

Projet TDI RETE-GNL

Technologies et dimensionnement des installations pour le RÉSEAU de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”

Contribution du partenaire du projet

1

Index

1. Aspects d'introduction.....	4
1.1 Généralité: le cadre réglementaire.....	5
1.2 Considérations techniques relatives à l'utilisation comme carburant naval	7
1.3 Criticités liées à l'utilisation de GNL pour la propulsion navale	8
1.4 Systèmes de bunkering et chaînes d'approvisionnement	9
2. Composants des installations et des dépôts portuaires de GNL.....	12
2.1 L'utilisateur naval	12
2.2 Transfert de GNL: auto-citernes et conteneurs ISO	14
2.3 Transfert via mer	15
2.4 Stockage au sol.....	16
3. Macro localisation des installations et des dépôts portuaires de GNL.....	19
3.1 Exemples des réseaux de bunkering et small LNG	20
3.2. Opportunités de ravitaillement	22
3.3 Utilisateurs et organisation du réseau.....	22
3.4 Exemples d'évaluation dans la zone cible.....	23
3.5. Références normatives	25
3.6. Processus d'autorisation.....	27
4. La micro localisation des installations de GNL	29
4.1 Généralité.....	29
4.2 La compatibilité urbaine.....	29
4.3 L'accessibilité nautique.....	30
5. Le dimensionnement des installations et des dépôts de GNL dans le cadre maritime-portuaire	32
5.1 Généralité.....	32
5.2 Dimensionnement du dépôt.....	33
5.3. Contraintes de sécurité et zones de contrôle.....	33
5.4 SIMOPS – Opérations simultanées	37
Bibliographie	40
Annexe: cadre complet réglementations concernées	42

Index des figures

Figure 1 Chaînes de bunkering	11
Figure 2 Temps de ravitaillement pur (les phases de démarrage, inertage, etc. sont exclus) (2; 3)	12
Figura 3 Exemple de time-line pour le bunkering STS (6).....	13
Figure 4 Données nominales de porte-conteneurs (dual fuel) et Ro-Ro courants (7).....	13
Figure 5: Parcours en milles marins par m ³ de GNL en fonction de la charge utile, conteneurs; traitement des données reportées en (8; 7)	14
Figure 6 Stockage conteneurs ISO.....	15
Figure 7 Exemples de méthaniers pour des transferts intermédiaires	16
Figure 8 Surface occupée par m ³ de gaz contenu, réservoir simple cylindrique sous pression	17
Figure 9 Surface occupée par m ³ de gaz contenu, réservoir cylindrique atmosphérique individuel: épaisseur d'isolation/confinement 1m, hauteur égale au diamètre	17
Figure 10 Exemples de réservoirs sous pression (sx) et atmosphériques (dx) (9)	18
Figure 11 Exemples de réseau: système Small Scale LNG norvégien (11).....	21
Figure 12 Exemples de réseau: système Small Scale LNG dans le Baltique (11)	21
Figure 13 Large scale LNG dans la zone cible et les zones limitrophes (13)	22
Figure 14 Distribution des infrastructures GNL dans la zone cible	23
Figure 15 Comparaison entre l'estimation et la consommation réelle pour certains navires GNL sur le marché	24
Figura 16. Cadre récapitulatif règles et standards.....	27
Figure 17 Exemples de localisation de l'installation GNL de grande échelle: Rotterdam	30
Figure 18 Exemple de localisation du dépôt GNL: Zeebrugge.....	30
Figure 19 Caractéristiques ro-pax Viking Grace et Bythia (HFO, en service Genova Porto Torres)	32
Figure 20 Safety e security zones: exemple relatif à la solution de bunkering de type TPS (Stavros, 2016)	35
Figure 21 Topologie des safety zones, ravitaillement en quai (29)	36
Figure 22 Topologie safety zones, ravitaillement côté mer (29)	36
Figure 23 Ampleur safety zone dans le port de Gothenburg	37
Figura 24 SIMOPS e vincoli di accesso nel caso di portacontainer.....	38
Figura 25 References normatives (24).....	46

Finalités du Produit T2.2.1

Le produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations portuaires / dépôts de GNL”, inclus dans le projet TDI RETE-GNL dans le cadre du programme Interreg Italie-France Maritime 2014-2020, vise à définir des lignes directrices fondamentales pour répondre aux problématiques liées à la localisation et au dimensionnement des installations portuaires et des dépôts de GNL, dans les ports de la Zone Cible, à savoir la Ligurie, la Toscane, la Sardaigne, la Corse et la Région PACA, également en tenant compte des spécificités potentiellement liées aux différentes options technologiques disponibles .

Le but du produit, en particulier, est d'identifier un cadre conceptuel fonctionnel pour prendre des décisions de conception d'infrastructure qui sont correctes en ce qui concerne l'emplacement et le dimensionnement des installations d'avitaillement et de stockage de GNL dans l'environnement maritime portuaire.

Le produit T2.2.1 a prévu la participation des partenaires de projet suivants (et des consultants externes associés), conformément au formulaire de projet :

- P1/CF (UNIGE-SKY) : définition du cadre du projet ; attribution des activités pour la réalisation du projet au consultant externe Université de Udine (UNIUD), consultant du chef de file, dans le cadre du contrat pour la réalisation des activités de recherche d'ingénierie technique liées à l'utilisation du GNL dans le secteur maritime et portuaire dans le cadre du projet européen INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "Technologies et dimensionnement des installations pour le RÉSEAU de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière" ; examen et intégration du rapport préparé par le consultant externe ; réalisation de la fiche de synthèse du produit.

- P2 (UNIFI) ; P3 (UNICA) ; P4 (OTC) ; P5 (CCIVAR) : soutien à la FC dans la définition du cadre des travaux ; validation de l'index des produits ; examen et mise au point de la version finale des travaux.

Ceci étant dit, il convient de noter que toutes les sections incluses dans le produit T2.2.1 sont à attribuer au consultant externe du CF de l'Université d'Udine (UNIUD).

1. Aspects d'introduction

1.1 Généralité: le cadre réglementaire

Les objectifs fixés par la Communauté européenne, à partir de la directive 2014/94/UE (1) et reproduits dans la Stratégie Energétique Nationale SEN (2; 3), visent à développer le réseau de distribution et d'utilisation du GNL. La directive européenne considère "correct que d'ici la fin de 2025 et 2030 respectivement un réseau central de points de ravitaillement pour le GNL pour les navires opérant dans les ports maritimes et dans les ports de la navigation interne soit disponible". Le développement du réseau implique la réalisation / l'utilisation de terminaux, de citernes et de conteneurs mobiles de GNL ainsi que de navires et de navires-citernes., et le choix de l'emplacement des points de ravitaillement pour le GNL dans les ports doit être fondé sur une analyse coûts-avantages comprenant une évaluation des avantages pour l'environnement (1)

Dans le cadre national, les objectifs sont réitérés par la SEN, qui souligne comment l'utilisation du GNL :

- réduit le gap de coût énergétique pour les consommateurs et les entreprises;
- augmente la compétitivité industrielle italienne et européenne;
- fonctionne conformément aux lignes directrices de protection de l'environnement et de décarbonisation, définies par le paquet européen "Climat Energie 2020";
- garantit la sécurité et l'indépendance d'approvisionnement;
- permet une "croissance durable", à travers le développement du secteur de l'énergie.

Le document du MISE signale que la disponibilité de stockages appropriés capables d'attirer des navires provenant également de marchés émergents "permettrait de bénéficier de prix internationaux favorables, suite à la globalisation du marché du GNL et à l'activation de nouvelles installations de liquéfaction et de regazéification respectivement dans les phases d'approvisionnement et d'utilisations".

Le même document soutient que l'utilisation du GNL, en raison de ses caractéristiques chimiques, en substitution d'autres combustibles fossiles ayant un impact environnemental plus important et des émissions de dioxyde de carbone plus importantes "garantirait les besoins de plus en plus pressants en matière de protection de l'environnement et de limitation de l'effet de serre, tout comme il répondrait de manière optimale aux besoins de diversification des sources, des approvisionnement et de la logistique ". Enfin, le document conclut en affirmant que le développement et la promotion de l'utilisation et de la distribution de GNL "favoriseraient la croissance économique en relation aux investissements nécessaires en infrastructures, en formation et en distribution et ouvriraient de meilleures perspectives économiques aux opérateurs industriels nationaux".

Comme le signale également le MISE, une des principales raisons pour promouvoir l'utilisation du GNL est liée aux avantages environnementaux, non seulement dans les secteurs

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

des grands utilisateurs industriels et civils, mais aussi et surtout dans les secteurs des transports maritimes et terrestres , avec une référence particulière à la propulsion navale. Dans ces cas, en fait, le GNL est proposé comme substitut du diesel ou HFO. Par conséquent, surtout, l'utilisation du GNL dans le secteur du transport maritime "peut permettre d'atteindre les objectifs de réduction de l'impact dérivant de la présence de soufre dans les carburants, conformément aux objectifs fixés par la directive européenne 2012/33/UE mise en œuvre en Italie avec le décret législatif 112/2014 ", car le GNL est un carburant propre qui ne contient pas de soufre.

L'utilisation de GNL peut également être "un outil important pour réduire l'impact des navires et des activités dans les ports des villes de mer où la réduction des émissions peut permettre d'améliorer la qualité de l'air" (MISE, 2015), puisque le GNL est un carburant de structure moléculaire simple à faible teneur en carbone et se caractérise par une combustion propre avec de très faibles résidus solides, comme décrit plus en détail ci-après dans ce rapport.

Le GNL peut répondre aux obligations prévues dans la directive 2014/94/UE (DAFI), mentionné ci-dessus "relatives à la réalisation d'une infrastructure de distribution de ce carburant"; obligations qui envisagent de rendre le GNL de plus en plus disponible "le long des principales directrices internationales" (réseau TEN-T), entraînant ainsi une réduction significative des émissions des flottes en réalisant des avantages environnementaux substantiels.

Les analyses effectuées dans le cadre du document du MISE soulignent comment l'utilisation du GNL comme alternative aux carburants actuels permet la réduction à zéro des SOx produits, la réduction drastique des NOx (environ 50% par rapport aux moteurs diesel), une réduction modérée des émissions de CO2 et un très haut confinement des particules (jusqu'à 90%).

Le document, par conséquent, se termine en déclarant que les avantages seront d'autant plus importants pour le système Pays plus le GNL comme carburant pour la propulsion navale sera réparti et ils représenteront une contribution utile à l'amélioration des qualités environnementales, déjà engagée avec l'utilisation de certaines sources d'énergie renouvelables.

La résultante SEN (1) réaffirme des objectifs ambitieux qui visent à la couverture du 50% des bunkers et du 30% des transports lourds avec GNL d'ici 2030.

Le document du MISE examine également les avantages économiques liés à l'utilisation du GNL et fournit une assurance sur les taux d'imposition. En particulier, le respect des objectifs de développement et de promotion de l'utilisation du GNL est nécessaire, en relation aussi aux engagements européens, en considérant que cette évolution donne une impulsion à différents secteurs (constructions mécaniques des aciers spéciales, construction d'installations de stockage et distribution de liquides cryogéniques, etc.) de l'industrie nationale et, en particulier, au secteur de la construction navale. L'utilisation du GNL dans le cadre de la

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

propulsion marine est donc destinée à avoir un impact direct et significatif sur la croissance de l'économie du pays.

Cependant, les objectifs de développement et de pénétration du GNL dans les différents empris sont étroitement liés à la question de la taxation appliquée. D'après le document du MISE, il est reconnu comme actuellement le niveau de taxation des droits d'accise sur le gaz est "conforme aux avantages environnementaux liés à son utilisation et que la possibilité de garantir la stabilité du régime fiscal actuel est détectée", afin d'assurer "à la fois la certitude nécessaire pour les investissements que les opérateurs devront mettre en place pour le développement du marché du GNL, à la fois pour s'assurer que les niveaux de rentabilité du produit sont compatibles avec ses caractéristiques environnementales positives".

1.2 Considérations techniques relatives à l'utilisation comme carburant naval

L'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL, Liquefied Natural Gas) pour la propulsion navale répond à des exigences environnementales et économiques. D'un point de vue technique, en fait, il offre des avantages évidents par rapport aux combustibles traditionnels tels que l'HFO: émissions de NO_x réduites, émissions de particules presque nulles, réduction appréciable des émissions de CO₂ en phase de combustion, liée à la teneur plus élevée en hydrogène, absence de soufre, haute densité d'énergie. Ces avantages environnementaux sont correctement évalués dans le cadre d'une analyse LCA qui prend en compte le coût environnemental de toute la chaîne logistique, y compris la liquéfaction à l'origine et les coûts de transport: une attention particulière, en termes d'émissions de gaz à effet de serre équivalentes, sera mise sur la minimisation des pertes de méthane dans toutes les phases de transport et de transfert, à la fois de l'approvisionnement (navire, camion) et stockage, et du stockage à l'utilisateur final, car le méthane présente un potentiel d'effet de serre GWP100 plus 20 fois supérieur à celui du CO₂.

