (similaires à celles constatées dans le secteur routier) :

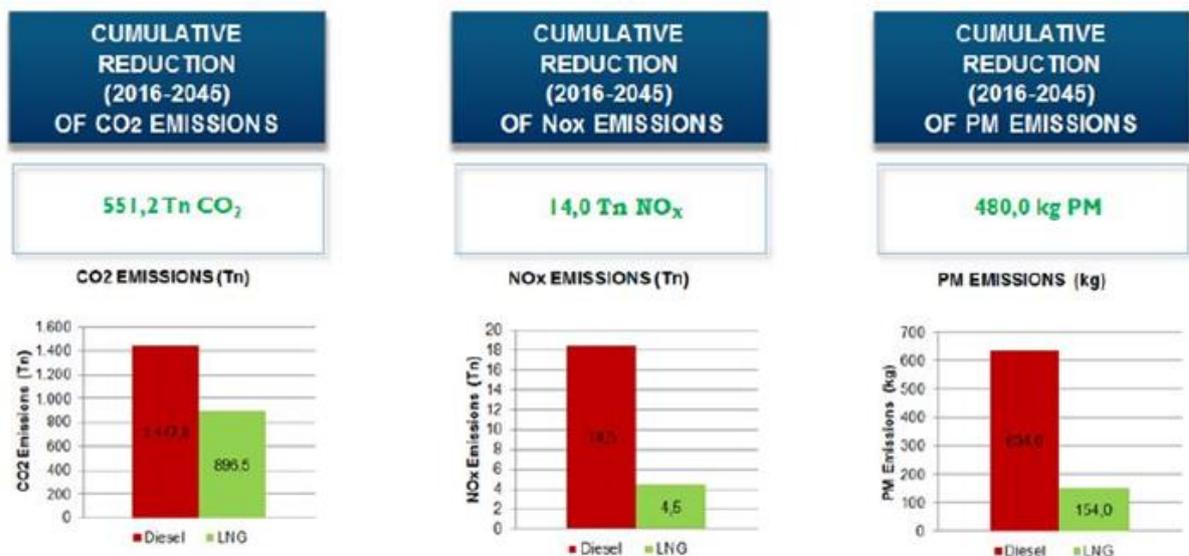
- CO<sub>2</sub> : 20 % (20-30 % dans le transport routier)
- NO<sub>x</sub> : 70 % (70-90 % dans le transport routier)
- CO : 70 % (70-90 % dans le transport routier)
- particules : > 70 % (90 % dans le transport routier)

Le projet susmentionné fournit aussi une quantification générique des économies en termes environnementaux<sup>14</sup> égale à :

- CO<sub>2</sub> : 140 g/km
- NO<sub>x</sub> : 6,3 g/km
- PM : 0,2 g/km

À titre d'exemple, la figure suivante présente les résultats des simulations relatives à la réduction attendue du CO<sub>2</sub>, des NO<sub>x</sub> et des PM en cas de méthanisation du parc de locomotives opérant dans le port de Tarragone, calculées sur une période de 30 ans.

*Figure 20: Résultats de la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et PM dans l'étude de cas du port de Tarragone*



Source : Institut Cerdà de Barcelone

<sup>14</sup> Il est fait référence aux données relatives aux émissions typiques d'une locomotive diesel, CO<sub>2</sub> : 700 g/Km ; NO<sub>x</sub> : 9 g/km, PM : 0,3 g/km.

## PERFORMANCES ET COÛTS D'EXPLOITATION

De manière similaire à ce qui a été abordé dans le paragraphe précédent, vue l'absence dans la littérature d'évaluations consolidées sur les performances et surtout sur les coûts de fonctionnement d'une locomotive convertie au GNL, il est possible de mettre en place des calculs utiles pour donner des indications générales.

Pour évaluer les performances et calculer l'énergie utile pour la traction obtenue à partir d'un litre de carburant, il faut tenir compte des données relatives à l'énergie produite par unité de masse, du rendement moyen d'un moteur (qui se traduit par l'énergie transférable sur l'arbre de transmission) et du poids spécifique des deux carburants (diesel et méthane liquide).

Les tableaux suivants présentent les calculs susmentionnés, lesquels indiquent un rendement par litre de carburant plus élevé dans le cas du diesel (3,9 kWh/lit) que dans le cas du GNL (2,6 kWh/lit).

