

Projet TDI RETE-GNL

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

Output T1.1.1 “Lignes directrices pour la mise en oeuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme”



TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Lignes directrices pour la mise en oeuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme”



Sommaire

| | |
|--|-----------|
| 1. DESCRIPTION PROJET ET OUTPUT T1.1.1 | 5 |
| 2. FICHE DE SYNTHESE DU PRODUIT T1.1.1 (LIGNES DIRECTRICES POUR LA NORMALISATION DES TECHNOLOGIES DE SOUTAGE) | 11 |
| 2.1. Finalités du produit T1.1.1 | 11 |
| 2.2. GNL: nature, composition et caractéristiques | 12 |
| 2.3. La supply chain du GNL | 13 |
| 2.4. Profils réglementaires et juridiques | 15 |
| 2.5. Composants infrastructurels et pour le ravitaillement en GNL | 16 |
| 2.5.1. Cadre conceptuel de synthèse | 16 |
| 2.5.2. Unités d'approvisionnement | 17 |
| 2.5.3. Installations de traitement, de regazéification et de liquéfaction | 17 |
| 2.5.4. Station de pompage et pompes cryogéniques | 18 |
| 2.5.5. Systèmes de piping (tuyauterie) | 19 |
| 2.5.6. Tuyaux flexibles cryogéniques, bras de charge et joints tournants | 19 |
| 2.5.7. Systèmes, vannes et composants pour la sécurité | 20 |
| 2.5.8. Systèmes de gestion de la vapeur | 20 |
| 2.5.9. Usine d'azote | 21 |
| 2.5.10. Réservoirs souterrains et systèmes de stockage de GNL | 21 |
| 2.6. Pertinence du produit T1.1.1 | 22 |
| 3. FICHE DE SYNTHESE DU PRODUIT T1.1.2 "ANALYSE SWOT DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES POUR LE SOUTAGE DU GNL DANS LES PORTS" | 22 |
| 3.1. Finalités du produit T1.1.2 | 22 |
| 3.2. Aspects introductifs sul GNL | 23 |
| 3.2.1. Nature et composition du GNL | 23 |
| 3.2.2. La chaîne technologique de production du GNL: aperçu | 24 |
| 3.3. Analyse SWOT: profils méthodologiques et une revue de la littérature. | 26 |
| 3.3.1. Revue de la littérature | 27 |
| 3.3.2. Analyse SWOT des technologies de soutage de GNL dans la zone portuaire : cadre conceptuel et méthodologie | 28 |
| 3.4. Analyse SWOT des configurations technologiques pour le soutage de GNL dans l'environnement marin portuaire. | 29 |
| 3.4.1. Configuration Truck to Ship (TTS) | 31 |
| 3.4.2. Configuration Ship to Ship (STS) | 33 |
| 3.4.3. Configuration Port to Ship, Terminal to Ship o via pipeline (PTS) | 35 |
| 3.4.4. Configuration Mobile Fuel Tanks | 38 |
| 3.4.5. Benchmarking et comparaison des configurations alternatives | 40 |
| 3.5. Application de l'analyse SWOT à des business cases spécifiques. | 41 |
| 4. FICHE DE SYNTHESE DU PRODUIT T1.1.3 "MEILLEURES PRATIQUES CONCERNANT LES PROCEDURES DE SOUTAGE ET DE STOCKAGE DU GNL DANS LES PORTS" | 43 |



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



| | | |
|-------------|--|-----------|
| 4.1. | Finalités du produit T1.1.3 | 43 |
| 4.2. | Business Cases de Livourne | 46 |
| 4.3. | Business Case Port de Cagliari | 48 |
| 4.4. | Business Case Port de Oristano | 54 |
| 4.5. | Business Case Port de Gênes | 59 |
| 4.6. | Business Case Port de Vado | 61 |
| 4.7. | Business Case Ports de la Corse | 64 |
| 4.8. | Business Case Port de Toulon | 69 |

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Index Figures

Figure 1. Le cluster INTERREG du GNL : partenariat & planning intégré des projets.. 6

Figure 2. Adhésion au mémorandum d'accord pour la promotion, la diffusion, la mise en œuvre et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie. 7

Figure 3. Configuration typique d'un terminal de réception de GNL..... 14

Figure 4. LNG supply chain..... 15

Figure 5. Schéma simplifié de ligne pour le soutage de GNL..... 16

Figure 6. Système de gestion de la vapeur : schéma logique 21

Figure 7. La chaîne du gaz naturel 25

Figure 8. Matrice SWOT - exemple d'application en entreprise 28

Figure 9. LNG supply chain – bunkering..... 30

Figure 10. Configurations potentielles de soutage de GNL. 30

Figure 11. Approvisionnement en GNL selon la configuration TTS. 31

Figure 12. Analyse SWOT de la configuration TTS..... 33

Figure 13. Approvisionnement en GNL selon la configuration STS 33

Figure 14. Analyse SWOT de la configuration STS 35

Figure 15. Approvisionnement en GNL selon la configuration du STP. 36

Figure 16. Analyse SWOT de la configuration PTS 38

Figure 17. ISO-container cryogéniques. 39

Figure 18. Analyse SWOT de la configuration Mobile Fuel Tanks..... 40

Figure 19. Aperçu des différentes méthodes de soutage d'un navire 66

Figure 20. Étape de la phase d'exploitation d'une opération de soutage 66

Index Tableaux

Tabella 1. Prodotti previsti nell'Attività T1.1 9

Tableau 2. Réglementations GNL..... 15

Tableau 3. Autres composantes du processus de soutage 19

Tableau 4. Fonctions et spécificités techniques des vannes utilisées dans les systèmes de tuyauterie, ESD et ERS..... 20

Tableau 5. Analyse Swot options technologiques de soutage du GNL : profils étudiés 23

Tableau 6. Phases de la chaîne de production technologique du GNL-Description..... 25

Tableau 7. Benchmarking et comparaison des configurations des technologies de soutage du GNL..... 41

Tabella 8. Tabella sinottica best practices di ogni business case 45

Tableau 9. Cadre réglementaire par type d'activité 65

1. DESCRIPTION PROJET ET OUTPUT T1.1.1

Le projet Interreg Italie-France Maritime 1420 «Technologies et dimensionnement des installations pour le réseau de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière» (TDI RETE-GNL) vise à améliorer la durabilité des activités portuaires commerciales, contribuant à la réduction des émissions en soutenant la planification et le développement des infrastructures de ravitaillement et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme. L'objectif poursuivi est en effet d'encourager l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant alternatif pour la navigation, en référence à différents types de navires. Le projet TDI RETE-GNL est un projet appartenant à la catégorie "simple", d'une durée de 30 mois dont le partenariat consiste en:

- ✓ Partenaire principal : Université de Gênes - Centre d'excellence italien sur la logistique, les infrastructures et les transports (UNIGE-CIELI), Chef de projet scientifique Prof.Giovanni Satta,
- ✓ Partenaire 2: Université de Pise, partenaire scientifique responsable Prof.Romani Giglioli,
- ✓ Partenaire 3: Université de Cagliari - Département des sciences économiques et commerciales (UNICA-CIREM), directeur scientifique du partenaire Prof.Paolo Fadda,
- ✓ Partenaire 4: Office des Transports de la Corse (OTC), Responsable du partenaire Dr José Bassu,
- ✓ Partenaire 5: Chambre de Commerce et d'Industrie du Var (CCIV), Responsable de l'associée Dr. Elena Tonon.

Considérant la nécessité de développer une approche systémique et intégrée du problème lié à la disponibilité des services de soutage et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme, le projet a identifié les bases communes à adopter dans l'espace maritime transfrontalier Italie-France qui permettent la création d'un réseau primaire de distribution de GNL basé sur des caractéristiques technologiques homogènes et l'adoption de procédures liées aux opérations de soutage qui soient au moins connues et partagées entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement correspondante dans lesdits ports.