Par contre, les propriétés physiques du méthane introduisent des problèmes caractéristiques à prendre en compte: compte tenu de la température critique basse (-82 ° C), le stockage doit être maintenu à des températures cryogéniques (-161 ° C à pression ambiante). Cela implique un coût d'installation élevé afin de garantir la fiabilité des matériaux (fragilisation) et des composants, des problèmes de sécurité (dus à une exposition directe, une évaporation rapide, une inflammabilité), mais nécessite également une conception précise de l'infrastructure. Un stockage cryogénique, en fait, est un système actif, car les infiltrations thermiques génèrent inévitablement des vapeurs de méthane (blow-off gas) qui doivent être gérées. Les solutions dépendent de la taille de l'installation et vont, en principe, de l'utilisation de réservoirs pouvant supporter la surpression qui en résulte, à l'identification d'utilités secondaires possibles pour l'élimination du blow off, jusqu'à des systèmes plus complexes de re liquéfaction ou de réfrigération. Cependant, chacun de ces systèmes a un coût économique et énergétique-environnemental: cela implique la nécessité de limiter le temps de résidence du GNL en stockage; par conséquent, une analyse précise de la demande réelle est requise et suggère de maximiser l'utilisation du GNL en considérant les services publics auxiliaires à celle

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

du bunkering pur (alimentation du transport interne du port, production éventuelle d'électricité également pour les navires amarrés...).

Par ailleurs, la taille de l'utilisateur est également déterminante pour l'identification du système de bunkering le plus approprié, à partir du TTS minimal, truck-to-ship, pour des capacités modestes, puis jusqu'à atteindre le STS (ship to ship) et TPS (Terminal to Ship).

Il est donc approprié d'analyser les limites actuelles des possibilités des trois systèmes de ravitaillement, afin de pouvoir définir les choix suivants.

1.3 Criticités liées à l'utilisation de GNL pour la propulsion navale

Parmi les criticités liées à l'utilisation du GNL dans le cadre maritime-portuaire et à la définition d'un système d'infrastructure pour le bunkering de GNL, il est possible d'indiquer les éléments suivants:

- **Vision stratégique globale:** il s'agit de la nécessité de développer une vision aussi complète que possible de la stratégie nationale qui prenne en compte tous les aspects nécessaires au développement harmonisé du secteur, ce qui nécessite la contribution partagée de nombreux sujets institutionnels et associations concernées, afin de fournir un cadre complet et stable aux investisseurs potentiels.
- **Coordination:** ce qui précède souligne la nécessité d'un effort constant de coordination entre tous les stakeholders, également afin d'utiliser au mieux les opportunités de financement à valoir sur les programmes communautaires et par les institutions financières.
- **Demande et offre de GNL :** la mise en place d'un système d'infrastructures de bunkering de GNL approprié au niveau portuaire et rétro portuaire nécessite une évaluation appropriée de la demande de GNL par les armateurs et par les shipowner et la prévision de l'évolution de la flotte "GNL fuelled" non seulement au niveau national mais aussi au niveau européen. Dans ce sens, il est essentiel d'évaluer quelles seront les nouvelles connexions commerciales et les nouvelles routes desservies par des navires à propulsion GNL. Dans le même temps il est indispensable d'analyser l'ensemble des infrastructures portuaires en cours d'équipement ou ayant l'intention d'acquérir des systèmes de soutage de GNL, car cela entraîne des risques dangereux de concurrence entre les structures voisines.
- **Localisation:** le choix des ports où réaliser les infrastructures pour le bunkering de GNL doit avoir lieu considérant au moins: i) l'existence de routes commerciales importantes dans le cadre desquelles est employée la flotte pour laquelle est possible d'utiliser des systèmes de propulsion de type GNL; ii) la présence d'autres opérateurs économiques importants dans la chaîne technologique-productive de GNL (par exemple : les opérateurs de terminaux et les autres consommateurs finaux de GNL); iii) la morphologie actuelle et prospective des Emission Control Areas.

- Profil des ports concernés: un autre élément d'analyse essentiel est représenté par l'évaluation des spécificités et des caractéristiques techniques du port potentiellement affecté par la réalisation d'un terminal pour le stockage et le ravitaillement de bunkering. De ce point de vue, les éléments importants à prendre en considération sont les suivants: i) le nombre de touchées-navire; ii) le type et la dimension des navires qui utilisent les services portuaires.
- Problématiques liées au prix du carburant: évidemment, étant donné que la réalisation des infrastructures susmentionnées nécessite des investissements importants en installations et en équipements, qui se caractérisent donc par leur nature "capital intensive" et par temps de retour économique et financier extrêmement longs, la préparation de plans d'entreprise appropriés conçus pour évaluer la capacité de financement des initiatives de projet susmentionnées nécessite d'une connaissance appropriée en relation aux conditions actuelles et future du prix du GNL.
- Problématiques liées aux profils technologiques et à la sécurité des terminaux: l'un des aspects les plus délicats liés à la réalisation d'un terminal de stockage et d'approvisionnement de GNL consiste en une évaluation des besoins techniques et technologiques des différents systèmes et composants composant l'infrastructure. En particulier, le présent rapport vise à analyser les profils liés à la sécurité lors de la phase de conception des installations situées dans les zones portuaires et lors de la phase de gestion des opérations liées au ravitaillement de GNL, compte tenu de la configuration technologique de bunkering adoptée.
- Permis: certaines criticités peuvent également émerger lors de l'acquisition des autorisations et des permis nécessaires à la construction et/ou à la gestion d'installations et de terminaux tels que ceux examinés ci-dessus. En particulier, on se réfère aux procédures pour l'acquisition de permis, à la satisfaction des exigences requises en termes d'évaluation et d'assessment du risque, ainsi que de gestion de la sécurité: éléments qui font également l'objet du présent rapport.

1.4 Systèmes de bunkering et chaînes d'approvisionnement

Le choix du système d'approvisionnement, fonction de la taille des services publics attendus et des contraintes locales, définit une série d'interfaces qui influencent à leur tour la largeur des zones de sécurité, la taille de l'installation, sa fonctionnalité et sa sécurité. En principe, dans l'ensemble de la chaîne logistique, cinq éléments, qui ne sont pas toujours nécessairement tous présents, peuvent interagir et influencer sur les choix optimaux:

- L'approvisionnement externe, généralement un terminal de regazéification qui accueille les méthaniers et dispose d'une connexion de réseau CNG, ainsi qu'une possibilité de transférer le GNL à d'autres transporteurs. Il pourrait également s'agir, mais uniquement pour une application extrêmement petite et en dehors du cadre de ce rapport, d'un approvisionnement de CNG et de la relative installation de liquéfaction.

- Le système de transport/transfert à proximité des utilisateurs finaux. Pipelines cryogéniques uniquement pour les transferts locaux (moins de 250m), ou les auto-citernes (éventuellement container ISO), les petites navires-citernes les gargotes ou les barges.
- Un stockage intermédiaire à proximité de l'utilisateur final: réservoirs généralement cylindriques sous pression de type C, localisés en dehors du sol, ou, pour grande échelle, réservoirs à basse pression de type B.
- Un transfert secondaire possible sur une courte distance jusqu'à la station de bunkering.
- Le système de bunkering à part entière, qui permet de la fourniture de GNL au navire, qui représente l'utilisateur final; il peut être accompagné par des fournitures à d'autres types de services (transport lourd sur terre, utilisateurs industriels).

Les différentes combinaisons des éléments essentiels permettent ensuite une série plutôt articulée de combinaisons, comme illustré à la Figure 1. La phase A, relative au terminal principal d'approvisionnement GNL, ainsi que les détails des systèmes à bord du navire (E), ne font pas partie de l'objet de la présente analyse, qui se concentrera sur les lignes directrices et critères pour définir les phases B,C et D.

Cette figure relève que les structures nécessaires peuvent être très différentes, à partir de celle approvisionnement externe minimal – container Iso – chargement sur le navire(A-B4-E), qui potentiellement nécessite uniquement d'une aire de stockage container et manipulation sur grue, à celles plus typiques du system truck to ship TTS (A-B2-E), ship to ship STS (A-B1-E) et port to ship PTS (A-B1-C-E ou A-B2-C-E).

Les solutions plus appropriées pour un service flexible, capable d'alimenter avec sécurité grands utilisateurs, sont généralement les solutions PTC avec approvisionnement en mer et stockage intermédiaire (A-B1-C-E).

Afin de maximiser et d'optimiser l'utilisation du GNL, surtout en présence de stockage intermédiaire, il peut être approprié d'ajouter d'autres utilitaires au bunkering. Les utilisateurs potentiels seront différents selon la disponibilité ou non de connexion au réseau CNG. Dans le premier cas, l'intérêt sera essentiellement limité au transport et à la manipulation à l'intérieur du port ou au possible service pour le transport lourd externe, en substitution du diesel: en fait, pour ces applications, la faible densité énergétique par unité de volume rend l'utilisation impraticable du CNG. Chaque utilisateur fixe, par contre, trouvera préférable la connexion directe au réseau CNG. En revanche, en l'absence d'accès au réseau de gazoducs, les possibilités s'élargissent et englobent les utilisateurs industriels et la production d'électricité, tant pour les besoins des ports que pour la fourniture de services à bord des navires à l'amarrage.

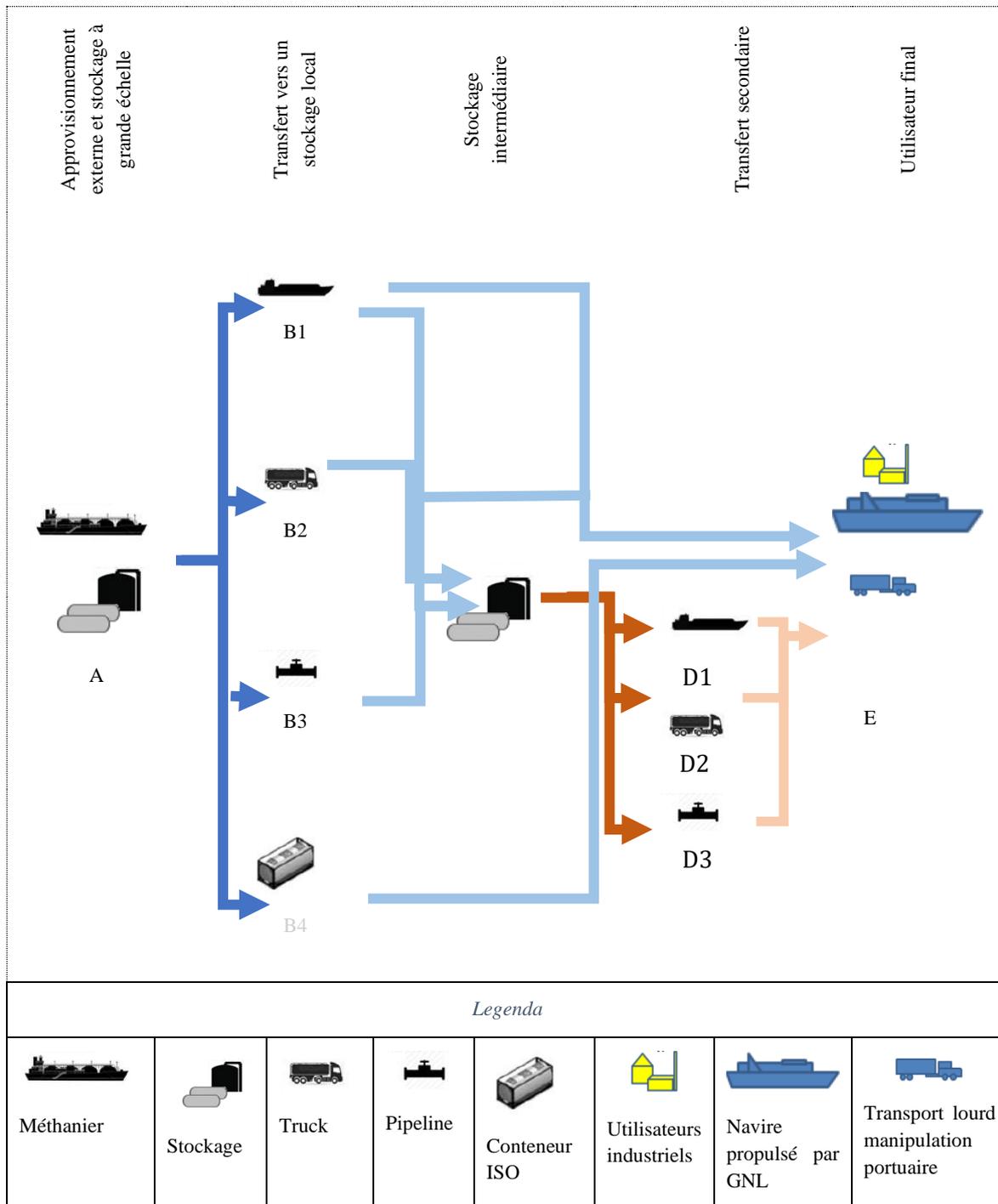


Figure 1 Chaînes de bunkering

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

2. Composants des installations et des dépôts portuaires de GNL

Les différents éléments de la chaîne de bunkering vont maintenant être considérés. En se concentrant sur le dimensionnement et la définition de l'infrastructure portuaire, l'attention ne sera pas accordée aux détails des composants technologiques, mais à leurs impacts en termes d'espace, charge de gestion et interférence avec les autres activités portuaires.