*Tableau 11 : tableau des performances de traction diesel vs méthane*

	<b>DIESEL (cycle diesel)</b>	<b>METHANE (cycle Otto)</b>
<b>Énergie par unité de masse</b>	11 kWh/kg	13 kWh/kg
<b>Rendement moteur à cycle variable</b>	44 %	40 %
<b>Énergie convertible du moteur sur l'arbre / kg</b>	4,8 kWh/kg	5,2 kWh/kg
<b>Poids spécifique</b>	800 Kg/m <sup>3</sup>	500 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Énergie convertible du moteur sur l'arbre / lit</b>	3,9 kWh/lit	2,6 kWh/lit

Les données présentées dans le tableau sont indicatives ; des évaluations précises ne peuvent être obtenues qu'en analysant ponctuellement les carburants et les performances de moteurs spécifiques.

En ce qui concerne l'évaluation des **coûts d'exploitation**, ceux-ci diffèrent d'un Pays à l'autre en fonction des prix du carburant qui a une taxation différentes ; voir le cas italien, avec l'imposition des accises pour certains types d'utilisation.

À partir de certaines enquêtes réalisées auprès des opérateurs du secteur, une estimation raisonnable du prix net actuel en Italie peut être faite sur la base de 1 €/lit pour le diesel et 0,5 €/lit pour le GNL. En combinant cette évaluation avec le chiffre d'énergie utile par litre précédemment obtenu, on peut conclure, comme le montre le tableau ci-dessous, que **le coût par kWh dans le cas du GNL est d'environ 25 % inférieur à celui du diesel**. Cette évaluation n'est que tendancielle, elle nécessiterait une analyse plus approfondie qui tiendrait compte à la fois des volumes de consommation (et donc de conditions d'achat commercial plus favorables) et des tendances prévisibles de l'évolution des prix du carburant dans un avenir proche.

Tableau 12 : évaluation des coûts d'exploitation pour la traction diesel vs méthane

	DIESEL (cycle diesel)	MÉTHANE (cycle Otto)
Énergie convertible du moteur sur l'arbre / lt	3,9 kWh/lt	2,6 kWh/lt
Litres de carburant / kWh	0,26	0,38
Prix indicatif du carburant	1 €/lt	0,5 €/lt
Coût indicatif / kWh	0,26 €	0,19 €
Économies estimées (conversion diesel -> GNL)	environ 25 %	

À titre d'exercice, il est intéressant de paramétrer ces valeurs sur les données de consommation indiquées par Fuorimuro pour ses locomotives :

- consommation moyenne de carburant diesel en fonctionnement : 16 lt h
- fonctionnement quotidien moyen : 6 h
- fonctionnement annuel moyen : 200 jours
- consommation annuelle moyenne / locomotive : 20.000 litres de diesel
- coût d'achat du carburant : 20.000 € / an / locomotive.

Sur la base des estimations précédentes, on peut supposer au moins de manière indicative que la conversion du diesel au GNL pourrait conduire à une réduction de ce coût d'achat de 20.000 € à 15.000 € / an / locomotive.

### 3.2.6 ÉVALUATIONS ÉCONOMIQUES DE L'INVESTISSEMENT EN RÉAMÉNAGEMENT

Les évaluations qui ont été réalisées dans l'étude de référence sont budgétaires et naissent des indications fournies par la société Ecomotive Solutions. Bien entendu, une analyse plus approfondie des solutions proposées sur le marché par différents constructeurs serait nécessaire avant la construction d'un prototype, à la fois pour optimiser la solution technique et pour définir les coûts globaux de l'intervention avec plus de précision.

Cependant, les évaluations ici présentées sont utiles pour donner un premier tableau de l'impact économique que l'intervention de méthanisation des tracteurs de manœuvre pourrait engendrer.