Le système global de fourniture de services d'avitaillement en GNL dans le secteur maritime portuaire et la chaîne d'approvisionnement associée doivent en effet être planifiés (en termes de localisation, de dimensionnement et de sélection des options technologiques à adopter) tant par les décideurs politiques compétents que par les acteurs privés concernés aux activités susmentionnées (par exemple opérateurs de terminaux, compagnies maritimes, etc.), afin de répondre aux besoins quantitatifs et qualitatifs exprimés par la demande de l'armateur et par d'autres utilisateurs et clients potentiels de la chaîne de production technologique. A cet effet, le projet s'est fixé comme objectif d'identifier des solutions opérationnellement innovantes en réponse aux besoins de transport et de connexion logistique entre zones géographiquement proches, qui permettent d'augmenter la durabilité à long terme des activités portuaires maritimes, à travers la diffusion du GNL comme carburant alternatif.

Le projet, à travers le développement de produits techniques et scientifiques spécifiques dédiés (décrits et brièvement examinés ci-dessous), a atteint les résultats cognitifs envisagés dans la définition de la forme du projet. Dans le détail, le projet TDI RETE-GNL a envisagé la création de deux résultats finaux qui consistent en la préparation d'un rapport pour la définition de normes technologiques et de procédures communes pour le soutage de GNL (auquel ce document fait référence), un plan d'action intégré au profit des ports. Pris dans son ensemble, le projet, à travers la collaboration et l'intégration

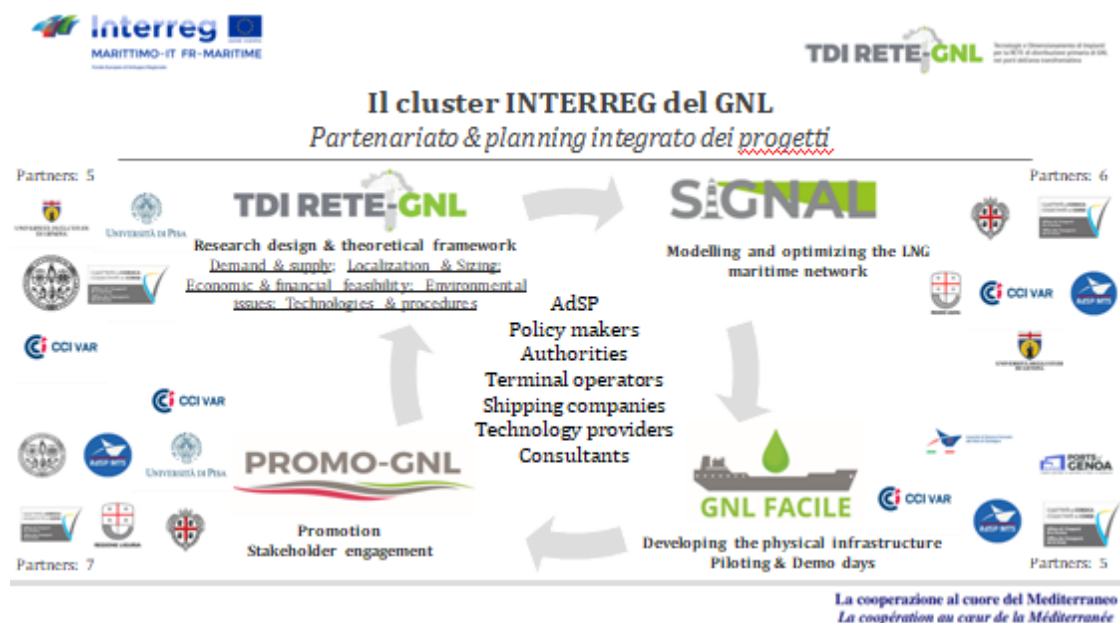
entre les différents partenaires et le dialogue continu avec les parties prenantes concernées, permet de se définir :

- les solutions technologiques standardisées possibles ainsi que les éventuelles procédures et protocoles d'exploitation partagés à appliquer dans le cadre des activités de ravitaillement et de stockage de GNL dans les ports de la zone du programme (composante T1 "Lignes directrices pour la normalisation des options technologiques et des procédures pour le ravitaillement et le stockage de GNL dans les ports de la zone du programme ") ;
- une étude préliminaire pour la réalisation d'un plan d'action commun pour les ports qui considèrent simultanément la localisation possible et le dimensionnement (optimal) des usines / dépôts du réseau de distribution primaire, en vérifiant leurs externalités et leur viabilité financière (Composante T2 "Préparation du Plan d'action intégré conjoint pour la planification et le développement d'usines de soutage de GNL dans les ports de la zone du programme ").

Dans la réalisation des actions et objectifs communs du projet, le partenariat du projet TDI RETE-GNL a toujours poursuivi une approche systémique, prévoyant de multiples actions pour capitaliser et diffuser les résultats tout au long de la vie du projet.

Cela s'est fait par le biais d'activités de coordination technique et scientifique concernant le GNL CLUSTER (projets de la IIe communication Interreg Maritime Italie France :TDI NETWORK-LNG, SIGNAL, PROMO, EASY LNG), mais aussi par la participation à divers événements organisés au sein du Westmed- Blue Economy Initiative-National Hub, soutenu par la Commission européenne (voir en ce sens la participation à l'Euromaritime à Marseille), et l'implication dans d'autres initiatives de collaboration telles que la participation à la table de dialogue avec le MIT et le MISE pour identifier de nouveaux scénarios de coopération sur les questions de GNL.

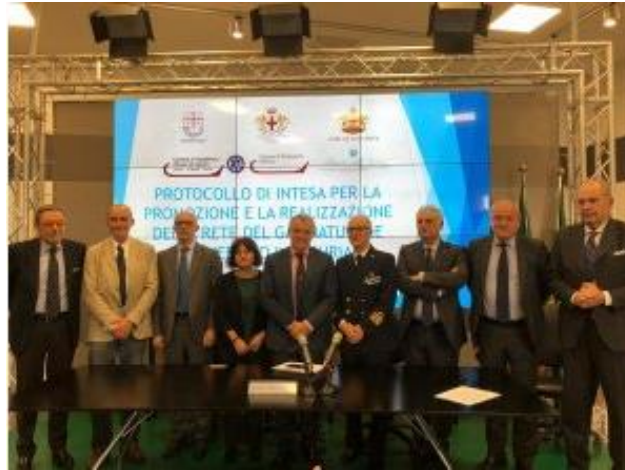
Figure 1. Le cluster INTERREG du GNL : partenariat & planning intégré des projets..



En outre, le chef de file du projet UNIGE-CIELI s'est joint en tant qu'entité signataire avec la région de la Ligurie, l'Autorité du système portuaire de la mer Ligure occidentale et orientale, l'Autorité portuaire, la ville métropolitaine et la municipalité de Gênes et d'autres institutions au mémorandum d'accord pour

la promotion, la diffusion, la construction et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie, à partir du 2 décembre 2019¹.

Figure 2. Adhésion au mémorandum d'accord pour la promotion, la diffusion, la mise en œuvre et l'acceptation sociale d'un réseau de distribution de gaz naturel liquéfié en Ligurie.



Cela dit, ce document est le résultat du projet T1.1.1 "Lignes directrices pour la normalisation des options technologiques et des procédures opérationnelles pour la fourniture et le stockage de GNL dans les ports de la zone de programme", c'est-à-dire la synthèse et l'examen analytique des différents produits techniques développés par le partenariat dans le cadre de l'activité T1.1 mentionnée dans le volet T1. Cette activité visait en particulier à fournir : les principales lignes directrices concernant les procédures de soutage et de stockage du GNL aux groupes cibles et aux parties prenantes du projet ; les outils de gestion pour soutenir les décisions complexes concernant les options possibles pour le choix des technologies de soutage/stockage du GNL dans la zone portuaire maritime (analyse SWOT) ; les procédures opérationnelles possibles et les meilleures pratiques à utiliser sur une base commune italo-française au sein du groupe de ports visés dans la Zone de Cible.

L'utilité et la validité du produit dépendent également de la capacité effective de diffuser et de propager les résultats de la recherche en question, en atteignant de manière ciblée les différents groupes et catégories d'acteurs de nature publique, privée ou mixte qui sont intéressés par les activités en question.