2.1 L'utilisateur naval

L'uso del GNL può coinvolgere imbarcazioni di ogni taglia. Più indicate, naturalmente, le tratte con orari fissi e ripetitivi, date la relativa carenza corrente di infrastrutture. Tipicamente, traghetti e servizi di linea passeggeri, ro-ro e ro-pax e portacontainer sono possibilità, tipicamente con richieste diverse in termini di capacità, portate, criticità nelle operazioni simultanee.

L'utilisation du GNL peut impliquer des navires de toutes tailles. Bien plus adapté, bien sûr, les itinéraires à horaires fixes et répétitifs, compte tenu du manque d'infrastructures actuel. Généralement, les services de transbordeurs et les services de passagers de ligne, ro-ro et ro-pax et les services de conteneurs sont des possibilités, avec des demandes différentes en termes de capacité, de débits et de criticité lors d'opérations simultanées.

Pour identifier de manière générale les caractéristiques de chaque utilisateur, en se référant tout d'abord à la Figure 2, qui indique les temps typiques, cités dans la littérature, d'approvisionnement «pur», c'est-à-dire le seul temps de transfert de GNL hors phases de préparation et clôture de la procédure.

	Réservoir [m ³]	Débit [m ³ /h]	Durée [h]	Système plus approprié
Navires de service	50	60	¾	TTS
Ro-Ro petite taille	400	400	1	TTS/STS
Ro-Ro et Ro-Pax de grande taille	800	400	2	STS
Cargo de petite taille	2.000-3.000	1.000	2-3	STS
Cargo de grande taille	4.000	1.000	4	STS
Port à conteneurs	10.000	2.500	4	STS/PTS
Pétrolier et port à conteneurs de grande taille	20.000	3.000	7	STS/PTS

Figure 2 Temps de ravitaillement pur (les phases de démarrage, inertage, etc. sont exclus) (2; 3)

Afin d'avoir une valeur indicative du poids de ces derniers la Figura 3 Exemple de time-line pour le bunkering STS présente un exemple (6) de timesheet des opérations préliminaires et finales de bunkering dans un cas TST, en référence à un navire de petite taille.

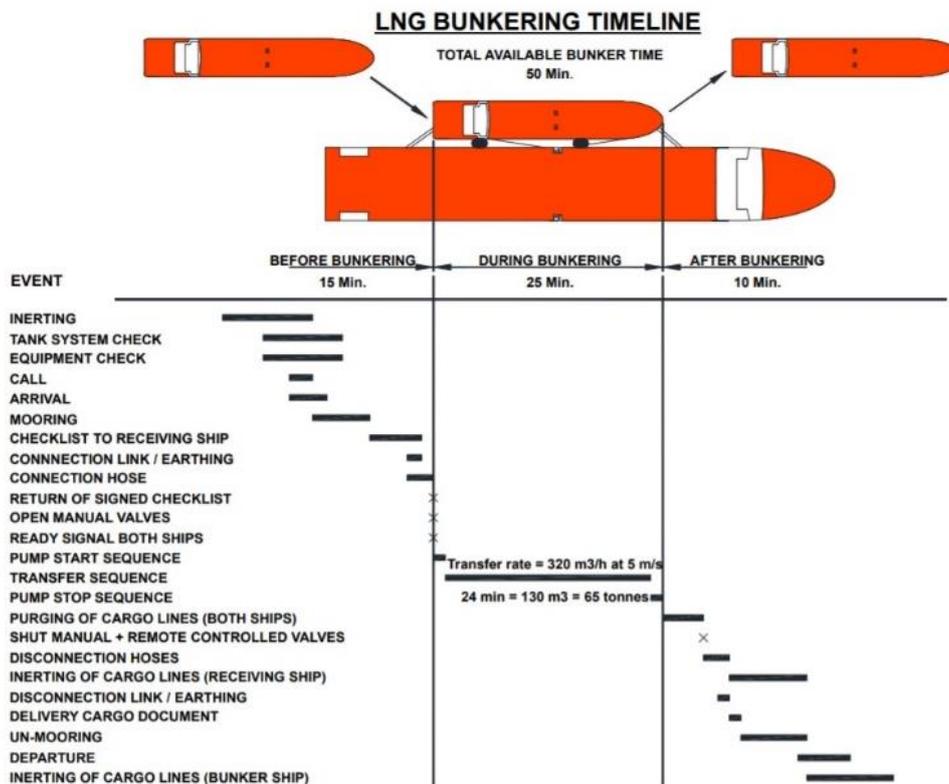


Figura 3 Exemple de time-line pour le bunkering STS (6)

Les dimensions du réservoir à bord déterminent naturellement aussi l'autonomie du navire de l'utilisateur. Afin d'évaluer correctement la taille de l'installation portuaire de GNL, il est donc essentiel d'identifier le rayon d'activité des utilisateurs potentiels, afin de répartir rationnellement les points d'approvisionnement possibles. A titre indicatif, la Figure 4 présente donc les caractéristiques, en termes de dimension de réservoir et d'autonomie de certains navires actuellement sur le marché.

Nom	Tank [m ³]	Teu	Stonnage brut[t]	Autonomie [nm]	Puissance [kW]	Vitesse [nœuds]
Kvitnos RoRo & gen. Purpose (2015)	400		9132	4300		15
WSD801400	1600	1420	16800	8800	10080	18
WSD802300	2380	2270	24100	10400	24100	17.7
WSD803800	1950	3840	41200	7750	18200	16.2
WSD842400 RoRo	2310	2400 EQ	36800	6000	26160	22

Figure 4 Données nominales de porte-conteneurs (dual fuel) et Ro-Ro courants (7)

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

Il est intéressant, afin de généraliser les données pour évaluer la taille des utilisateurs à desservir, de rapporter le chemin déclaré en m³ de GNL, comme indiqué à la Figura 5.

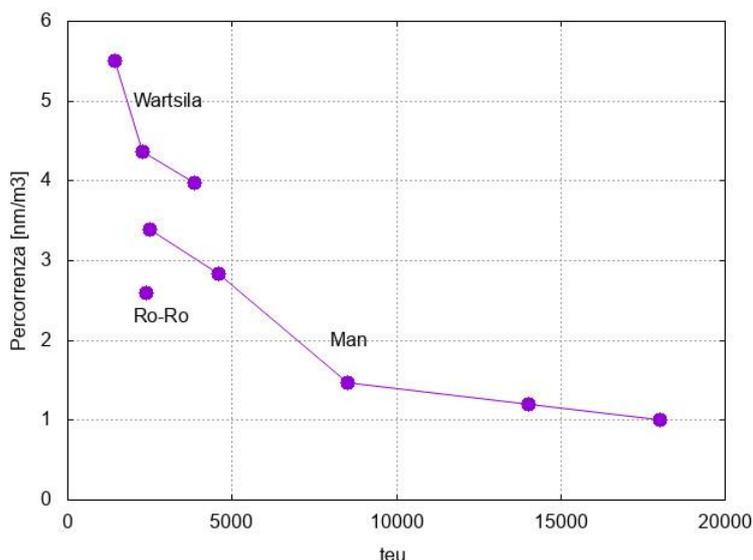


Figure 5: Parcours en milles marins par m³ de GNL en fonction de la charge utile, conteneurs; traitement des données reportées en (8; 7)

2.2 Transfert de GNL: auto-citernes et conteneurs ISO

Le cas le plus simple du point de vue de l'ingénierie des installations industrielles, et avec une bonne flexibilité, est le TTS, Truck-to-Ship, adapté cependant seulement aux exigences modestes tant en termes de volumes négociables, de l'ordre de 50-60 m³, que de vitesse de charge, avec des débits de 40-60m³/h. La pression de service atteint 5-6 bars. Il peut être modulable, en modifiant le nombre et la fréquence des moyens impliqués. Il a un impact important sur les opérations simultanées éventuelles, encombre le quai et à mesure que la demande augmente, il crée rapidement des impacts potentiels sur le trafic de la zone.

Une solution alternative à l'auto-citerne traditionnelle, qui doit décharger directement vers le navire ou le réservoir portuaire intermédiaire, est représenté par les conteneurs ISO. Ce sont des réservoirs avec dimensions et interfaces standardisées, contenus dans une structure de support qui permet l'empilage et la manipulation sous des formes similaires à celles des conteneurs normaux. Leur utilisation réduirait encore la complexité de l'installation, mais les tailles sont inférieures à celles d'intérêt pour l'activité présente: un conteneur ISO de 20 pieds (6 m) contient environ 20 m³, l'un de 40 pieds (12 m) environ 45.

Comme pour chaque système d'accumulation de GNL, le temps de maintien (holding time) représente un paramètre important, c'est-à-dire le temps dans lequel la surpression générée par l'évaporation du GNL (toujours présente car l'isolation thermique ne peut pas être parfaite) reste dans les limites acceptables pour la structure du conteneur.

Le temps de maintien pour le gaz liquéfié dans un conteneur ISO, en fonction des pressions maximales, généralement comprises entre 10 et 18 bars, peut varier entre 50 et 80 jours, avec des exemples allant jusqu'à 13 jours, avec un taux de production de boil-off gas inférieur à 1%, jusqu'à 0,1%. Ceci est rendu possible par une très forte isolation, avec un vide dans la fente isolante de l'ordre de 10^{-4} mbar. Cependant, la complexité et les plus grands encombrements sont transférés au navire servi, ce qui doit permettre la gestion de l'interface avec les conteneurs. Il résulte donc indiqué pour des applications très spécialisées, que nous ne traiterons par.



Figure 6 Stockage conteneurs ISO

2.3 Transfert via mer

Le système STS, ship to ship, prévoit une connexion directe entre le navire fournisseur (navire ou barge) et le navire utilisateur. Les volumes négociable augmentent, jusqu'à 1000m^3 , et les capacités atteignent les $1000\text{m}^3/\text{h}$. La connexion est moins encombrante et facilite la SIMOPS; implique des coûts d'investissement plus importants, y compris ceux liés au navire fournisseur; ce dernier définit la limite maximale d'approvisionnement possible. En principe, la gestion portuaire présente un niveau de flexibilité élevé: le système STS peut desservir les navires à l'amarrage, mais aussi permettre de faire le plein en mer ouverte, ce qui affecte également le trafic de passage. Dans la configuration la plus classique, le navire ravitailleur rejoint le navire utilisateur de l'autre côté du quai: il n'y a donc pas d'interférence spatiale directe dans les activités de débarquement et d'embarquement, et il est possible d'effectuer les deux opérations simultanément.

La taille maximale du ravitaillement est imposée par la dimension du navire ou barge ravitailleur, et cette dernière dérive d'optimisations économiques ainsi que de contraintes de manœuvrabilité et tirant d'eau dans la zone portuaire. A titre d'exemple, la Figure 7 montre les données significatives de certains moyens conçus pour différentes tailles.

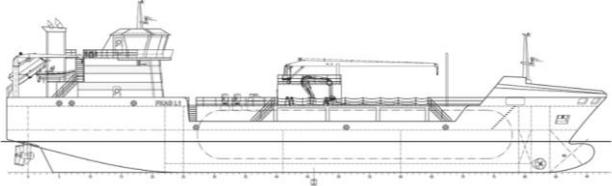
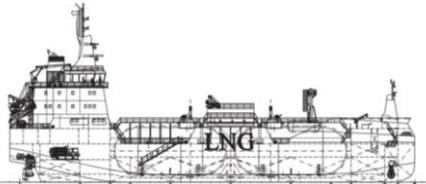
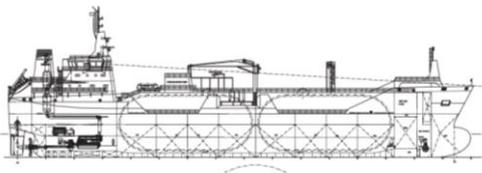
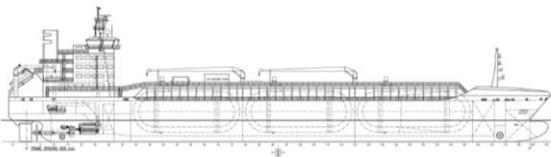
<p>FKAB L1</p> <p>Longueur hors tout 67m</p> <p>Capacité GNL 800m³</p> <p>Tonnage déchargé 2x400 m³/h</p> <p>Vitesse de service 12.5 nœuds</p> <p>Puissance installée 1350 kW</p> <p>Tirant d'eau 3.5m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 3K</p> <p>Longueur hors tout 85m</p> <p>Capacité GNL 3000m³</p> <p>Vitesse de service 12.0 nœuds</p> <p>Puissance installée 3500 kW</p> <p>Tirant d'eau 4.25m</p>	
<p>WARTSILA WSD59 10K</p> <p>Longueur hors tout 125m</p> <p>Capacité GNL 10000m³</p> <p>Vitesse de service 14.0 nœuds</p> <p>Puissance installée 4500 kW</p> <p>Tirant d'eau 6.6m</p>	
<p>FKAB L2</p> <p>Longueur hors tout 158m</p> <p>Capacité GNL 16500m³</p> <p>Tonnage déchargé 2x400 m³/h</p> <p>Vitesse de service 15.2 nœuds</p> <p>Puissance installée 5200 kW</p> <p>Tirant d'eau 6.2m</p>	

Figure 7 Exemples de méthaniers pour des transferts intermédiaires

2.4 Stockage au sol

Le dernier élément à prendre en compte est le stockage intermédiaire pouvant être pensé pour différentes fonctions. Le schéma PST (port to ship), permet d'atteindre des tailles plus grandes, jusqu'à 20000 m³ et 2000 m³/h de capacité de ravitaillement. Le stockage intermédiaire est approprié aux projets de grande ampleur, avec des utilisateurs stables dans le temps; la grande taille peut devenir un défi en termes d'augmentation du trafic portuaire. Il est raisonnable l'évaluation de l'emplacement de tels systèmes en fonction de la distance d'un terminal de re gazéification, pour garantir un approvisionnement sur et économique. Au contraire des stockages plus petits peuvent offrir cependant une versatilité, permettant de découpler dans le temps la phase d'approvisionnement et de bunkering, aussi dans les systèmes simples TTS.