Tableau 13 : évaluations économiques de l'investissement de rénovation

Intervention	Prix hors TVA (€)
Conversion du moteur de cycle Diesel à cycle Otto Methane	60.000
Fourniture du moteur ESC16MF-NG	70.000
Location de moteur ESC16MF-NG (6 mois)	36.000
Réservoir cryogénique	15.000
Matériaux divers	10.000-15.000
Développement et test préliminaire au banc (10 jours ouvrables)	10.000
Installation (10 jours ouvrables)	10.000
Test et essai (10-15 jours ouvrables)	10.000-15.000
Homologation (coût ponctuel estimé)	80.000-100.000
<b>COÛT TOTAL ESTIMÉ (MIN-MAX)</b>	<b>(230.000-295.000)</b>

### 3.2.7 CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU RÉSEAU DE CHARGE

La disponibilité d'une structure de ravitaillement en GNL adéquate dans la zone portuaire est une condition essentielle à la faisabilité du projet de méthanisation des locomotives de manœuvre, à la fois en phase de prototypage et encore plus en cas de mise en œuvre à régime.

En l'absence d'une infrastructure portuaire pour le stockage de GNL, il est nécessaire de prévoir un système de ravitaillement autonome, qui pourrait être réalisé de deux manières différentes :

- un réservoir de GNL local, situé près de la zone où opèrent les locomotives de manœuvre, ravitaillé périodiquement par un camion-citerne, exactement comme cela se produit dans le cas des distributeurs routiers ;
- un conteneur cryogénique mobile, qui peut être positionné près de la zone de manœuvre des locomotives, à remplacer une fois vide par un autre plein.

La deuxième solution est certainement plus rapide à mettre en œuvre, car elle ne nécessite d'aucune construction d'infrastructure fixe et elle est plus flexible à gérer, en permettant tout changement de positionnement dans le temps en fonction des besoins spécifiques. Toutefois, selon les circulaires des pompiers, il semblerait qu'à ce jour cette méthode ne soit pas réglementée, et donc pas immédiatement applicable.

En vue d'une construction de prototype, la méthode de ravitaillement devrait être soigneusement analysée avec l'Autorité du système portuaire et les pompiers, afin d'identifier la meilleure solution conformément à la réglementation en vigueur.

### 3.3 CONSOMMATION PORTUAIRE, EXEMPLES D'OPTIMISATION ET DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS. LE CAS DU PORT DE LIVOURNE

#### Estimation des besoins énergétiques du port de Livourne

L'estimation des besoins énergétiques du port de Livourne est basée sur les données fournies par l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord, et en particulier sur les réponses aux questionnaires adressés aux opérateurs. L'évaluation était divisée en trois sections principales :

- Consommation due à la manutention des marchandises sur le quai et aux remorqueurs.
- Consommation due aux navires stationnés.
- Consommation électrique et thermique pour d'autres usages des opérateurs (par exemple bureaux, entrepôts).
- Consommation pour la manutention des marchandises et les remorqueurs

Pour obtenir une estimation globale sur l'ensemble du port, la consommation annuelle de tous les navires de tous les opérateurs<sup>15</sup> a été additionnée. L'estimation approximative pour l'ensemble du Livourne est d'environ 3 millions de litres de diesel par an (environ 30GWh).

À titre de comparaison, les données de deux terminaux à conteneurs du port de Rotterdam et de l'un des ports de Valence<sup>16</sup> sont présentées dans le tableau suivant. La figure 21 montre les contributions à la consommation totale des ports pour chaque type de véhicule portuaire. À partir de l'analyse de la figure, il est possible de voir comment une grande partie de la consommation provient *des reach stackers* (39%) suivis des RTG (17%). En ce qui concerne la consommation électrique et thermique pour d'autres usages des opérateurs portuaires, des analyses détaillées sont toujours en cours. Le tableau 15 ne montre que la consommation électrique moyenne (2016-17) connue pour le port de Livourne.