C'est précisément pour cette raison que l'Activité T.1.1, la préparation des produits associés et la formulation du résultat T.1.1 ont été conçus et développés en étroite collaboration entre tous les partenaires du projet qui ont contribué aux résultats finaux et qui étaient chacun responsables du développement d'un réseau technique fonctionnel pour obtenir une large diffusion sur le territoire transfrontalier des résultats techniques et scientifiques partagés et la diffusion maximale des normes technologiques et des meilleures pratiques opérationnelles et de gestion à utiliser dans les installations examinées.

¹ Le mémorandum signé représente un unicum sur le territoire national et vise à introduire le GNL comme carburant alternatif pour des activités portuaires plus respectueuses de l'environnement et à répondre à la demande croissante de GNL côté terre, ainsi qu'à représenter un cadre d'interprétation unitaire pour expliquer ses avantages pour l'environnement et la sécurité. Le mémorandum permet également aux acteurs qui l'ont signé de participer activement à l'identification des lieux où placer d'éventuels systèmes de soutage et de stockage pour la demande côté mer.

Le résultat est basé sur une série d'études conjointes intégrées les unes aux autres afin d'arriver à un document de synthèse qui présente une structure logique "tabulaire". Cette solution formelle, choisie par le partenariat, est strictement fonctionnelle afin que le document puisse devenir un outil "agile" et "intelligent", mais en même temps techniquement détaillé, pour transmettre les résultats du projet aux différentes catégories de groupes cibles et de parties prenantes qui ont des besoins d'information, des compétences techniques, un savoir-faire et des exigences fonctionnelles très hétérogènes en ce qui concerne le GNL.

La structure formelle choisie est également conforme à la nécessité de mettre à la disposition de ces groupes cibles et parties prenantes une série d'outils analytiques pour soutenir les processus décisionnels qui sont suffisamment rationalisés et efficaces pour garantir leur nature conviviale et leur utilisation efficace. Ce profil est particulièrement pertinent si l'on considère que ces outils doivent également permettre aux décideurs politiques de les aider à prendre des décisions sur les questions de GNL dans le contexte maritime-portuaire. Bien entendu, outre ces résultats de projet, il reste la possibilité pour toutes les catégories de groupes cibles et de parties prenantes de consulter et d'examiner les produits techniques individuels du projet qui faisaient partie de l'activité T1.1. et qui sont donc des documents finaux à l'appui du résultat T1.1.1. La documentation correspondante est en fait disponible dans la section consacrée au TDI RETE-GNL de la plate-forme web fournie par le programme INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).

Il convient également de noter que, compte tenu de la nature des principaux partenaires du projet et du rôle du projet par rapport au groupe GNL, les activités, les produits techniques et les résultats finaux de TDI RETE- GNL ont également une valeur et une pertinence académiques et scientifiques, ce qui est important en ce qui concerne l'impartialité des résultats et les objectifs de recherche. En fait, une grande partie des conclusions ont été validées sur le plan technique et scientifique grâce au partage et au retour d'informations obtenus dans d'importants forums universitaires et scientifiques tels que la conférence de l'Association internationale des économistes maritimes (AIEM) de 2019 à Athènes, la conférence de l'AIEM de 2020 à Hong Kong et la participation à des événements tels que la semaine maritime de Gênes en 2019, la conférence sur le GNL en 2019 et la semaine maritime de Naples en 2020.

Toujours en référence à la nature partagée et participative du projet, il est nécessaire de souligner que le projet est basé sur l'implication de groupes cibles identifiés, conformément au formulaire de projet, en 3 catégories de base, à savoir :

- ✓ Organismes de droit public : le projet a impliqué les gestionnaires de ports et d'autres autorités locales compétentes dans la définition de normes technologiques et procédurales pour le stockage et le réapprovisionnement du GNL. La participation active au projet d'organismes de droit public de différentes zones géographiques incluses dans la zone du Programme renforce la valeur transfrontalière du projet et devient essentielle pour garantir des opportunités concrètes de diffusion de résultats techniques et scientifiques partagés sur le territoire.
- ✓ Organismes publics : le projet a prévu une stratégie visant à construire un réseau de relations existantes entre les partenaires scientifiques et technologiques inclus dans l'initiative et une multiplicité d'organismes publics régionaux et territoriaux intéressés par la zone du programme et par le développement de solutions dans les ports de Gênes, Savone, La Spezia, Cagliari, Toulon et Bastia. La participation active au projet des organismes publics a représenté une source d'information importante en raison de leur connaissance des territoires impliqués dans le projet et des questions liées au GNL, tant du point de vue de la demande de transport et des systèmes actuels d'approvisionnement en infrastructures de transport liés au projet, que de leur rôle potentiel dans la promotion et la diffusion du GNL dans les ports.

- ✓ Organismes privés : le projet a vu la participation significative d'acteurs privés tels que des opérateurs de terminaux, des armateurs, des fournisseurs de services portuaires opérant dans les zones portuaires du programme ainsi que de multiples consultants et experts externes possédant une vaste expertise du GNL afin de garantir la pleine conformité des profils scientifiques et théoriques par rapport aux besoins fonctionnels et techniques réels constatés empiriquement dans la zone étudiée. La participation active de ce groupe cible a représenté une source d'information et de savoir-faire technique incontestable en raison des connaissances que ces opérateurs possèdent en matière de définition des normes technologiques à adopter dans les différents contextes, d'un point de vue économique et organisationnel-opérationnel. Ce groupe cible, ainsi que les deux groupes décrits ci-dessus, a donc contribué à l'identification des protocoles opérationnels et des sites de stockage et de distribution de GNL les plus appropriés en relation avec les ports examinés.

Plus précisément, le Composante T1 "Normes technologiques et procédures d'exploitation pour les installations de ravitaillement et de stockage de GNL dans les ports" vise à atteindre "l'objectif spécifique 1" du projet, qui consiste à identifier les solutions technologiques à appliquer pour le ravitaillement et le stockage de GNL dans les ports de la zone du programme, qui sont basées sur des normes et des procédures communes.

Dans le cadre de la Composante T1 est prévue l'activité T1.1 "Analyse de l'état de l'art concernant les options technologiques et les composants utilisés dans les systèmes d'alimentation et de soutage de GNL et définition des normes technologiques et des procédures communes".

Cette activité technique a conduit à l'examen des principales questions critiques et des avantages liés aux configurations de soutage de GNL dans l'environnement portuaire (caruck-to-Ship; Ship-to-Ship; Port-to Ship; Mobile Fuel Tanks) en raison de l'état actuel de la technique dans l'industrie. En outre, l'activité s'est concrétisée par l'analyse technique et d'ingénierie des différents composants de l'usine liés à chaque solution technologique et par le développement d'un patrimoine commun et partagé de connaissances sur les options technologiques. D'un point de vue opérationnel, les activités de recherche ont également permis de définir des lignes directrices spécifiques pour la normalisation des technologies et des procédures opérationnelles pour le soutage et le stockage du GNL dans la zone du programme, non seulement en ce qui concerne les exigences "techniques" spécifiques qui sont évidemment soumises à des systèmes de certification officiels au niveau national et supranational, mais aussi du point de vue des dimensions de gestion et d'organisation qui se traduisent dans les "opérations" effectivement réalisées et du point de vue du partage des bonnes pratiques et des études de cas qui sont effectivement pertinentes pour les spécificités locales des ports de la zone cible. Le Tableau 1 ci-dessous présente les détails des 3 produits techniques prévus dans le formulaire en relation avec l'activité technique T1.1.