Pour la petite taille, la solution la plus fréquente est l'utilisation des réservoirs cylindriques à pression de type C à l'extérieur. Ce sont des réservoirs cylindriques à double coque, à isolation sous vide et à pression. Ils ne nécessitent pas, en dehors des limites définies par l'holding time, la gestion externe des blow off gas, des rejets à froid ou des ré liquéfactions. Les réservoirs cylindriques présentent des diamètres de 3 à 6 mètres et des longueurs comprises entre 15 et 35 mètres, et travaillent jusqu'à pressions allant de 10-17 bar (décroissant avec la taille, pour des raisons de résistance structurelle).

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

Des volumes plus élevés sont obtenus en connectant plusieurs réservoirs en série, mais le type de structure nécessite, pour de simples raisons géométriques, des zones proportionnellement toujours plus haut. En particulier, la Figure 8 indique la surface occupée par un seul réservoir en fonction du volume contenu, avec les données relatives aux réservoirs identifiés dans la littérature et dans les catalogues commerciaux.

Les temps de maintien minimaux autorisés par les réglementations sont d’au moins 15 jours, mais ils peuvent augmenter considérablement.

L’efficacité spatiale modeste pour les gros volumes pousse, pour les dépôts de grande taille, vers les réservoirs à basse pression de classe B (à moins de 0,7 bar), qui nécessitent toutefois un système de gestion du blow off gas.

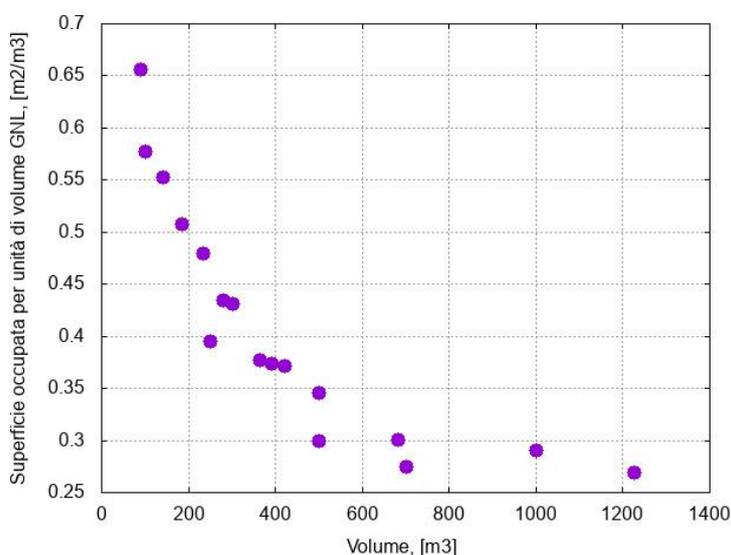


Figure 8 Surface occupée par m^3 de gaz contenu, réservoir simple cylindrique sous pression

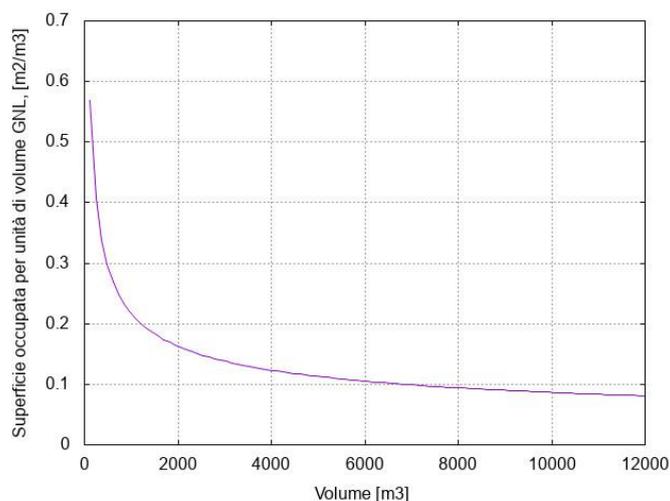


Figure 9 Surface occupée par m^3 de gaz contenu, réservoir cylindrique atmosphérique individuel: épaisseur d’isolation/confinement 1m, hauteur égale au diamètre

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”
Contribution du partenaire du projet

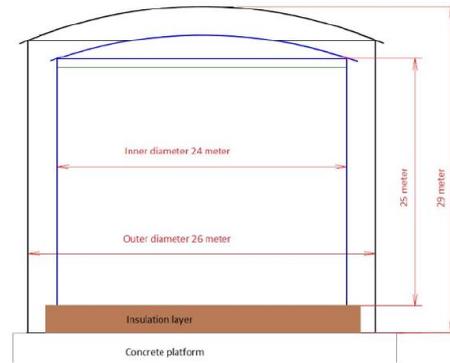


Figure 10 Exemples de réservoirs sous pression (sx) et atmosphériques (dx) (9)

3. Macro localisation des installations et des dépôts portuaires de GNL

La macro localisation optimale d'une infrastructure pour le bunkering de GNL est déterminée par des considérations de développement de l'ensemble du réseau logistique impliqué.

En particulier, d'un point de vue technique, il convient:

- Vérifier la disponibilité de GNL et la source d'approvisionnement la plus adéquate; en particulier, il faudra évaluer la distance entre le terminal d'importation le plus proche et définir les options de transport résultant.
- Évaluer les utilisateurs potentiels, en termes de demande prévisible et de caractéristiques de fourniture: capacités, pressions, températures, contraintes d'exploitation, fréquence d'amarrage et de ravitaillement, prévisibilité du service. Pour projets de petite taille, il peut être fait référence à des lignes répétitives spécifiques, telles que les ferries et ro-ro à fréquence journalière, qui fournissent un usage reproductible et fiable. Les structures de grande taille peuvent s'adresser à un usage plus vaste et nécessitent donc une plus grande flexibilité.
- Choisir l'option de bunkering (STS, PTS, TTS, solution avec conteneur ISO) et vérifier avec l'Autorité portuaire les limites imposées par les autres activités présentes. Différentes solutions peuvent coexister: en particulier, la configuration PTS, par sa nature rigidement liée à une jetée spécifique, avec les contraintes annexes en termes d'espace, de tirant d'eau et de risques d'interférences avec le reste du trafic portuaire, peut être prise en charge par un service STS ce qui augmente la flexibilité. Éventuellement, considérer une analyse de risque pour obtenir un examen des contraintes existantes.
- Définir la configuration de stockage: essentiel dans le système PTS, facultatif dans le cas de TTS et STS. Cela nécessite une interaction avec l'autorité portuaire pour la définition des espaces disponibles et des contraintes de destination d'utilisation des zones.

Les vérifications et les choix décrits ci-dessus peuvent être reconduites aux estimations et à l'évaluation d'une série de paramètres critiques essentiels (10) pour caractériser un site aux fins de la localisation possible d'une installation de GNL:

Paramètres liés au marché:

- Équilibre entre approvisionnements et consommation potentiels, strictement lié au dimensionnement du système de stockage en fonction des temps de résidence autorisés pour les réservoirs
- Taille du terminal, en tenant compte de la possibilité de réaliser des installations modulaires ou évolutifs et en identifiant les limites maximales imposées
- Fiabilité de l'approvisionnement
- Présence d'utilisateur on-shore

TDI RETE-GNL

- Évaluation des besoins de bunkering non seulement en termes de volumes, mais également en termes de fréquence et de termes de ravitaillement.
- Caractérisation des besoins par typologie: le trafic passagers, en fonction de sa régularité, est considéré de haute valeur.
- Disponibilité des réseaux GNC

Paramètre technico-logistiques et de sécurité:

- Caractérisation du trafic déployable en termes de dimensions, maniabilité et donc de contraintes pour les quais concernés
- Caractérisation des systèmes de stockage (taille, temps de résidence, espaces de sécurité)
- Évaluation des zones disponibles sur la base également des exigences de sécurité (safety zones)
- Layout portuaire et facilité d'accès aux quais intéressés. Les installations GNL sont généralement situées à l'extérieure des zones portuaires principales, mais cela n'est pas toujours possible.

3.1 Exemples des réseaux de bunkering et small LNG

À l'état actuel, les exemples de réseau territorial GNL les plus matures sont situés en Europe du Nord, et en particulier dans la zone scandinave, le long de la cote norvégienne et sur le Baltique (11) Dans le cas norvégien, en présence d'un trafic côtier intense entre les ports et les villes, souvent petit et relativement isolé, presque entièrement réalisé dans des zones réglementées à faibles émissions ECA, un réseau d'approvisionnement étendu comprenant de nombreuses installations small-LNG de taille très petite a été créé, dont certaines sont alimentées directement par des installations offshore à proximité. Il existe (Figure 11) 19 stations de bunkering, 7 stations de liquéfaction small-scale, 2 terminaux d'importation qui offrent des services auxiliaires, 2 barges pour GNL en activité, 4 stations de ravitaillement routiers dans le Sud du pays, 1 terminal d'exportation dans le Nord du pays. Le service TTS est essentiellement prédominant.

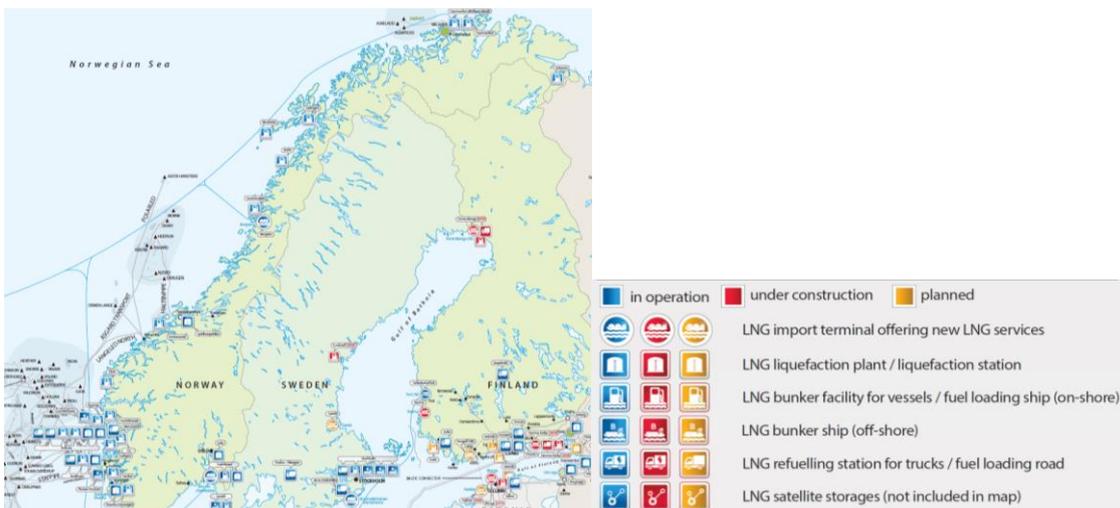


Figure 11 Exemples de réseau: système Small Scale LNG norvégien (11)



Figure 12 Exemples de réseau: système Small Scale LNG dans le Baltique (11)

Différentes organisations correspondent à différentes conditions: dans le Baltique (Figure 12), face à une zone plus restreinte, mais à une série d'utilisateurs à densité d'énergie plus élevée, il existe une plus grande présence de structures plus grandes, avec 5 barges/chaland en service ou prévu et une présence plus importante de terminaux d'importation offrant des services auxiliaires. La plupart des structures ont en outre des clients différenciés, y compris, outre le bunkering, l'alimentation du réseau GNC local, les services publics industriels, le transport routier. Les installations de stockage distribuées sont toutes de petite taille, moins de 10 000 m³.

En particulier, parmi les services couverts, le ro-pax Viking Grace, caractérisé par une taille et typologie de service (route Stockhol-Turku, 11h de trajet) et dimensions, est proche

des besoins typiques des routes de la zone cible entre les îles principales et les ports principaux du continent.