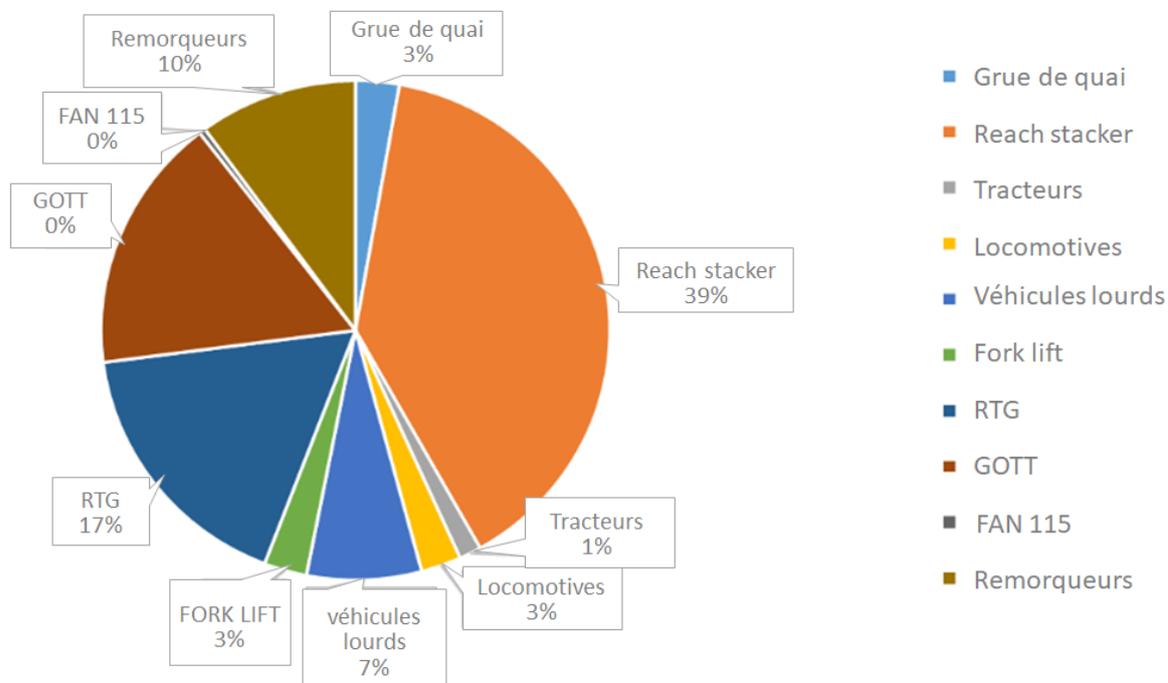
*Tableau 14 : consommation portuaire pour les ports de Livourne, Rotterdam et Valence*

Terminal	Année	TEU	Diesel [l]	Électricité [kWh]	[lDiesel/T EU]	[Kwele/T EU]
<b>Port de Livourne (moyenne)</b>	2016 - 2017	767.280	3.000.387		3,91	
<b>Delta – Rotterdam</b>	2006	4.300.000	17.654.322	47.142.857	1,42	10,96
<b>Shortsea – Rotterdam</b>	2006	1.200.000	1.900.000	11.000.000	1,58	9,17
<b>NCTV - Valencia</b>	2011	1.915.000	6.103.408	19.203.800	3,19	10,03

<sup>15</sup>Pour les opérateurs suivants, il n'y a pas de données : Gruppo ormeggiatori, Intercontainers Livorno, Bartoli, Mariter, Porto commerciale, Livorno Est. Pour estimer la consommation de ces opérateurs manquants, le nombre et le type de véhicules ont été obtenus à partir de références en ligne et ils ont été multipliés par la consommation unitaire de chaque type de véhicule obtenue à partir des questionnaires des autres opérateurs.

<sup>16</sup>Geerlings and Van Duin 2011 ; Martínez-Moya, Vazquez-Paja, and Gimenez Maldonado 2019.

Figure 21: Contribution à la consommation totale du port pour chaque type de véhicule



Source : Université de Pise

Tableau 15 : Consommation d'électricité des opérateurs du port de Livourne

Terminal / opérateur	Électricité [kWh]
Terminal darsena toscana	8.714.461
Lorenzini & C	1.104.663
Costieri D'Alesio e Toscopetrol	2.497.358,5
Terminal Calata Orlando	48.272,5
Grandi Molini Italiani	100.000
FRATELLI NERI SPA	588.247
Masol Continental Biofuel srl	7.518.000
Aferpi (Piombino)	795.199,5
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (succursale)	72.256,5
CAPITANERIA DI PORTO DI LIVORNO (siège)	81.572,5
Costiero Gas Livorno	1.997.086,5
Solvay Solutions Italia	10.093.178
<b>TOT [kWh]</b>	<b>33.610.295</b>

---

## CONSOMMATION DES NAVIRES STATIONNES ET MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS

En ce qui concerne l'évaluation des consommations résultantes du stationnement des navires dans le port de Livourne, les données fournies se réfèrent aux principales catégories de navires en fonctionnement et la consommation d'énergie lors de l'arrêt est basée sur une estimation faite en utilisant les temps de séjour réels des navires et les puissances installées à bord.