Tableau 1. Produits envisagés dans le cadre de l'activité T1.1

| Produit numero | Titre du produit | Description du Produit |
|-----------------------|--|---|
| Produit T1.1.1 | Rapport sur les lignes directrices pour la normalisation des technologies de soutage | Document de synthèse (rapport) pour la diffusion des principales connaissances de base relatives aux différentes composantes d'un système de soutage de GNL dans l'environnement portuaire. |
| Produit T1.1.2 | Analyse Swot des options technologiques pour le soutage du GNL dans les ports | Analyse SWOT sur les différentes options technologiques pour le soutage du GNL dans l'environnement portuaire maritime. Ce document est la condition préalable à la définition des lignes directrices de normalisation pour les technologies GNL. |
| Produit T1.1.3 | Meilleures pratiques relatives aux procédures de soutage et de stockage du | Document de synthèse sur les meilleures pratiques relatives aux procédures de soutage et de stockage pour les installations de GNL |

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



| | | |
|--|------------------------------------|---|
| | GNL dans l'environnement portuaire | dans les ports. Le document examinera séparément les procédures liées aux différentes options technologiques. |
|--|------------------------------------|---|

Ce document, dans lequel le résultat du projet T1.1.1. est étayé, dans les chapitres suivants, rapporte de manière analytique mais synthétique les principaux résultats relatifs aux différents produits techniques mentionnés, en utilisant, comme déjà indiqué, la structure logique et la forme de la "fiche récapitulative".

Avant de procéder à l'analyse détaillée, il convient de noter que chacun des produits techniques ci-dessus (T1.1.1, T1.1.2, T1.1. 3), dans leur version complète et étendue, ont été présentés lors de l'atelier du plan d'action commun et intégré pour le GNL intitulé "Présentation des résultats de la Composante T1 et diffusion des lignes directrices pour la normalisation des solutions technologiques et des procédures opérationnelles pour le stockage/la fourniture de GNL aux groupes cibles", qui a impliqué tous les partenaires du projet, leurs consultants externes respectifs et les représentants des parties prenantes et des groupes cibles de manière proactive et fructueuse. L'événement s'est déroulé le 24 janvier 2020 à Bastia et a bénéficié, entre autres, de la participation active et collaborative de Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale Mar Ligure Orientale, Autorità di Sistema Portuale Mar Ligure Occidentale, Autorità di Sistema Portuale del Mar di Sardegna, Autorità di Sistema Portuale del Mar di Sardegna, Capitaneria di Porto-A Autorità di Portuale della Spezia, Autorità di Sistema Portuale Mar Tirreno Settentrionale, ainsi que les experts et consultants externes officiellement impliqués dans l'activité du projet T1 en tant que prestataires de services de conseil externes au profit des partenaires du projet UNIGE-CIELI, CCIV et OTC, à savoir AMP Solutions Srl, Tractebel, Gazocean, Elengy et SeeUp.

Il convient également de noter que l'événement en question a également été suivi par plusieurs parties prenantes concernées telles que des représentants de Conférence GNL, Assocostieri, Assogasliquidi/Federchimica, REF-E, National HubWestMed Blue Economy Initiative. Tous ces acteurs ont contribué, par des indications précises, des ajouts, des suggestions et des réflexions communes, à fournir un retour d'information précis sur les produits examinés afin d'assurer la mise à niveau et la validation technique des produits en question.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

2. FICHE DE SYNTHÈSE DU PRODUIT T1.1.1 (LIGNES DIRECTRICES POUR LA NORMALISATION DES TECHNOLOGIES DE SOUTAGE).

Les activités mentionnées dans le produit T1.1.1 "Lignes directrices pour la normalisation des technologies de soutage" comprennent la préparation, la mise en œuvre et la mise au point des rapports et de la documentation, comme prévu dans le formulaire par :

- CF: UNIGE-CIELI (avec la contribution du consultant externe AMP Solutions Srl)
- P5: CCIV (avec la contribution du consultant externe TRACTEBEL²)

Les documents complets produits sont disponibles sur le portail du programme maritime Interreg1420 (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



2.1. Finalités du produit T1.1.1

Le produit T1.1.1 "Lignes directrices pour la normalisation des technologies de soutage" est un document de synthèse partagé entre les partenaires du projet visant à diffuser les principales connaissances techniques relatives aux différents composants sous-jacents aux différents systèmes de soutage et de stockage du GNL dans les ports. A ces fins, le rapport produit par le Chef de file et les partenaires du projet TDI RETE-GNL, également avec le soutien des consultants externes concernés, clarifie d'abord les raisons pour lesquelles le GNL doit être considéré comme une solution transitoire possible pour la réduction des émissions atmosphériques et des polluants dans l'environnement maritime et portuaire, et rappelle brièvement les aspects essentiels liés à ce combustible alternatif avec un langage technique mais toujours "accessible" aux différentes catégories d'acteurs pour lesquels le produit est conçu et réalisé. En particulier, le produit T1.1.1. examine la composition et les principales caractéristiques du GNL, la chaîne technologique de production et d'approvisionnement, les profils réglementaires et juridiques essentiels qui régissent son utilisation dans l'environnement marin portuaire, les différents composants d'infrastructure et de superstructure, ainsi que les différents composants et pièces d'installations et de systèmes qui caractérisent les installations de soutage et de stockage de GNL dans l'environnement marin portuaire.

Les sections suivantes fournissent un résumé du contenu du produit examiné fonctionnel à la constitution d'un patrimoine commun de connaissances avec différents niveaux de détail technique en

² Le partenaire P5 CCIV a confié au consortium Elengy, TRACTEBEL, Gazocéan et ENGIE Lab CRIGEN le contrat appelé Lot n°2 : Guides pour la standardisation des technologies de soutage et pour la mise en œuvre des procédures de soutage et de stockage du GNL. Le contrat est divisé comme suit : Exécution du rapport T1.1.1 par TRACTEBEL "Lignes directrices pour la normalisation des technologies de soutage", exécution du rapport T1.1.3 par GAZOCEAN "Bonnes pratiques pour le soutage et le stockage du GNL".

faveur des différents groupes cibles, en se référant à la version complète du produit concerné, pour une analyse plus complète et exhaustive du contenu technique du projet.

2.2. GNL: nature, composition et caractéristiques

Le GNL est un mélange d'hydrocarbures constitué principalement de méthane (variant entre 87 % et 99 % en masse), suivi d'autres hydrocarbures plus nobles, généralement en C₂, C₄, d'azote, de traces de soufre (moins de 4 ppmv) et de CO₂ (50 ppmv).

Le GNL est un liquide cryogénique inodore, incolore et non corrosif à la pression atmosphérique normale. En fait, lorsque le GNL est vaporisé et utilisé comme carburant pour le gaz naturel, il génère de très faibles émissions de particules et des émissions de carbone nettement plus faibles que les autres carburants à base d'hydrocarbures. Les produits de combustion du GNL ne contiennent que des traces d'oxydes de soufre et un faible niveau d'oxydes d'azote, de sorte que le GNL est considéré comme une source d'énergie relativement "propre". Le GNL est un liquide cryogénique qui, lorsqu'il est utilisé comme carburant de substitution, peut aider à surmonter certains des principaux problèmes liés à l'utilisation de produits énergétiques traditionnels caractérisés par un impact environnemental globalement plus important, ce qui détermine des effets positifs non seulement sur la réduction des émissions polluantes et nuisibles pour le climat, mais aussi, notamment dans le secteur des transports, sur le bruit produit par les moteurs. En outre, le GNL à l'état liquide peut être facilement stocké et transporté, même par mer, grâce à des méthaniers spéciaux ; cela permet de diversifier davantage les sources d'approvisionnement, avec des effets positifs sur la sécurité énergétique nationale. Les avantages liés à l'utilisation du GNL sont multiples, tant en ce qui concerne son utilisation pour la production d'électricité pour l'industrie et le secteur résidentiel, en particulier lorsque l'accès à un réseau de distribution n'est pas possible, qu'en ce qui concerne son utilisation dans le secteur des transports, où l'utilisation du GNL comme carburant contribue à faciliter la réalisation des objectifs de réduction de l'impact 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 n° 112/2014 et la directive 2014/94/UE³.