3.2. Opportunités de ravitaillement

À l'intérieure de la zone cible, ou dans ses environs immédiats, nous avons 4 grands terminaux de regazéification: OLT de Livorno et Panigallia en Italie, et les deux terminaux de Toulon Fos Tonkin et Fos Cavaou (Figure 13). Le réseau de gaz naturel comprimé atteint déjà tous les sites continentaux. La possibilité de réaliser un réseau dans l'Haut Tyrrhénien a été déjà abordée dans des projets précédents (2), notamment à la possibilité de transformation du terminal existant de Livorno en un hub pour la distribution de GNL via des méthaniers de petite taille(12).

Il est convenable que la ligne de ravitaillement de GNL puisse avoir un poids important dans la détermination de l'impact global en termes de CO₂, surtout s'il existe des schémas de transport (externe ou interne à la zone portuaire) à faible densité et à fort impact tels que les auto-citernes.

Terminal	FOS Tonkin	FOS Cavaou	Livorno OLT	Panigallia
Stockage [m3]	80000	330000	137000	100000
Capacité annuelle [Nm3/an]	3.00 10 ⁹	8.25 10 ⁶	3.75 10 ⁹	3.4 10 ⁶
Débit max [Nm3/h]	620 10 ³	1160 10 ³	592 10 ³	427 10 ³
Transfer STS [m3]		15000		
Transfer STS [m3/h]		4500		
Reloading small [m3] (previsto)	7500 (5000)	15000 (5000)	Prévu	En discussion
Reloading small [m3/h]	1000	4000		

Figure 13 Large scale LNG dans la zone cible et les zones limitrophes (13)

3.3 Utilisateurs et organisation du réseau

La zone cible du présent projet se caractérise par la présence de grandes concentrations métropolitaines et zones industrielles, et aussi les services répétitifs ro-pax et ro-ro servent généralement des routes relativement longues et avec des navires plus grands par rapport à la plupart des cas décrits ci-dessus. Pour le moment, dans la zone méditerranéenne, nous pouvons citer, comme exemple de service GNL (individuel) plus proche à ceux d'intérêt potentiel pour notre zone, la paire de ferries Ro-Pax Hypatia de Alexandria et Marie Curie, en service entre Valence et Baléares: propulsés par un moteur dual fuel, ils parcourent environ 250 milles marins par jour pour faire le plein de GNL à Valence.

Etant donné telles conditions, la configuration du réseau d’approvisionnement GNL peut être définie de manière raisonnable dans ses lignes essentielles: en particulier, les grands sites d’approvisionnement devront s’appuyer sur les terminaux déjà actifs et les stockages/installations intermédiaires seront raisonnablement situées dans les principales zones portuaires. , afin d’identifier les synergies possibles avec d’autres utilisations du GNL. Ces derniers seront vraisemblablement limités, dans les ports continentaux, au remplacement d’utilisateurs à gazole pour les transports et à des limitations: pour d’autres utilisations, de la production d’électricité aux utilisations thermiques, le réseau national de gaz naturel comprimé (GNC) résulte traditionnellement plus compétitif.

Les installations de référence deviennent donc, plus que de petites installations en Europe du Nord, les systèmes utilisés dans les grands ports du Nord.

La situation est différente dans les îles, où un abordage de petite taille est mis en place, par exemple, à Oristano, avec une capacité de stockage de 9000m³ dans des réservoirs cylindriques horizontaux sous pression et où il n’existe pas de réseau de distribution GNC.



Figure 14 Distribution des infrastructures GNL dans la zone cible

3.4 Exemples d’évaluation dans la zone cible

À titre d'exemple, certaines évaluations dans la zone cible sont présentées. En ce qui concerne le port de Gênes, les itinéraires ro-pax vers les principales îles sont considérés comme des services possibles, choisis pour leurs caractéristiques de service prévisibles, répétitifs et fréquentes.

Le besoin de GNL pour chaque différent parcours dépendra des caractéristiques des navires concernés et du type de service, en particulier de la rapidité avec laquelle le navire opérera, et donc des choix techniques de chaque armateur.

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”

Contribution du partenaire du projet

En principe, cependant, il est possible d’avoir une estimation approximative de la consommation d’un navire alimenté au GNL qui effectue un service équivalent à un navire actuel en supposant que, à la vitesse de croisière, la puissance moyenne utilisée est de 85% de la puissance installée. Cela permet de déterminer une estimation des besoins en carburant par milles marins comme:

$$\dot{Q} = 0.85 \cdot \frac{P_n}{\eta} \cdot \frac{3.6}{v} \cdot \frac{1}{\rho_{GNL} H_i}$$

Où \dot{Q} est la consommation en [m³/nm], P_n est la puissance installée en kW, v la vitesse en nœuds, η la performance de conversion totale (supposé 0.4 pour les moteurs de plus de 5 MW et 0.35 pour les moteurs les plus petits), H_i la puissance calorifique de GNL (50 MJ/kg) et ρ_{GNL} la densité du GNL (450kg/m³).

La fiabilité de la relation est vérifiée à l’aide des données nominales des navires Wartsila et Remontowa, en tenant compte des navires Ro-Ro, Ro-pax et porte-conteneurs, à la Figure 15.

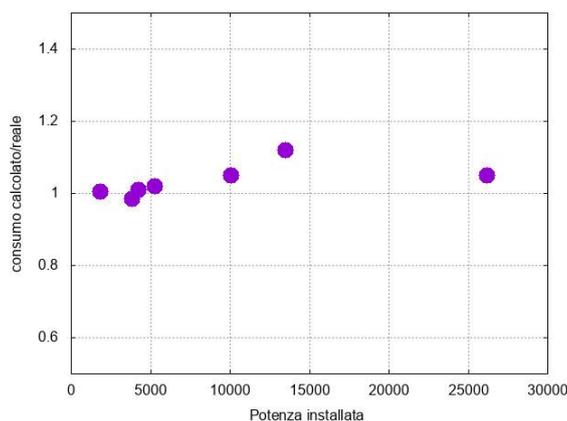


Figure 15 Comparaison entre l’estimation et la consommation réelle pour certains navires GNL sur le marché

Le réservoir nécessaire pour garantir l’autonomie sera donc au moins de $V = L\dot{Q}$, avec L la longueur de la section concernée. Dans le tableau ci-dessous, on indique certaines des routes potentiellement intéressantes avec leur longueur relative en milles marins:

- Olbia Genova: 219 nm
- Olbia Livorno: 165 nm
- Genova Bastia: 106 nm
- Ajaccio Toulon: 149 nm
- Bastia Livorno: 61 nm
- Ajaccio Nice: 133 nm
- Ajaccio Porto: Torres 67 nm
- Livorno Genova: 79 nm

Considérons la route la plus difficile, Olbia Genova, sur laquelle, par exemple, le navire Bithia est actuellement engagé, avec les caractéristiques illustrées à la Figure 19 Caractéristiques ro-pax Viking Grace et Bythia (HFO, en service Genova Porto Torres)

: son remplacement impliquerait, en appliquant les relations précédentes, la présence à bord d'un réservoir d'au moins 130 m³ pour la seul aller. Afin de couvrir l'aller-retour avec des marges de sécurité suffisantes, un réservoir de 400 m³ pourrait être possible. S'agissant d'un service quotidien compte tenu du ravitaillement effectué au port de départ, il y aurait donc une attente raisonnable d'une demande de l'ordre de 300 m³ par jour et d'environ 2000 par semaine.

Il s'agit, comme facilement prévisible, de quantités importantes, qui peuvent être satisfaites que dans la perspective d'un approvisionnement STS, qui permettrait, comme le montre les données de la Figure 2, un approvisionnement dans environ 1 heure, permettant simultanément, comme sera discuté lors de ce document, aussi les opérations d'embarquement et de débarquement simultanées.

La configuration PTS, bien qu'intéressante en termes de vitesse de chargement, aurait moins de flexibilité, limitant le service aux utilisateurs à un seul quai et imposant des compromis inacceptables en termes de SIMOPS.

L'architecture la plus adaptée, compte tenu également de la distance de l'approvisionnement à grande échelle les plus proches (Livorno, 79 milles marins) qui rend le trafic quotidien des chalands impossible, pourrait donc être un système de type A-B1-D1-E, avec référence à la Figure 16. En particulier, les petits méthaniers de moins de 10000m³ avec une fréquence hebdomadaire ou mensuelle entre Livorno et un dépôt intermédiaire à l'intérieure ou à proximité du port de Genova, une barge de moins de 500m³ qui permette des déplacements plus faciles dans les espaces restreints disponibles dans la zone portuaire pour le ravitaillement final.

3.5. Références normatives

Les infrastructures portuaires pour le GNL sont soumises à une hiérarchie complexe de réglementations, lois et classifications. Le premier niveau supérieur est donné par les directives générales, et en particulier par la directive européenne générale en faveur de l'utilisation du GNL et par la directive 214/94/UE susmentionnée (1), mise en œuvre en Italie par la D.L.G.S. 257/16 (14), qui fournit les lignes directrices pour le développement du GNL. Ce dernier document mentionne spécifiquement le cas de la Sardegna, la seule région italienne non méthanisée, comme zone de grand intérêt.

En cascade, la suivante délibération 168/2019/R/GAS (15) de l'Autorité de Régulation pour l'Energie, Réseaux et Environnement définit les critères de régulation généraux applicables au service SSLNG fourni par des terminaux de regazéification qui offrent également des services SSLNG et des dépôts de stockage de GNL connectés au réseau de transport et équipés d'installations pour le processus de regazéification et l'introduction de gaz naturel dans le réseau.

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

À un niveau inférieur se trouve le règlement technique. En se limitant au domaine des infrastructures portuaires, car les détails du point de vue du navire font l'objet d'autres documents, en plus du cadre général offert par le code ISPS (16), "The International Ship and Port facility Security code" et de la directive Seveso III (17), qui couvre les dépôts de plus de 50 tonnes, les lignes directrices pour l'installation de structures de bunkering, en référence aux infrastructures terrestres, sont résumées dans la norme ISO/TS 16901 (18) qui encadre les problèmes de sécurité liés aux structures on-shore jusqu'à l'interface avec le navire et la norme ISO/TS 18683 (19) du 2015, qui présente les lignes directrices relatives aux exigences minimales du projet et à la gestion des bunkering facilities.

Au niveau des standard européens, la norme EN147 (20) du 2017 définit des lignes directrices pour les installations au sol impliquant la liquéfaction, le stockage, la gazéification, le transport et le transit de GNL. La EN 1532 (21) du 1997 régit la sécurité dans le transit des méthaniers dans la zone portuaire et leur déchargement; se concentre sur les terminaux à grande échelle.

L'EN 13645 (22) du 2002, quant à elle, couvre la conception et la construction d'installations de stockage onshore entre 5 et 200t, tandis que les installations plus grandes sont considérées dans la EN 1473:1997 (23).

Des lignes directrices ont également été émises par les sociétés de classification et en particulier IACS, DNV, ABS. La Figura 15 présente un cadre récapitulatif (24) des principales règles et standards impliqués, mettant en évidence ce qui est plus directement lié au côté port. Une revue plus complète est donnée en Annexe.

Au niveau national, il n'existe pas en Italie d'ensemble de règles spécifiquement consacrées au GNL, mais le Département des Pompiers, de l'Aide Publique et de la Défense Civile a publié deux documents de lignes directrices concernant respectivement les installations de stockage au-dessous (25) et au-dessus (26) de 50 tonnes . Ces lignes directrices sont centrés sur l'analyse des risques et sur la configuration de l'installation et de ses éléments potentiellement dangereux.

Les documents utiles en tant que référence actualisée sont également les lignes directrices de sécurité et de gestion publiées par les ports d'Helsinki (27) (2017) et de Gotheborg (27) (2017).

Règle – Standard	Port	Interface bunkering	Navire chargé	Formation	Risk assessment
IGF code: International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fuelled vessels			X		

IGC code: International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	Bunker ship				
SEVESO III Directive 2012/18/EU: On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	Terminal Tank	X			X
ADR 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	Truck-Vehicle			X	
ADN 2017: European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	Bunker ship			X	
ISO 18683: Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.		X		X	X
ISO 16901: Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X			X
ISO 20519: Ships and marine technology -Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	Terminal Bunker ship	X		X	X
ISO 28460: Petroleum and natural gas industries - Installation and equipment for LNG -- Ship-to-shore interface and port operations.	Bunker ship	X		X	
EN 1473: Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	Tank				X
EN 13645: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	Tank				
EN 1474-2: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2: Design and testing of transfer hoses.		X			
EN 1474-3: Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.		X			
NFPA 59°: Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	Terminal Tank Truck-Vehicle			X	

Figura 16. Cadre récapitulatif règles et standards

3.6. Processus d'autorisation

Le processus d'autorisation représente un élément important pour la définition d'un projet de bunkering de GNL. Au-delà des besoins spécifiques nationaux italiens et français, il est opportun d'encadrer le processus dans ses besoins conceptuels fondamentaux, tels que proposés dans le schéma européen (4). Il est essentiel de prévoir, au cours du processus, la

participation de l'opinion publique, car son opposition est souvent décisive pour l'échec du processus. Le dialogue avec les principaux stakeholders est donc une étape obligatoire.