On ne connaît pas les types de carburants (principalement des fiouls) et les quantités consommées car ce sont des données confidentielles que les propriétaires ne partagent pas. Le *tableau 16* ci-dessous résume les consommations estimées des navires stationnés. On la voit mise en évidence en rouge, la consommation annuelle totale est d'environ 12,3 GWh. En supposant un rendement des moteurs de 30 %, la consommation d'énergie primaire est d'environ 41 GWh.

Les quelques 12,33 GWh par an, on suppose qu'ils sont actuellement produits avec des moteurs à combustion interne avec un rendement de fonctionnement moyen de 33 % et une consommation de diesel de 37 GWh, **correspondant à environ 3.700.000 litres de diesel et 9.879 tonnes de CO2 émises**<sup>17</sup>.

Dans le cas d'une alimentation électrique à quai, les émissions de CO<sub>2</sub>, ainsi que celles d'autres polluants, seraient réduites à zéro localement et réduites globalement (compte tenu du mix de production énergétique actuelle inférieure à 300 gCO<sub>2</sub>/kWh).

En général, cependant, l'électrification du quai et la préparation des navires pour recevoir du courant alternatif à partir du sol sont difficiles. Par conséquent, une alternative avec un coût d'infrastructure plus faible peut être envisagée : l'électricité par le quai **via des groupes mobiles pour la production d'électricité alimentés au GNL**.

Dans ce cas, on suppose la fourniture de 12,33 GWh avec des moteurs à combustion interne optimisés avec un rendement moyen plus élevé (environ 40 %), pour une consommation de 30,8 GWh de GNL, **correspondant à 2.217.626 kg de GNL**, avec des **émissions de CO<sub>2</sub> de 6.098 tonnes** (2,75 kg de CO<sub>2</sub> par kg de méthane), pour une **réduction conséquente des émissions de CO<sub>2</sub> de 40 % par rapport à la production à bord avec des groupes diesel**.

Par ailleurs, en ce qui concerne les NO<sub>x</sub>, malgré les réglementations de plus en plus strictes, le GNL garantit une forte réduction des émissions supérieures à 80 %, ainsi que des SO<sub>x</sub> et des particules.

---

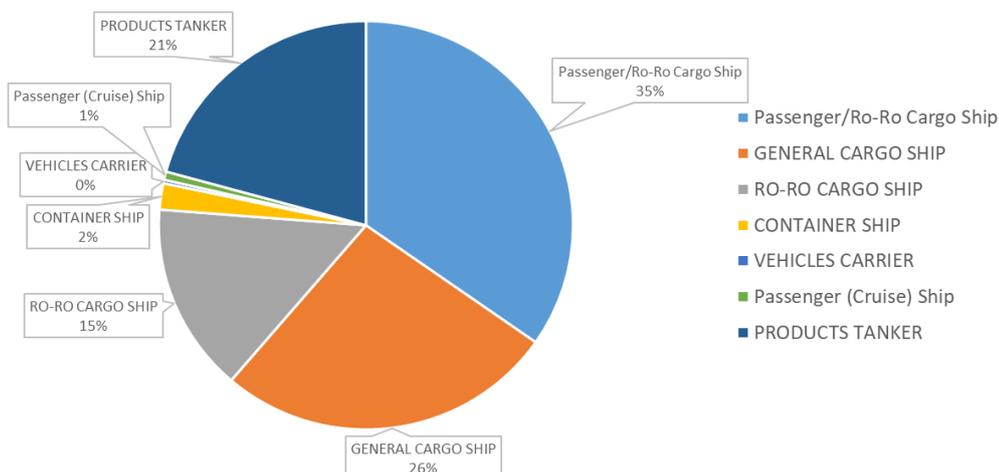
<sup>17</sup> *Compte tenu que le diesel a un pouvoir calorifique inférieur de 11,83 kWh/kg, ou 10 kWh/l, et que le facteur d'émission du diesel est de 2,67 kg de CO<sub>2</sub> par litre (Source : US Environmental Protection Agency. Emission Facts: Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel).*

Tableau 16 : Caractéristiques et consommation des navires stationnés dans le port de Livourne