L'un des principaux avantages du GNL dans l'industrie maritime est qu'il est lié au respect des limites liées à la teneur en soufre des combustibles marins imposées (par exemple, celles imposées dans les régions à émissions contrôlées - zones SECA - par les réglementations convenues dans le cadre de l'Organisation maritime internationale ou, dans la zone méditerranéenne, par la législation environnementale sur les émissions provenant des activités maritimes) ou aux limites de plus en plus restrictives en termes d'émissions de polluants et de substances altérant le climat dans l'atmosphère, telles que les oxydes d'azote (NO_x) et le dioxyde de carbone (CO₂).

Toutefois, malgré les avantages environnementaux possibles liés à l'utilisation du GNL dans l'environnement marin et portuaire, les connaissances techniques de pointe sur ce combustible exigent de prendre également en considération les éventuels éléments de risque auxquels est en fait consacrée toute une activité de projet (et les produits connexes) constituée de T2.4 à laquelle il convient de se référer pour plus de détails. Il est bien connu, intact, qu'avec le rejet de GNL dans l'environnement, un "effet de nuage" formé par des vapeurs froides peut être créé qui déterminent la condensation de la

³ La directive 2014/94/UE, créée dans le cadre du paquet "Énergie propre pour les transports", élaboré par la Commission européenne, impose aux États membres d'accroître l'utilisation de carburants de substitution dans les transports, y compris, le GNL, afin de poursuivre le double objectif de réduire au minimum la dépendance à l'égard du pétrole et d'atténuer l'impact environnemental dans le secteur, à la fois en termes d'amélioration de la qualité de l'air et de réduction des émissions liées au changement climatique.

vapeur d'eau présente dans l'air, rendant la vapeur de GNL visible à basse température sous forme de brouillard et que l'effet de nuage peut se propager avec la possibilité de déclencher un principe d'incendie, une fois la plage d'inflammabilité atteinte. En outre, une fois regazéifié, le GNL acquiert un haut niveau d'inflammabilité.

Le point d'ébullition du GNL varie en fonction de sa composition, généralement -162 °C ; la densité se situe entre 430 kg/m^3 et 470 kg/m^3 , soit moins de la moitié de la densité de l'eau..

L'examen de la nature et des propriétés du GNL met en évidence les éléments pertinents par rapport à son utilisation pour la propulsion marine (et pas seulement) afin de réduire les impacts environnementaux dans le milieu portuaire maritime, mais souligne également la nécessité d'être conscient des éventuels problèmes techniques d'utilisation, des risques et des complexités de gestion qui découlent de la manipulation de ce combustible (considérer dans ce sens l'importance d'assurer la fiabilité des équipements et des composants des installations cryogéniques).

2.3. La supply chain du GNL

La diffusion concrète du GNL comme combustible de substitution dans l'environnement maritime et portuaire ne peut être négligée, comme en témoignent aujourd'hui de nombreuses études et rapports par la conception et la mise en place dans un certain délai d'une infrastructure étendue et généralisée qui assure la disponibilité des services de soutage de GNL dans les ports d'intérêt ainsi que la fiabilité des approvisionnements et la garantie des normes de qualité du combustible et des services de soutage en question à des prix compatibles avec les modèles commerciaux et les structures de coûts des armateurs et autres opérateurs qui optent pour cette solution technologique.

Le véritable succès de cette stratégie énergétique ne peut donc pas être séparé d'une connaissance approfondie des différentes dimensions techniques, économiques et managériales qui caractérisent la chaîne de production technologique et la chaîne d'approvisionnement correspondante. Cela nécessite des investissements importants dans des éléments d'infrastructure et des actifs à forte intensité de capital qui impliquent à la fois diverses entités publiques ayant un rôle de planificateur et de garant et de nombreux opérateurs privés qui, dans le plein respect des normes de sûreté et de sécurité exigées par ce type de technologie, ne peuvent, par nature, manquer de raisonner en conformité avec les principes d'économie et de viabilité financière de leur entreprise.

La conception, puis la construction et la gestion des installations de soutage et de stockage de GNL au niveau des ports maritimes doivent donc être planifiées à la lumière d'une connaissance approfondie et détaillée des spécificités de la chaîne de production technologique en question et de la chaîne d'approvisionnement correspondante. De ce point de vue, traditionnellement, la filière et la chaîne d'approvisionnement du GNL ne s'articulent que dans les phases ou étapes fondamentales suivantes :

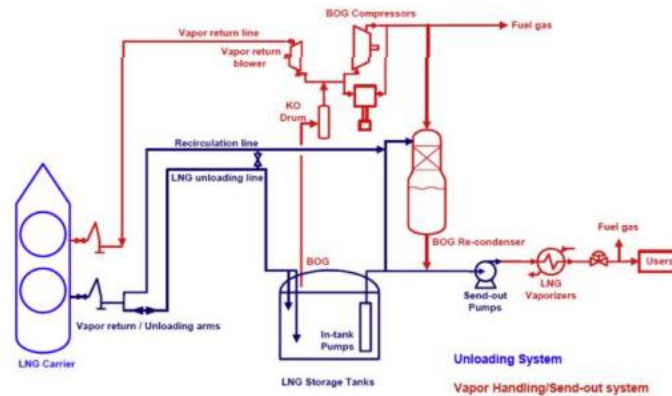
- **Production** : La conception de l'installation et ses exigences dépendent des conditions du site, des conditions du gaz d'alimentation, des compositions et des spécifications du produit.
- **Traitement des gaz d'alimentation** : le gaz naturel à l'arrivée est traité à l'intérieur d'un séparateur qui élimine les liquides et dirige le gaz vers un deuxième séparateur à haute pression (HP).
- **Liquéfaction** : Ensuite, le gaz entre dans l'unité de liquéfaction qui le refroidit et le liquéfie dans un processus de réfrigération. En général, le GNL provenant de l'usine de liquéfaction est comprimé à la pression de stockage de l'azote, qui est le composant le plus léger, est éliminé et retiré ; les vapeurs riches en azote sont comprimées et récupérées sous forme de gaz combustible. L'élimination de l'azote par le procédé de séparation cryogénique est le procédé d'élimination de l'azote par excellence pour la production de GNL.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- **Chargement du GNL** : Selon la demande du client, le GNL peut être chargé sur des camions et/ou des navires méthaniers au moyen de pompes de chargement.
- **Transport du GNL** : Le GNL est transporté jusqu'à la regazéification des installations par des navires spécialisés équipés de réservoirs à double coque isolés et par des camions au cas où les consommateurs se trouveraient à l'intérieur des terres (transport routier avec des équipements mobiles tels que des remorques routières, des conteneurs cryogéniques ISO ou des unités de livraison plus petites).
- **Terminaux de réception du GNL** : le terminal de réception ramène le GNL à l'état gazeux ; le gaz naturel est livré aux utilisateurs au moyen de gazoducs de distribution. Le GNL est déchargé au moyen des pompes du navire vers les bras de déchargement sur la jetée, puis vers le réservoir de stockage par les conduites de déchargement ; il est ensuite pompé à haute pression à travers divers composants où il est chauffé dans un environnement contrôlé ; une fois regazéifié, le gaz naturel est acheminé vers les conduites de distribution vers les différents usages ou les centrales électriques ((Figure 3).

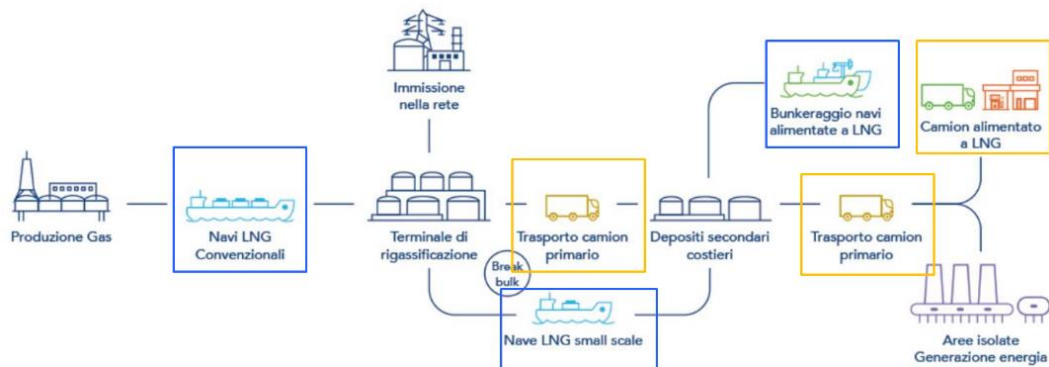
Figure 3. Configuration typique d'un terminal de réception de GNL.