Chaque législation nationale s'inspire de deux instruments européens fondamentaux définis par la directive **EIA** et par la directive **Seveso Directive**.

Les étapes essentielles, qui nécessitent une autorisation, concernent

1. Évaluation de l'impact environnementale
2. Permis pour le stockage de matières dangereuses
3. Permis pour le traitement de matières dangereuses
4. Conceptions de construction

Le processus comporte donc une série d'étapes successives, à partir d'une **phase préliminaire** d'identification des contenu nécessaires à satisfaire les demandes du processus d'autorisation, la **préparation des documents** à soumettre à l'autorité compétente, la **vérification de l'intégralité** de la demande à envoyer, le processus de **consultation publique** formelle qui implique le proposant, les autorités impliquées et les principaux stakeholders, la **phase de décision** et éventuellement le possible **recours judiciaire** par les stakeholders, une fois l'autorisation accordé.

En ce qui concerne le cas italien (12), résultent nécessaire:

1. Vérification des aspects environnementaux – VIA et AIA – Ministère de l'Environnement
2. Vérification des aspects de sécurité - Rapport de Sécurité du CTR - Comité Technique Régional
3. Vérification des aspects maritimes et de sécurité de la navigation – Ordonnance de Sécurité de la Navigation et Réglementation des Activités du Terminal – Capitainerie du Port de Livorno
4. Vérification des aspects fiscaux et douaniers – Agence des Douanes
5. Modification du Décret ministériel de construction et d'exploitation du Terminal – Ministère du Développement Economique

4. La micro localisation des installations de GNL

4.1 Généralité

La proposition et l’approbation dans la micro-localisation de l’installation de bunkering à l’intérieure de la zone portuaire fait généralement partie des responsabilités de l’autorité portuaire locale, et doit tenir compte d’une longue série de facteurs et de contraintes possibles. En particulier, il s’agit de considérer :

1. Le type de navire qui sera probablement desservi par l’installation
2. Le choix du système de bunkering (TTS, STS, TPS)
3. La possibilité d’opérations simultanées au bunkering (embarquement/débarquement du navire)
4. En analogie avec la vérification des SIMOPS, la possibilité de coexistence avec d’autres activités potentiellement risquées dans les proximités
5. La profondeur disponible auprès de la jetée d’amarrage
6. La possibilité de double amarrage
7. La sécurité nautique, compte tenu également de la nécessité de manœuvre à l’intérieur du bassin
8. Fréquence et type de trafic maritime, aussi pour contrôler le risque éventuel de collision
9. L’espace nécessaire au passage des navires, en tenant compte des safety zones et ship exclusion zones requises pour la sécurité des opérations
10. Impacts possibles des variations de niveau pour les marées
11. Dans le cas du ravitaillement TTS, la charge maximale acceptable pour la jetée (afin de permettre le trafic des véhicules de ravitaillement)
12. La distance minimale par rapport aux zones résidentielles, en fonction de chaque législation nationale
13. L’impact sur les activités portuaires, tant en mer que sur terre
14. Les synergies possibles avec d’autres utilisateurs, en plus du bunkering
15. Les contraintes de distance de sécurité par rapport aux autres types d’activités présentes dans la zone portuaire
16. Problèmes de security et limitations à l’accès public

4.2 La compatibilité urbaine

Les dépôts de GNL de taille importante relèvent du domaine des installations à risque d’accident, et donc entre le périmètre du D.M.LL.PP. 9 mai 2001 - Exigences minimales de sécurité en matière de planification urbanistique et territoriale pour les zones affectées par des installations à risque d'accidents majeurs. Les contraintes d’espaces et de distances sont donc liées au type de bâtiment envisagé dans les abords de la centrale affectés par les conséquences des scénarios accidentels hypothétiques. Dans les cas de notre intérêt, l’installation sera généralement située dans les zones portuaires ou dans des zones déjà de nature industrielle, par

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”
Contribution du partenaire du projet

conséquent, au-delà des contraintes de sécurité susmentionnées, il ne devrait normalement pas y avoir de conflit avec les contraintes envisagées par outils de planification urbaine locaux (plans urbains et paysagers).

4.3 L'accessibilité nautique

Afin de minimiser le risque de collision lors des procédures, l'emplacement de la station de bunkering devrait idéalement se situer en dehors des bassins et des routes portuaires à majeur trafic plus, ou des zones nécessitant des manœuvres d'approche complexes ou dans des espaces confinés.

Souvent, en particulier lorsque l'on examine les installations situées dans le Nord de l'Europe, les opérations ont lieu en dehors des principales zones portuaires, comme le montrent les exemples des zones de stockage de Rotterdam (Figure 17) et Zeebrugge (Figure 18).

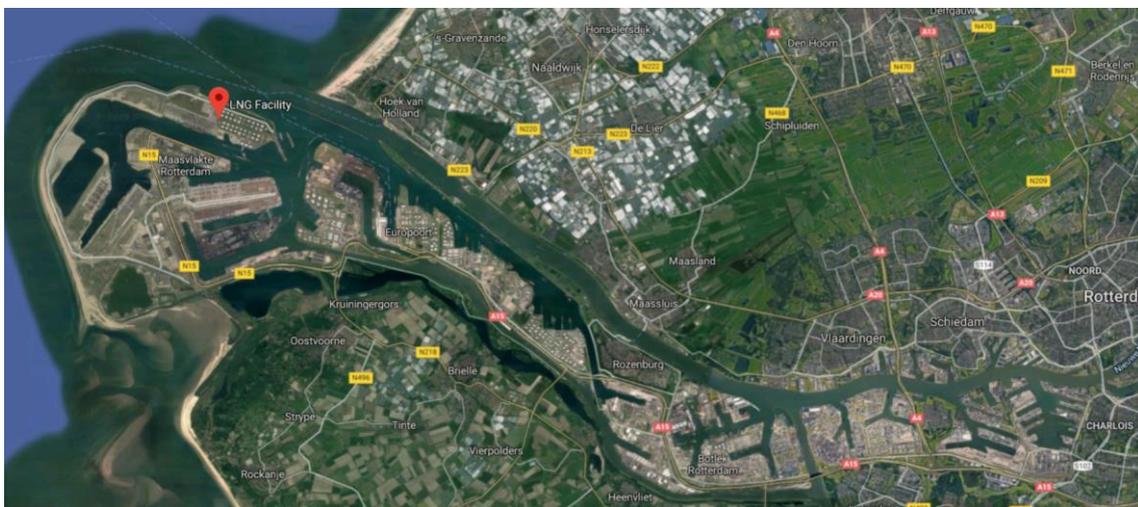


Figure 17 Exemples de localisation de l'installation GNL de grande échelle: Rotterdam

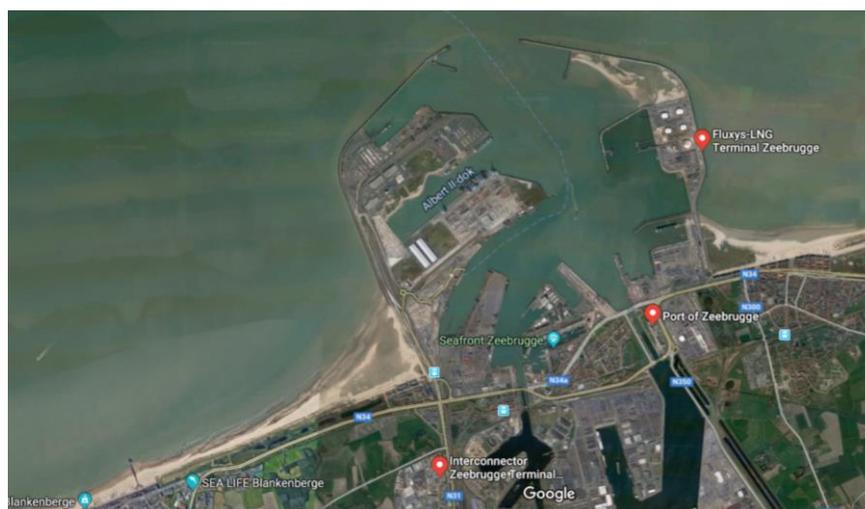


Figure 18 Exemple de localisation du dépôt GNL: Zeebrugge

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"

Contribution du partenaire du projet

Cette solution idéale n'est pas toujours possible: en particulier, s'il existe des marges de manœuvre pour la mise en place des dépôts intermédiaire de GNL, les opérations de bunkering proprement dites sont liées aux besoins opérationnels du navire approvisionné: en général, pour minimiser les temps d'arrêt, la solution la plus efficace dans le cas d'un navire ro-pax est un ravitaillement STS sur le quai d'amarrage, qui doit être effectué simultanément avec les opérations d'embarquement et de débarquement de passagers et de marchandises.

Dans ces cas, il faudra une surveillance attentive des zones d'interdiction et de sécurité côté mer au cours des opérations.

En particulier, conformément aux lignes directrices EMSA(4), il convient de garder à l'esprit deux exigences fondamentales: la proximité du dépôt intermédiaire, afin de minimiser les coûts logistiques, économiques et environnementaux du transfert interne et la possibilité de protéger le bail de bunkering contre le trafic principal. . Il sera donc nécessaire d'identifier les restrictions sur les zones accessibles induites par le trafic portuaire et de prévoir, notamment dans le cas de connexions STS, une analyse du risque de collision.

Les informations essentielles afin de permettre cette analyse, sont:

- une analyse minutieuse du layout portuaire actuel,
- les caractéristiques et dimensions) des barges et des petits méthaniers qui transportent le GNL, ainsi que des navires livrés
- la fréquence et la durée attendue des opérations de bunkering, car les safety zone cote mer ne sont actives que pendant la phase de ravitaillement
- informations sur le trafic en dehors de la zone de bunkering (fréquences, typologie de navire, vitesses autorisées, distances entre les routes types et les installations)
- actions possibles d'atténuation des risques: utilisation des remorqueurs, pilotes, limitations de vitesse pendant les opérations.

5. Le dimensionnement des installations et des dépôts de GNL dans le cadre maritime-portuaire

5.1 Généralité

La taille et le choix des composants réels de l'infrastructure portuaire sont liés à la taille de l'installation et aux volumes de GNL attendus. L'architecture typique, compte tenu de la présence de nombreux grands ports, sera celle d'une installation de taille importante, avec un approvisionnement à travers méthaniers de petite taille (moins de 10000 m³), un dépôt local, typiquement, mais pas nécessairement, avec des réservoirs en pression hors du sol, un service dans le port STS avec de petits chalands ou des barges. Un service TTS peut être fourni pour un trafic plus limité ou pour alimenter des utilisateurs secondaires. Ces derniers seront essentiellement des systèmes de transport et de manutention portuaire, où il sera possible de remplacer le diesel avec les avantages environnementaux relatifs.

Nom	Viking Grace (LNG)	Bithia (HFO)	Hypathia (LNG)
Longueur	214	214	186.5
Largeur	31.8	26.4	25
Passagers	2800	2700	810
Ro-ro lane [m]	1275		2180
Car lane	1000		
Puissance [MW]	31.2	51.36	20.6
Vitesse [kn]	22	29	24.6
Réservoirs [m ³]	400		230
Durée trajet [h]	11	12	
Consommation trajet [m ³]	~50		
Consommation trajet [m ³]	~50		

Figure 19 Caractéristiques ro-pax Viking Grace et Bythia (HFO, en service Genova Porto Torres)

Afin d'avoir une estimation des ordres de grandeur des volumes de GNL intéressés, il est fait référence avec les données de la Figure 4 en ce qui concerne les navires cargo, et à la Figure 19, qui présente les caractéristiques de deux navires Ro-pax à GNL de taille comparable à ceux en service dans la région tyrrhénienne. Il s'agit de la Viking Grace, en service entre Stockholm et Turku dans le Baltique, et de la Hypatia de Alejandra, un navire très récent en service entre Valence et les Baléares.

Per quanto riguarda le utenze accessorie, a titolo di esempio si cita il consumo di gasolio per trasporti interni del porto di Genova, che come risulta da altri report di questo progetto è intorno agli 8 milioni di litri annui, sostituibili, in termini energetici, da circa 13000m³ di GNL.

5.2 Dimensionnement du dépôt

Comme décrit dans les paragraphes précédents, pour les dépôts intermédiaires et de taille il est possible modeste, il est possible de choisir entre les réservoirs sous pression ou les réservoirs atmosphériques, où les premiers ont une empreinte plus grande, les seconds nécessitent une gestion minutieuse du blow off-gas. En référence à l'exemple du port de Genova et de la route ro-pax pour la Sardegnna, les estimations précédentes suggéraient une exigence de 2000m³ par semaine, à laquelle environ 250 pourraient être ajoutés pour les services de manipulation internes.