Dati navi in sosta con potenza massima dei generatori ausiliari inferiore a 1500 kW								
Tipo nave	Numero arrivi	Numero navi	Totale ore sosta	Media ore sosta	Totale potenza generatori (kW)	Media potenza generatori (kW)	Energia totale in sosta (kWh)	Media energia in sosta (kWh)
Passenger/Ro-Ro Cargo Ship	338	1	3617	11	399747	1183	4278196	12657
GENERAL CARGO SHIP	94	63	4519	48	70976	755	3274361	34834
RO-RO CARGO SHIP	61	3	1313	22	84023	1377	1843671	30224
CONTAINER SHIP	11	4	374	34	6619	602	255638	23240
VEHICLES CARRIER	4	2	27	7	4804	1201	34129	8532
Passenger (Cruise) Ship	5	5	74	15	5796	1159	80724	16145
PRODUCTS TANKER	1118	4	2885	3	991679	887	2558881	2289
<b>Totale</b>	<b>1631</b>	<b>82</b>	<b>12809</b>		<b>1563644</b>		<b>12325600</b>	

Source : Université de Pise

Figure 22: Contribution à la consommation totale du port de Livourne pour chaque type de véhicule



Source : Université de Pise

### 3.3.1 VUE D'ENSEMBLE DES ACTIONS D'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE SUR LA CONSOMMATION PORTUAIRE

En ce qui concerne la consommation actuelle, on peut voir qu'avec les actions indiquées pour améliorer l'efficacité et réduire les émissions locales, à la fois avec le changement du véhicule de diesel au GNL et l'ultérieure diffusion des véhicules électriques, on obtient des économies d'énergie sensibles mais aussi des réductions significatives en termes d'émissions.

Le tableau suivant présente les estimations des variations en pourcentage en termes de consommation d'énergie et d'émissions de CO<sup>2</sup>.

*Tableau 17 : actions possibles pour améliorer l'efficacité des véhicules portuaires afin de réduire les émissions*

Véhicules portuaires	Alimentation actuelle (électrique, diesel)	Réduction de la consommation par hybridation	Réduction de la consommation et des émissions locales par électrification	Transition possible vers le GNL	Réduction supplémentaire de la consommation (et du CO <sub>2</sub> ) avec le GNL
Grue de quai	E				
Reach stacker	D	-10 % ... -20 %		X	-10 % ... -20 %
Tracteurs	D	-30 %		X	-10 % ... -20 %
Locomotives	D	-35 % ... -50 %	-100 %	X	-10 % ... -20 %
Chariot élévateur	D		-100 %	X	-10 % ... -20 %
RTG	D	-50 % ... -70 %		X	-10 % ... -20 %
Autres grues	D/E	-40 % ... -60 %	-100 %	X	-10 % ... -20 %
Remorqueurs	D	-20 % ... -30 %		X	-10 % ... -20 %
Navires à quai	D		-100 %	X	-40 %

Source : Université de Pise

À titre d'exemple, le tableau suivant montre les économies d'énergie et la réduction des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> dans le cas du port de Livourne.

Tableau 18 : actions possibles pour améliorer l'efficacité des installations portuaires du port de Livourne

Véhicules portuaires	Gestion actuelle		Hypothèse de conversion au GNL		Hypothèse d'adoption de systèmes hybrides diesel		Hypothèse d'adoption de systèmes hybrides GNL		Hypothèse d'adoption de systèmes hybrides GNL + électrification	
	diesel [klitri]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]	diesel [klitri]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]	GNL [t]	CO2 [t]
Reach stacker	1172	3130	843	2319	938	2504	675	1856	675	1856
Tracteurs	42	113	30	81	30	79	21	59	21	59
Locomotives	200	534	144	384	120	320	86	237	0	0
Chariot élévateur	82	218	59	157	82	218	59	161	0	0
RTG	514	1373	370	988	154	412	111	305	111	305
Autres grues	509	1359	366	978	204	544	146	403	0	0
Remorqueurs	303	808	218	581	212	565	152	419	152	419
Navires à l'arrêt	3700	9879	2218	6100	3700	9879	2662	7320	0	0
<b>TOT</b>	<b>6522</b>	<b>17413</b>	<b>4248</b>	<b>11587</b>	<b>5439</b>	<b>14521</b>	<b>3913</b>	<b>10760</b>	<b>959</b>	<b>2638</b>
<b>Réduction des émissions de CO2</b>				<b>-33 %</b>		<b>-17 %</b>		<b>-38 %</b>		<b>-85 %</b>

Source : Université de Pise