Source: Lemmers, 2009.

En examinant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (voir Figure 4), il est possible d'identifier les différents types de moyens de transport utilisés tout au long de la chaîne d'approvisionnement, tant du côté maritime que du côté terrestre. En ce qui concerne le transport maritime, le transport de GNL à l'importation/exportation se fait au moyen de méthaniers (navires méthaniers classiques), c'est-à-dire des navires équipés non seulement d'un contenu technologique élevé mais aussi de normes de qualité, de sécurité et de protection de l'environnement parmi les plus élevées au niveau international. À son arrivée à destination, le GNL est déchargé au terminal d'importation afin de pouvoir, d'une part, atteindre l'ensemble du territoire national grâce à son entrée dans le réseau (après la phase de regazéification) et, d'autre part, être transféré vers des dépôts secondaires. À cette fin, le GNL, en plus d'être transporté à l'état liquide au moyen de navires-citernes (transport routier), peut également être transféré via de petits méthaniers, c'est-à-dire des méthaniers ou des navires SSLNG (Small Scale LNG) vers des dépôts côtiers secondaires. Une fois qu'il a atteint sa destination intermédiaire, le GNL peut être utilisé pour le soutage des navires à propulsion GNL ou pour le transport primaire par camion vers, par exemple, des zones isolées pour la production d'électricité.

Figure 4. LNG supply chain.



Source: <https://www.snam.it/en/Natural-gas/green-energy/liquefied-natural-gasxLNGx/>

→ **regazéification du GNL:** Le choix optimal d'un système de vaporisation de GNL est déterminé par le site du terminal, les conditions environnementales, les limites réglementaires et les considérations d'opérabilité ; la sélection du système est le résultat d'une analyse économique visant à maximiser la VAN du projet et à répondre aux exigences en matière d'émissions.

2.4. Profils réglementaires et juridiques

L'attention croissante portée aux questions de la propulsion des navires par le GNL et de son soutage dans les zones portuaires dédiées, trouve dans la question de la durabilité environnementale des systèmes de transport un moteur clé du développement.

Au niveau réglementaire et juridique, les institutions internationales les plus importantes ont publié une série de mesures pour traiter les questions liées à la durabilité du transport maritime (Xu et al., 2015). Voici un tableau récapitulatif (Tableau 2) qui rappelle les principales règles régissant le GNL telles que détaillées dans le produit T1.1.1., séparées au niveau international et européen.

Tableau 2. Réglementations GNL

| Réglementations internationales | Réglementations européennes |
|--|--|
| - Convention Oilpol, 1954 | - Directive 2005/33 / CE relative à la teneur en soufre des carburants marins. |
| - Convention de Bruxelles, 1969, "Intervention" e "Civil Liability Convention" | |
| - Convention di Londra, 1972 "Dumping" | |
| - Convention Marpol 73/78 pour la prévention de la pollution navale | |
| - Convention de Barcelone, 1976, sur la protection de la Méditerranée. | |
| - Convention Droit de la Mer de Montego Bay, 1982 | |
| - Convention des Nations unies pour le développement de Rio de Janeiro. | |

Source: Notre. élaboration.

2.5. Composants infrastructurels et pour le ravitaillement en GNL

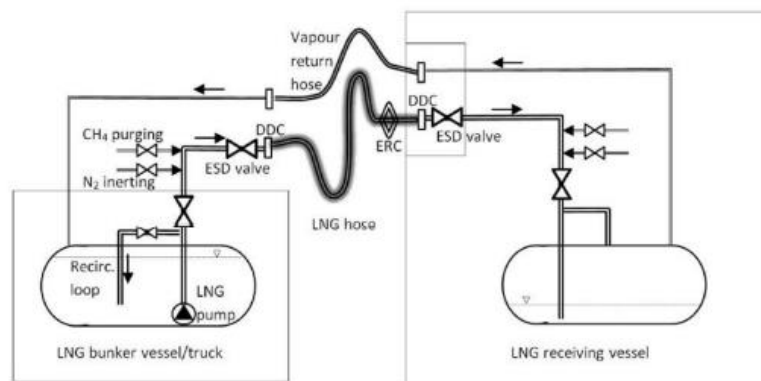
2.5.1. Cadre conceptuel de synthèse

Le produit T1.1.3 poursuit en analysant les différents éléments d'infrastructure et équipements nécessaires à un système de soutage de GNL. En ce qui concerne les principales configurations pour le soutage du GNL dans l'environnement portuaire maritime, il convient de faire une distinction entre les suivantes :

- La configuration Ship to Ship (STS), qui prévoit le transfert de GNL d'une barge d'approvisionnement ou d'un pétrolier à un navire propulsé par du GNL.
- La configuration Truck to Ship (TTS), qui prévoit en revanche le transfert de GNL d'un camion-citerne vers un navire propulsé par le GNL et amarré au quai ou à l'embarcadère au moyen d'une canalisation flexible cryogénique, plus adaptée, en raison des faibles quantités de produit pouvant être transférées, à l'approvisionnement des navires équipés de petits réservoirs (par exemple, les remorqueurs, les bateaux de pêche ou les petits navires).
- Configuration via pipeline ou terminal/Port To Ship (TPS), qui garantit un débit plus élevé car elle implique le transfert de GNL d'un réservoir de stockage fixe à terre à un navire propulsé par le GNL grâce à l'utilisation d'une ligne cryogénique équipée de bras de chargement caractérisés par une extrémité flexible (Pipeline) ou grâce à l'utilisation de tuyauteries provenant du navire amarré (Terre).
- Configuration Mobile Fuel Tanks, qui prévoit l'utilisation de réservoirs mobiles ou de conteneurs ISO cryogéniques comme dépôts mobiles de GNL (ils peuvent être facilement chargés sur des navires, au moyen de grues à conteneurs dédiées, ou sur des camions en mode Ro-Ro).

La ligne de soutage simplifiée comporte deux zones distinctes : l'unité d'approvisionnement à gauche et le navire destinataire à droite ; la pompe à GNL, par le biais du tuyau GNL, permet le transfert de GNL entre les deux unités (Figure 5).

Figure 5. Schéma simplifié de ligne pour le soutage de GNL



Source: DNV, 2015 (“D. 2.3.1. LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures”).

En ce qui concerne les composants pertinents du système, en plus des vannes d'arrêt du réservoir principal, la ligne comprend deux vannes d'arrêt d'urgence et un système de couplage à déclenchement d'urgence ou de couplage à rupture sûre ; les brides de raccordement des conduites sont également équipées de raccords à sec pour éviter toute fuite ou mise à l'air libre des conduites ; en outre, selon le type de configuration technique adoptée pour le soutage du GNL, il peut y avoir des conduites de retour

de vapeur (*vapour return hose*). Ces procédures et dispositifs spécifiques sont nécessaires parce que le GNL est un liquide cryogénique qui nécessite des niveaux de sûreté et de sécurité adéquats.

Afin de créer une vue d'ensemble complète du système de soutage du GNL, dans le cadre du produit T1.1.1, tous les composants du système sont décrits d'un point de vue technique et opérationnel, notamment : l'unité d'alimentation ; les installations de traitement, de regazéification et de liquéfaction ; la station de pompage et les pompes cryogéniques ; les tuyaux cryogéniques, les bras de chargement et les joints tournants ; les systèmes, les vannes et les composants de sécurité ; les systèmes de gestion de la vapeur ; l'usine d'azote ; les réservoirs au sol et les systèmes de stockage du GNL. Les éléments en question sont brièvement décrits ci-dessous, en se référant au produit T1.1.1. pour un examen plus détaillé de ceux-ci.