Il s'agit donc d'environ 10000m³ par mois, qui relèvent dans les tailles typiques d'un stockage sous pression. Les dimensions maximales de ces réservoirs sont d'environ 1500 m³ et nous aurions donc 6 à 7 éléments. Selon la Figure 8 nous aurions un rapport surface/volume de 0,3, et donc une surface sous-tendue de seulement réservoirs de 3000m², pour une occupation du sol de la zone de stockage pure d'environ 5000m², compte tenu de la nécessité de distancer chaque réservoir d'au moins un demi-diamètre. La zone réelle occupée par le système sera toutefois beaucoup plus grande, devant inclure le quai et les systèmes de connexion avec le méthanier d'approvisionnement et la barge vers les clients et permettre le respect des zones de sécurité et monitoring qui comportent typiquement des espaces supplémentaires autour à 30m, espaces pour le piping et autres, normalement, les espaces totaux utilisés (9) sont d'au moins 30000m².

Il convient de noter que déjà pour couvrir le besoin d'une seule route, les quantités de GNL sont importantes: facilement, impliquant d'autres routes et/ou services, impliquerait la nécessité de stockage avec des réservoirs atmosphériques.

5.3. Contraintes de sécurité et zones de contrôle

Dans le cadre des procédures et des systèmes pour la sécurité des zones responsables de l'approvisionnement de GNL et des zones environnantes, il est également nécessaire d'examiner le problème des distances de sécurité et des zones qui doivent être créées à proximité des opérations de bunkering.

En particulier, la création de zones de "sécurité" et de "précaution" (respectivement Safety Zone et Security Zone) est d'une importance fondamentale pour prévenir la manifestation d'événements accidentels ou limiter les effets néfastes sur les personnes et les structures. Le but principal de ces zones est de prévenir la propagation des fuites de gaz dues aux dommages subis par l'équipement et de l'empêcher de s'enflammer.

Le terme **safety zone** désigne la zone accessible uniquement au personnel formé aux opérations de bunkering et où les sources d'inflammation des gaz ne sont absolument admises.

Par conséquent, cette zone s'étend de manière à inclure toutes les zones où la probabilité que les pertes de GNL entraînent la formation de mélanges dangereux pour les structures et le personnel est élevée. Ces probabilités doivent donc être prédéterminées dans l'évaluation des risques, comme indiqué précédemment.

La **security zone**, en revanche, a pour objectif de créer une zone d'extension de nature à maintenir d'autres navire, véhicules, personnels et opérations autres que le bunkering à une distance raisonnable afin d'éviter l'endommagement de l'instrumentation ou cependant l'interférence avec le ravitaillement en cours. De cette manière, les opérateurs non impliqués dans les activités de bunkering sont à une distance suffisante afin d'éviter les blessures en cas d'accident. En effet, la zone de sécurité constitue également un mécanisme destiné à empêcher que des personnes autres que le personnel affecté aux opérations de bunkering ne détériorent ou ne interfèrent intentionnellement avec l'équipement.

Pour les deux types de zones, la méthodologie utilisée pour identifier les limites, les méthodes de protection et de renforcement, les procédures, le personnel autorisé à entrer, les dispositifs personnels de protection et autres informations doit être indiquée dans les manuels préalablement préparés.

L'extension des zones dépend de certains facteurs qui doivent être examinés lors de la phase d'évaluation des risques. Cependant, il est connu que le rayonnement thermique résultant d'accidents qui impliquent le feu est le principal facteur à déterminer les distances de sécurité. En ce qui concerne les risques pour les personnes, il est à noter qu'un flux de:

- 5 kW/m² provoque des brûlures au premier degré après 30 secondes d'exposition dans 50% des cas;
- 12 kW/m² provoque des brûlures au deuxième degré après 30 secondes d'exposition dans 50% des cas;
- 15 kW/m² provoque la mort après 30 secondes d'exposition dans 50% des cas.

Les mesures effectuées en relation avec ce profil (Danish Maritime Authority, 2012) ne tiennent pas compte des éventuelles protections fournies par les vêtements. Elles permettent toutefois d'identifier les valeurs pour le dimensionnement des zones de sécurité de manière à maintenir à une distance de sécurité toutes les personnes non équipées de spécifiques systèmes de protection et formation.

La procédure de calcul des *safety* e *security* Zones nécessite l'achèvement de plusieurs activités, notamment les suivantes:

- détermination de la configuration de *bunkering*;
- détermination des facteurs qui influent sur les risques (par exemple, nombre de conduites utilisées en parallèle, débit, durée de l'opération, etc.);
- quantité maximale de GNL libérable en théorie;
- conséquences du rejet et effets sur les quantités libérées;

- identification de la possibilité d'un incendie et de la possibilité de déclencher la fuite;
- détermination des zones soumises au rayonnement thermique suite à des incendies;
- calcul de la diffusion maximale du nuage inflammable;
- détermination des accès pour le personnel externe aux opérations (en cas de nécessité), pour l'équipage et pour les opérateurs impliqués dans le *bunkering*;

Sur la base des analyses liées aux profils mentionnés ci-dessus, il est possible de dimensionner les zones dangereuses et en aval de celles-ci de déterminer correctement les limites des zones de sécurité réelles. S'il y a plus d'opérations dangereuses à proximité les unes des autres, il faut garantir qu'elles ne se chevauchent pas car cela entraînerait une augmentation importante des risques.

La Figure 20 montre un exemple de zones de sécurité liées aux opérations de bunkering de l'installation au sol.

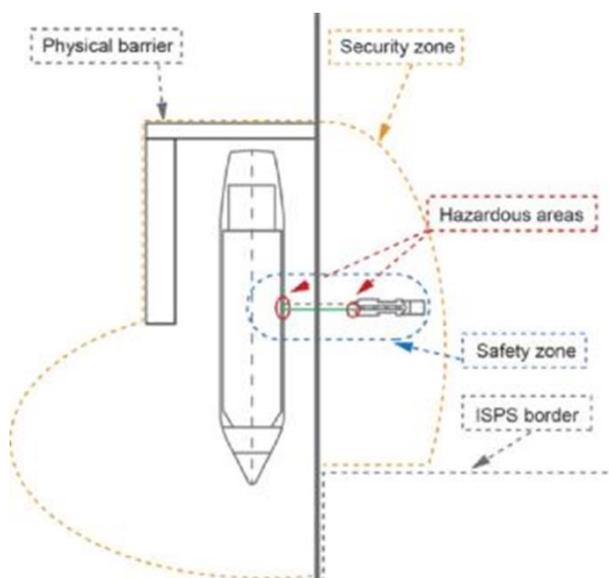


Figure 20 Safety e security zones: exemple relatif à la solution de bunkering de type TPS (Stavros, 2016)

Les zones de sécurité sont généralement divisées en trois parties différentes Figure 21, en raison du niveau de criticité qui les distingue et donc du degré de sécurité qu'il compte emprunter:

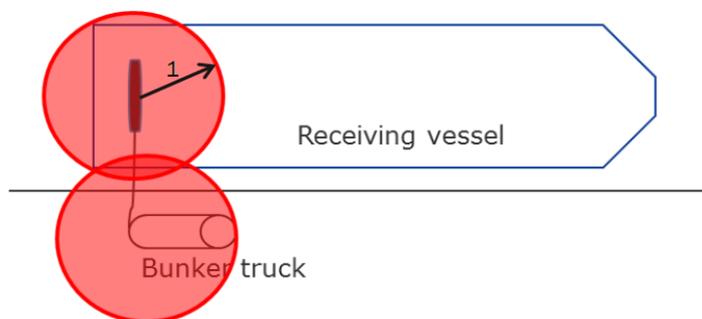
- **premier département:** l'accès est réservé au personnel dédié à l'activité de *bunkering* car il s'agit de la zone qui entoure les sources de risque contenant les collecteurs, les conduites et les lignes de retour de la vapeur. Il s'agit d'une zone d'exclusion dans laquelle il existe des limitations concernant à la fois les personnes et les équipements installés, qui devra être compatible avec les spécifications techniques prévues;
- **deuxième département:** seuls le personnel et les membres du navire ayant reçu une formation spécifique peuvent passer;
- **troisième département:** il n'y a pas de limitation d'accès.

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

Cette distinction de la zone de sécurité en trois zones n'est pas univoque et est basée sur le niveau de rayonnement thermique présent ou, dans le cas des rejets de GNL, sur la concentration des nuages de vapeur formés.

TRUCK/ TERMINAL- SHIP



Or Manifold Terminal

Figure 21 Topologie des safety zones, ravitaillement en quai (29)

SHIP- SHIP

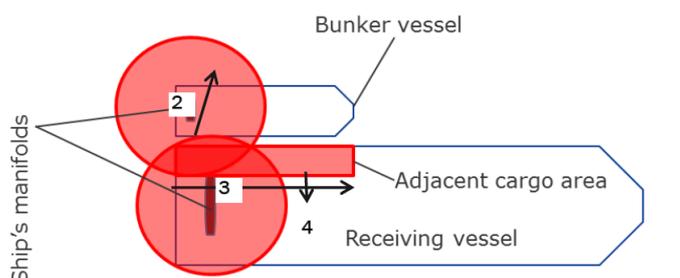


Figure 22 Topologie safety zones, ravitaillement côté mer (29)

La topologie des safety zones varie en fonction du type de connexion: les Figure 21 et Figure 22 illustrent les deux configurations avec alimentation côté quai (par auto-citerne ou pipeline de la station de bunkering) et côté mer, dans la procédure ship-to-ship. On remarque en Figure 22 comme la safety zone côté charge, par exemple pour les conteneurs, comprend un secteur entier de la charge si même un seul conteneur interfère avec ladite zone.

L'évaluation quantitative des zones de sécurité doit être analysée dans chaque cas, en tenant compte également des conditions climatiques locales et en particulier, du vent. Comme première évaluation des ordres de grandeur, la Figure 23 indique les indications sur les safety zones relatives au port de Gothenburg, auquel il faut ajouter une contrainte verticale de 15m; dans le cas d'Antwerpen, des valeurs similaires sont utilisées, avec 25 m autour des interfaces sur le quai, auto-citerne-pipeline (1 en Figure 23) et 30 m autour de l'interface ship-to-ship (2), auxquels s'ajoute toute la longueur du navire de ravitaillement pour une ampleur, dans le cas de conteneur, de 2 conteneurs.

Typologie de navire	Côté mer	Station de bunkering	Terminal
LNG /LPG /Tanker	25 mètres	25 mètres	25 mètres
Container / Bulk	25 mètres	15 mètres	15 mètres
Ro/Ro	25 mètres	25 mètres	15 mètres
Ferries	25 mètres	25 mètres	25 mètres

Figure 23 Ampleur safety zone dans le port de Gothenburg

5.4 SIMOPS – Opérations simultanées

Une brève période d’arrêt dans le port, tant pour le trafic de fret que pour le trafic de passagers, représente un élément de force important dans la gestion d’une ligne maritime. Du point de vue du pur ravitaillement, si l’on opte pour des solutions STS, les temps de bunkering sont généralement compressibles jusqu’à environ une heure pour les ro-pax de taille moyenne, et la possibilité d’embarquer et de débarquer les passagers pendant le bunkering permet donc de ne pas allonger les temps d’arrêt en port. Dans le cas de Viking Grace, en service sur l’itinéraire Stockholm-Turku, par exemple, l’opération de ravitaillement est effectuée en une heure dans le port de Stockholm. Combiné aux 11 heures de navigation par itinéraire, ce timing permet d’effectuer le service quotidien de manière régulière.

Il convient donc d’identifier les conditions qui rendent possibles les SIMOPS. Comme indiqué ci-dessus, l’approvisionnement via navire est préférable, car il déplace sur le côté opposé au quai la location des zones à risque ou qui doivent être protégées. Les contraintes qui limitent les SIMOPS sont essentiellement des contraintes de sécurité, et les directives récentes à cet égard sont reportées en (30).

Suivant le schéma présenté en (4), un schéma des différentes opérations simultanées potentiellement intéressantes est présenté à la Figura 24.