2.5.2. Unités d'approvisionnement

L'unité d'approvisionnement en GNL peut être de différents types : navire ou barge de soutage ; camion, pétrolier ou remorque ; installation fixe ; conteneur mobile ; flotteur de soutage/île artificielle. Pour chaque type du produit T1.1.1, les implications que le choix de l'unité d'approvisionnement en GNL peut déterminer par rapport au choix des autres composants du système ont été examinées, en soulignant également, le cas échéant, les conséquences liées à l'espace portuaire requis par ces types d'unités, les risques et les questions critiques qui peuvent se poser et les investissements qui peuvent être nécessaires.

À cet égard, le produit concerné est examiné en détail :

- Navire ou barge de soutage : option très flexible, adaptée aux grands volumes de GNL ; option nécessitant des coûts d'investissement élevés.
- Camion, camion-citerne ou remorque : option la plus connue et la plus répandue ; convient pour la fourniture de réservoirs de petit volume ; option nécessitant un accès routier ; faible investissement initial ; grande flexibilité.
- Installation fixe : sur terre ; option nécessitant des coûts d'investissement élevés ; option nécessitant un espace portuaire important ; plusieurs normes techniques CEN et ISO requises.
- Conteneur mobile : ou réservoir de carburant mobile ; option choisie en cas d'absence d'infrastructure fixe ; les réservoirs sont placés à l'intérieur d'une structure robuste et sont facilement transportables.
- Flotteur de soutage/île artificielle : île en mer, équipée de réservoirs de stockage et d'équipements de chargement/déchargement de GNL ; temps de construction plus courts par rapport aux installations à terre, ce qui facilite la définition de l'emplacement et des permis de construction.

2.5.3. Installations de traitement, de regazéification et de liquéfaction

La catégorie "installations de traitement/regazéification et de liquéfaction" comprend plusieurs types de composants de systèmes et d'équipements techniques tels que les séparateurs liquide-gaz, les fours de chauffage au gaz, les systèmes de déshydratation et de dégazage, les composants pour le traitement de purification et les installations de liquéfaction.

Les séparateurs liquide-gaz permettent de séparer les vapeurs d'eau du gaz en deux étapes, c'est-à-dire la séparation du brouillard de la phase gazeuse et la séparation de la mousse de la phase liquide. Il existe différents types de séparateurs classés selon leur configuration ou la valeur de la pression de service : les séparateurs horizontaux (alternative moins coûteuse pour les grands volumes de gaz) ; les séparateurs verticaux (de capacité inférieure aux réservoirs horizontaux, plus utilisés sur les plateformes



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

TDI RETE-GNL



offshore car ils occupent des zones plus étroites) ; les séparateurs à haute pression ; les séparateurs à basse pression.

Les gaz, une fois séparés des liquides, sont chauffés au moyen de fours à flamme indirecte visant à élever la température du gaz afin de le transférer sans risque de formation d'hydrates. Les fours à combustion indirecte sont constitués d'un cylindre à l'intérieur duquel circulent deux serpentins : l'un traversé par le gaz à chauffer, l'autre par les fumées produites par la combustion du gaz ; tous deux sont immergés dans de l'eau à la pression atmosphérique et à température contrôlée, maintenue en dessous de 90 °C. La régulation du four est automatique : en fonction de la température qui doit atteindre le gaz, il y a un thermostat qui interrompt le flux de combustible qui arrive au brûleur.

Sous l'effet de la haute pression et de la basse température, dans un mélange d'hydrocarbures à l'état gazeux, la formation de composés hydratés, solides, cause d'un éventuel colmatage, peut se produire, évitée par un processus de déshydratation (par absorption avec du glycol ; par refroidissement au moyen d'un détendeur ; par refroidisseur externe ; par absorption avec des tamis moléculaires).

Le gaz naturel est dégazé avant d'être introduit dans le gazoduc afin de séparer les hydrocarbures supérieurs et de réduire la contamination possible dans le gazoduc et de le rendre transportable en éliminant les hydrocarbures lourds et supérieurs (éthane, propane et butane). Le gaz est également soumis à divers procédés de purification visant à éliminer les composés nocifs présents dans le gaz naturel, notamment : absorption par des alcanolamines ; absorption par du carbonate de potasse ; filtration sur membrane ; récupération du soufre ; élimination des composés par solvant physique ; élimination du sulfure d'hydrogène par des processus oxydatifs. Ces procédés sont connus sous le nom de traitements d'adoucissement du gaz naturel et visent à éliminer les gaz acides, notamment le CO₂, le H₂S et le COS et éventuellement les mercaptans, s'ils sont présents en quantités excessives. Enfin, un traitement très important est représenté par l'élimination du mercure qui, à basse température, atteint la condition de saturation et a des effets nocifs sur les composants en alliages d'aluminium et autres matériaux souvent utilisés dans l'industrie du gaz ; l'unité d'élimination du mercure consiste en un réacteur sur support solide dont la configuration est très similaire à celle d'un filtre à charbon actif (lorsque le mercure passe à travers le filtre, il réagit en formant des composés sulfurés qui permettent sa récupération et sa manipulation en toute sécurité).

Le gaz est ensuite amené à des températures suffisamment basses par les usines de liquéfaction grâce à un système de réfrigération en cascade (caractérisé par un cycle à trois étages de propane, qui permet d'atteindre une température de -40°C à 1,08 bar absolu, suivi d'un cycle à deux étages, qui utilise l'éthane comme réfrigérant ; en étendant cette procédure à un système avec trois fluides s'évaporant en cascade, on obtient la température nécessaire pour liquéfier le gaz naturel, d'environ -162°C) ou les systèmes à fluides frigorigènes mixtes (caractérisés par une plus grande flexibilité et simplicité opérationnelle puisqu'ils utilisent, au lieu d'un composant pur, un mélange de composition variable de plusieurs fluides frigorigènes afin d'adapter la courbe d'évaporation à la tendance du fluide à réfrigérer).

2.5.4. Station de pompage et pompes cryogéniques

La présence d'un système de pompage, constitué d'une pompe cryogénique utilisée pour transférer le GNL de l'unité d'approvisionnement à l'unité de réception, est essentielle pour le soutage du GNL.

La station de pompage n'a pas seulement pour fonction de transférer le GNL, mais joue également un rôle fondamental dans les activités liées à la mesure et au contrôle de la pression, à la gestion du système de retour de vapeur et à la surveillance du gaz d'évaporation. Les pompes utilisées pour transférer le GNL sont centrifuges et sont complètement immergées à l'intérieur du réservoir contenant le liquide cryogénique ; les dernières pompes cryogéniques sont équipées d'un système d'équilibrage pour réduire

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

les poussées axiales, ce qui permet d'augmenter la durée de vie de la pompe sans entretien continu et d'éliminer les problèmes d'alignement du moteur. La pompe cryogénique peut être mono ou multi-étagée et est équipée de roues fermées (contre-disque) qui permettent un écoulement mixte (axial et radial) et d'une conception similaire aux turbines Francis. Les moteurs peuvent avoir 2, 4 ou 6 pôles et sont généralement calibrés avec une fréquence de 50 ou 60 Hz, mais peuvent être équipés de variateurs de fréquence.

2.5.5. *Systèmes de piping (tuyauterie)*

Les systèmes de piping utilisés dans le processus de soutage de GNL sont liés à la cryogénie du liquide. Les solutions techniques et de conception choisies et utilisées pour le développement d'un système de soutage de GNL, en ligne avec les exigences de sécurité nécessaires, doivent en effet éviter une élévation de la température du GNL traversant les canalisations et éviter l'apparition du phénomène du boil-off gas.

Lors de la conception du système de tuyauterie, il est également nécessaire de tenir compte du fait que les tuyaux doivent être pré-refroidis, purifiés et inertés avant que l'opération de soutage proprement dite n'ait lieu. Il est donc nécessaire d'inclure des éléments capables d'absorber les variations thermiques auxquelles le système est soumis lors des procédures de transfert de GNL : en référence, en particulier, à la boucle de détente et de concentration. La conception des gazoducs doit prévoir la possibilité d'évaporation par ébullition du GNL provenant d'éventuelles fuites et leur réchauffement en raison des conditions environnementales ; en outre, la phase de conception doit prévoir le calcul de la fatigue des charges soutenues et de la dilatation thermique, qui influent sur le dimensionnement.