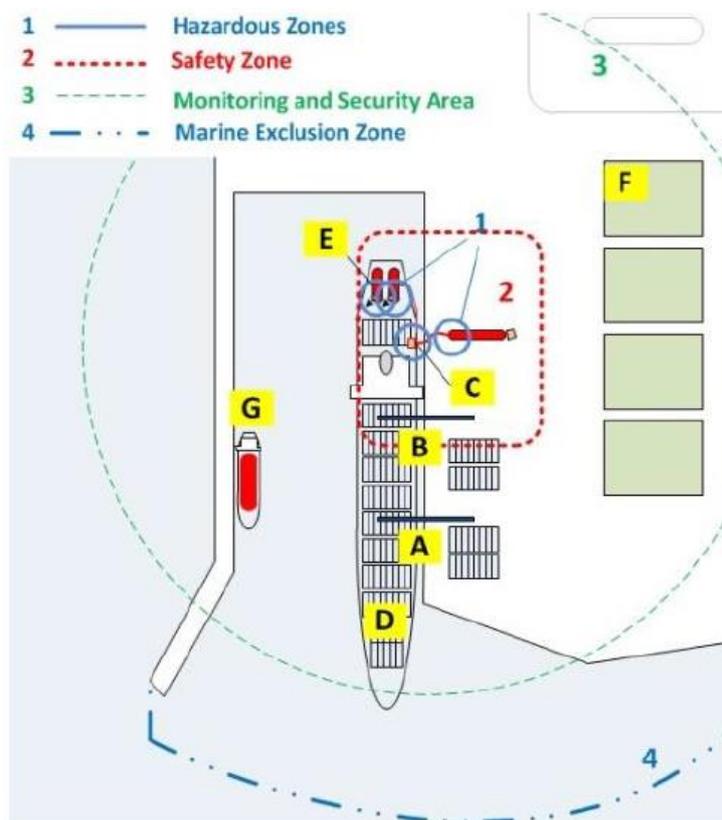


Figura 24 SIMOPS e vincoli di accesso nel caso di portacontainer

Dans cette figure, A indique le mouvement de la charge via la grue en même temps que le bunkering. Cette activité est normalement possible tant qu'elle se trouve en dehors de la Safety zone pour une marge significative (deux fois la distance de sécurité), en maintenant les niveaux de contrôle de la Security zone. Si, cependant, elle se situe dans les limites de la zone de la safety zone (cas B) il est nécessaire de réaliser une analyse de risque spécifique et l'utilisation de mesures de protection spécifiques.

Les cas C et D font référence à des opérations de maintenance corrective dans la zone d'interface entre le bunkering C et à l'intérieur du navire (D, en dehors des zones internes limitées). Les opérations C sont exclues, sauf en présence d'une analyse d'évaluation quantitative des risques (QRA). Les opérations D comprennent, par exemple, la maintenance du système de propulsion, le test des systèmes de bord et d'alarme des opérations de ballast. Même s'ils se trouvent en dehors de la zone de contrôle, ils doivent être évités de préférence, à moins que l'on ne procède à une évaluation minutieuse des interactions avec le processus de bunkering.

Le cas E correspond à chaque opération à bord dans la zone de danger d'accident. A éviter, sauf pour une analyse minutieuse comme pour C. F indique les activités dans la zone de monitoring la plus éloignée. En tant que tels, ils doivent être contrôlés avec précision, en

définissant également explicitement les responsabilités des différentes parties impliquées, car ils comprendront en général des activités qui ne concernent pas le gestionnaire de terminal.

Le dernier cas G fait référence à des activités dans la zone de contrôle, mais non liées au processus de ravitaillement, impliquant les marchandises dangereuses. Elle également doivent être suivis en identifiant les différentes parties impliquées et les responsabilités associées, comme pour le cas F.

Bibliographie

1. UE. *DIRETTIVA 2014/94/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi* . 2014.
2. MISE. *Documento di consultazione per la Strategia nazionale sul GNL*. 2015.
3. Minambiente, MISE -. *SEN 2017, Strategia Energetica Nazionale*. 2017.
4. EMSA. *EMSA Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities/Administrations*. s.l. : European Maritime Safety Agency, 2018.
5. Vandebroek, L. e Berghmans, Jan. *Chain analysis: Supplying Flemish ports* . 2012.
6. SMFT. *LNG Bunkering Ship to Ship procedure*. s.l. : Swedish Marine Technology Forum.
7. Wartsila. *WSDXXX ships datasheets*.
8. MAN. *Costs and Benefits of LNG as Ship Fuel for Container Vessels*.
9. Sweden, SSPA. *LNG in Baltic Sea Ports: LNG Handbook*. 2015.
10. DMA. *North European LNG Infrastructure Project*. s.l. : Danish Maritime Authority, 2012.
11. GIE. *Small Scale LNG Map*. 2018.
12. MISE. *Documento di consultazione per la Strategia nazionale sul GNL, Allegato 2*. 2015.
13. GIE. *LNG Map*. s.l. : Gas Infrastructure Europe, 2019.
14. *Decreto Legislativo 16 dicembre 2016, n. 257*. 2016.
15. ARERA. *168/2019/R/GAS Criteri di regolazione delle condizioni, anche econodi accesso e di erogazione dei servizi offerti mediante depositi di stoccaggio del GNL e disposizioni in materia di separazione contabile per i servizi small scale LNG*. 2019.
16. IMO. *ISPS Code (2004): The International Ship and Port facility Security code*.
17. EU. *Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC*. 2012.
18. ISO. *ISO/TS 16901:2015 Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface*.
19. —. *ISO/DTS 18683, Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships*.
20. EN. *EN 1473 Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations*. 2017.
21. —. *EN 1532 Installations and equipment for liquefied natural gas - Earth-ship interface*. 1997.
22. —. *EN 13645 Installations and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T*. 2002.

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”
 Contribution du partenaire du projet

23. —. *EN 1473: Installation and equipment for liquefied natural gas. Design of onshore installations.* 1997.
24. program, Super-LNG. *Report on International Regulations and Technical Standards for LNG in Maritime Activities.* 2019.
25. VVFF. *Guida Tecnica ed Atti di Indirizzo per la redazione dei progetti di prevenzione incendi relativi ad impianti di alimentazione di gas naturale liquefatto (gnl) con serbatoio criogenico fisso a servizio di impianti di utilizzazione diversi dall'autotrazione.* s.l. : Circolare DCPREV 5870 18-5-2015, 2015.
26. —. *Impianti di stoccaggio GNL - Guida tecnica di prevenzione incendi per l'analisi dei progetti di impianti di stoccaggio di GNL di capacità superiore a 50 tonnellate.* s.l. : Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica, 2018.
27. Helsinki, Port of. *Safety Manual on LNG bunkering Procedures for the Port of Helsinki.* 2017.
28. Gothenburg energy, Port of. *LNG Operating Regulation Including LNG Bunkering.* 2017.
29. Antwerpen, Port of. *LNG Bunkering in the Port of Antwerpen.* 2014.
30. NCOE, LGC. *Field Notice 01-2017 - Recommended Process For Analysing Risk Of Simultaneous Operations (SIMOPS) During Liquefied Natural Gas (LNG) Bunkering.* 2017.
31. ISO. *28460:2010 Petroleum and natural gas industries -- Installation and equipment for liquefied natural gas -- Ship-to-shore interface and port operations.* 2010.

Annexe: cadre complet réglementations concernées

Item	Regulation - Guideline	Port side	Bunkering interface	Receiving ship	Training	Risk assessment	Italy
1. High level regulations							
1.1 International							
1.1.1	IGF code International code of safety for ships using Gases or other low-flashpoint fuels constructions & bunkering of LNG Fueled vessels.			X			X
1.1.2	SOLAS convention International convention for the Safety Of Life At Sea.	Bunker ship		X			X
1.1.3	STCW code Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping code.	Bunker ship		X	X		X
1.1.4	IGC code International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied Gases in bulk construction of LNG Carrier vessels.	Bunker ship					X
1.1.5	ISPS Code The International Ship and Port facility Security code.	Terminal		X			X
1.2 EU							
1.2.1	SEVESO III Directive 2012/18/EU On the control of major-accident hazards involving dangerous substances.	Terminal Tank	X			X	X
1.2.2	ADR 2017 European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.	Truck-Vehicle			X		X
1.2.3	ADN 2017 European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways.	Bunker ship			X		
1.2.4	EU Ports Regulation 2017/352 Establishing a framework for the provision of port services and common rules on the financial transparency of ports	Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X				X
1.2.5	Directive 2014/94/EU On the deployment of alternative fuels infrastructure.	Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X				X
1.2.6	Directive 2008/68/EC On the inland transport of dangerous goods.	Bunker ship Truck-Vehicle	X				X

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

		Tank				
2.	Standards					
2.1	ISO					
2.1.1	ISO 12614:2014 Road vehicles -- Liquefied natural gas (LNG) fuel system components.	Truck-Vehicle		X		X
2.1.2	ISO 12617:2017 Road vehicles -- Liquefied natural gas (LNG) refuelling connector -- 3,1 MPa connector.	Truck-Vehicle				X
2.1.3	ISO 12991:2016 Liquefied natural gas (LNG) -- Tanks for on-board storage as a fuel for automotive vehicles.	Tank				X
2.1.4	ISO/TS 16901:2015 Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface.		X		X	X
2.1.5	ISO 16903:2015 Petroleum and natural gas industries -- Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection.	Terminal Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X	X		X
2.1.6	ISO 16904 Petroleum and natural gas industries -- Design and testing of LNG marine transfer arms for conventional onshore terminals.		X			X
2.1.7	ISO 16924:2016 Natural gas fuelling stations -- LNG stations for fuelling vehicles.	Terminal				X
2.1.8	ISO/TR 17177:2015 Petroleum and natural gas industries -- Guidelines for the marine interfaces of hybrid LNG terminals.	Terminal Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X	X		X
2.1.9	ISO 18132:2011 Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels -- General requirements for automatic tank gauges.	Tank				X
2.1.10	ISO/TS 18683:2015 Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships.		X		X	X
2.1.11	ISO 19970:2017 Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels -- Metering of gas as fuel on	Bunker ship	X			X

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

	LNG carriers during cargo transfer operations.						
2.1.12	ISO 20088-1:2016 Determination of the resistance to cryogenic spillage of insulation materials.	Under development					
2.1.13	ISO 20519:2017 Ships and marine technology -- Specification for bunkering of liquefied natural gas fuelled vessels.	Terminal Bunker ship	X		X	X	X
2.1.14	ISO 28460:2010 Petroleum and natural gas industries -- Installation and equipment for liquefied natural gas -- Ship-to-shore interface and port operations.	Bunker ship	X		X		
2.2 CEN							
2.2.1	EN 1473 Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Design of ground installations.	Tank				X	X
2.2.2	EN 1474-2 Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of marine transfer equipment - Part 2:Design and testing of transfer hoses		X				X
2.2.3	EN 1474-3 Installations and equipment for liquefied natural gas - Design and testing of maritime transfer equipment - Part 3: Offshore transfer systems.		X				X
2.2.4	EN 1532 Installations and equipment for liquefied natural gas - Earth-ship interface.	Terminal Bunker ship		X			X
2.2.5	EN 12065 Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) - Emulsifying tests for the production of medium and high expansion foam and powders for the extinguishing of liquefied natural gas fires.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X			X
2.2.6	EN 12066 Installations and equipment for liquefied natural gas (LNG) – Tests on insulating coatings of liquefied natural gas containment basins.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X			X
2.2.7	EN 12308 Installations and equipment for liquefied natural gas – Tests of	Terminal Bunker ship	X	X			X

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 “Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL”
Contribution du partenaire du projet

	suitability for the use of gaskets for flanged fittings in LNG pipes.	Truck-Vehicle Tank					
2.2.8	EN 13645 Installations and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5T and 200T.	Tank					X
2.2.9	EN 16348 Gas infrastructure - Safety management system (SMS) for gas transport infrastructure and pipeline integrity management system (PIMS) for gas transport pipelines Functional requirements.		X				X
2.3	NFPA						
2.3.1	NFPA 59A Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG).	Terminal Tank Truck-Vehicle			X		X
2.3.2	NFPA 52 Vehicular natural gas fuel systems code.		X				X
3.	Class rules - guidelines						
3.1	IACS						
3.1.1	IACS REC 142 LNG bunkering guidelines 26			X		X	
3.1.2	IACS REC 146 Risk assessment as required by the IGF Code			X		X	
3.2	Class						
3.2.1	DNVGL-RP-G105 Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities (recommended practice).		X			X	
3.2.2	DNVGL-ST-0026:2014-04 Competence related to the on board use of LNG as fuel (standard).		X		X	X	
3.2.3	BV NI 618 DT R00 E Guidelines on LNG bunkering (guidance note).		X		X	X	
3.2.4	ABS (2017) Guide for LNG Bunkering.		X			X	
3.2.5	ABS: LNG Bunkering Technical and Operational Advisory Advisory for LNG bunkering.	Terminal Bunker ship Truck-Vehicle Tank	X	X		X	
3.2.6	ABS (2014)			X		X	

TDI RETE-GNL

Produit T2.2.1 "Lignes directrices pour la localisation et le dimensionnement des installations/dépôts portuaires de GNL"
Contribution du partenaire du projet

	Guide for propulsion and auxiliary systems for gas-fuelled ships (guide).						
3.2.7	PRS rules No. 116/P Bunkering guidelines for LNG as marine fuel (rule).	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X		X	
4.	Guidelines						
4.1	SGMF Guidelines for LNG bunkering safety, simultaneous operations, and personnel training.	Terminal Bunker ship	X	X	X	X	
4.2	SIGTTO Guidelines and technical notes for all procedures of LNG operating as a fuel.	Terminal Bunker ship	X	X	X	X	
4.3	OCIMF Guidelines for mooring equipment.	Terminal Bunker ship	X	X			
4.4	OGP Draft 118683 Guidelines for systems and installations for supply LNG as marine fuel.		X				
5.	Port regulations						
5.1	GOTHENBURG ENERGY PORT Regulations regarding LNG cargo handling and LNG bunkering.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X	X	X	
5.2	PORT OF HELSINKI Safety manual on LNG bunkering procedures.	Terminal Bunker ship Truck- Vehicle Tank	X	X	X	X	

Figura 25 References normatives (24)