Afin de répondre aux exigences (telles que le matériau, les dimensions, l'isolation, les composants, la soudure, etc.) imposées par les systèmes de soutage de GNL, diverses technologies sont utilisées : conception "pipe-in-pipe" (avec mousse de polyuréthane pré-isolante) ; isolation des tuyaux sous vide ; utilisation d'Invar (un alliage contenant 64% de fer et 36% de nickel, remplaçant l'acier inoxydable austénitique SS304L).

2.5.6. *Tuyaux flexibles cryogéniques, bras de charge et joints tournants*

Dans les différentes configurations de soutage, en plus des systèmes de tuyauterie, de multiples composants supplémentaires sont nécessaires pour assurer le transfert du GNL, qui sont brièvement décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. *Autres composantes du processus de soutage*

| Autres composantes du processus de soutage | Caractéristiques principales |
|---|---|
| Tuyaux flexibles cryogéniques | Principalement utilisé dans le soutage STS et dans le transfert de GNL des pétroliers vers les stations satellites; large gamme de solutions technologiques; manutention de tuyaux par grue. |
| Bras de charge | Alternative aux tubes cryogéniques flexibles; une grande flexibilité des bras est nécessaire pour suivre les mouvements du navire dans les procédures d'avitaillement; utilisé dans les terminaux d'import et d'export, pour le soutage STS ou TTS. |
| Joints tournants | Bras de chargement équipés d'articulations pivotantes visant à garantir une flexibilité maximale du système lors du ravitaillement; nécessaire pour éviter les fuites dans le système de tuyauterie, réduire la maintenance et assurer des connexions très flexibles. |

Source: Notre élaboration.

2.5.7. *Systèmes, vannes et composants pour la sécurité*

Le processus de soutage du GNL implique également la présence de nombreuses vannes et autres systèmes spécifiquement dédiés à la sécurité des opérations de ravitaillement. Au niveau international, il existe une multiplicité de codes et de règlements préparés par des organismes techniques internationaux visant à définir des normes de conception et des normes techniques pour les composants mentionnés ci-dessus. Parmi elles, UNI EN 12567, l'API (American Petroleum Institute) et l'ASME (American Society of Mechanical Engineers) jouent un rôle fondamental. Le maintien de niveaux de sécurité adéquats est assuré par la conformité de tous les matériaux du système lui-même à la norme UNI EN 1160 "Installations et équipements pour le gaz naturel liquéfié - Caractéristiques générales du gaz naturel liquéfié". Cela dit, le rapport analyse les fonctions et les spécifications techniques des vannes utilisées dans les systèmes de tuyauterie, les systèmes ESD et les systèmes ERS, décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4. Fonctions et spécificités techniques des vannes utilisées dans les systèmes de tuyauterie, ESD et ERS

| Vannes de sécurité | Fonctions techniques et spécificités |
|--------------------------------------|---|
| Vannes dans le système de tuyauterie | Utilisé pour ouvrir ou fermer le système pendant le bon déroulement des opérations ou en cas d'urgence, ou pour l'isolement d'un secteur d'infrastructure global. Principaux types de vannes cryogéniques : vannes à soupape, vannes à bille, vannes papillon. |
| Emergency Shutdown System (ESD) | Système d'arrêt d'urgence visant à éviter les dangereuses augmentations de pression à l'intérieur des tubes de transfert en fermant des vannes spéciales. Le système peut fonctionner automatiquement grâce aux détecteurs de gaz dans la zone de soutage ou peut être actionné manuellement. |
| Emergency Release System (ERS) | Système de dégagement d'urgence conçu pour prévenir les conséquences d'un mouvement excessif du navire ravitaillé par rapport à l'unité de ravitaillement, qui peut résulter du mouvement des vagues ou du vent fort pendant les opérations de soutage ; particulièrement important dans le cas de l'utilisation de tuyaux. |

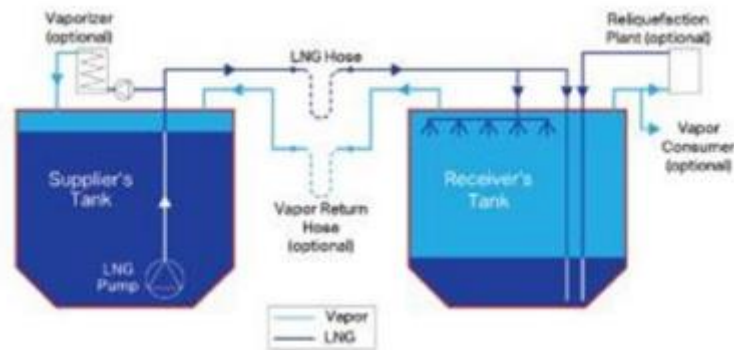
Source: Nt. élaboration.

2.5.8. *Systèmes de gestion de la vapeur*

Lorsqu'il existe des différences entre les températures auxquelles le GNL est déjà présent dans les réservoirs du navire à approvisionner et le GNL dans les réservoirs de l'unité d'approvisionnement, les différences de pression qui en résultent doivent être compensées afin d'éviter les risques d'accident. Une façon de compenser cette différence est de remplir le réservoir à la fois par le haut et par le bas afin de réguler la pression à l'intérieur du réservoir. En effet, lors d'un remplissage par le bas, la pression a tendance à augmenter progressivement ; elle peut au contraire être abaissée en pulvérisant du GNL de l'autre côté sur la vapeur.

Une autre fonction du vaporisateur dans le réservoir où le liquide est prélevé est d'augmenter la pression à l'intérieur du réservoir à une valeur supérieure à celle présente dans les tuyaux (rigides ou flexibles) utilisés pour le transfert. Il est ainsi possible de garantir le débit de GNL requis.

Figure 6. Système de gestion de la vapeur : schéma logique



Source: STAVROS, 2016 (“LNG Bunkering: Technical and Operational Advisory“).

2.5.9. Usine d'azote

L'azote liquide est souvent utilisé dans les procédures de soutage pour effectuer les opérations d'inertisation des conduites et éviter ainsi la formation de mélanges explosifs pendant le soutage ; à cette fin, le système de soutage doit être équipé d'un système d'azote. Dans certains cas, l'azote liquide est également utilisé pour maintenir l'équipement à des températures cryogéniques, en exploitant sa faible température de liquéfaction (égale à $-195,82^{\circ}\text{C}$).

2.5.10. Réservoirs souterrains et systèmes de stockage de GNL

Des installations de stockage primaire ou des systèmes satellitaires plus simples sont également fournis dans le cadre d'un système global d'approvisionnement en GNL. Les installations de stockage primaire sont généralement divisées en plusieurs sections : stockage, déchargement, récupération des vapeurs d'évaporation, soutage et chargement des camions. Les réservoirs à terre sont utilisés pour le stockage (principalement des réservoirs à fond plat et des réservoirs cylindriques à balles) et les réservoirs à bord des méthaniers ou des navires à propulsion GNL. Chaque type de réservoir a des forces et des faiblesses spécifiques, comme décrit en détail dans la conception du produit T1.1.1. du projet.

Dans les opérations de soutage, il est essentiel de prendre en compte les différents facteurs qui influencent la capacité de remplissage des cuves afin de garantir que les activités sont menées en toute sécurité, à savoir : la température de chargement, la température de référence, la limite de remplissage, la limite de charge, le talon (volume de GNL qui reste normalement dans les cuves avant la procédure de soutage), la capacité utile (différence entre la limite de charge et le talon). Lors de la réalisation d'opérations de soutage, il est donc essentiel d'évaluer les effets de ces facteurs. Généralement, à l'intérieur des réservoirs, aussi isolés soient-ils, il y a une certaine formation de vapeur, qui sera en équilibre avec le liquide. Cependant, comme la chaleur continue de pénétrer à travers l'isolation, la densité du liquide a tendance à diminuer à mesure que la température augmente. En conséquence, l'espace disponible pour la vapeur, déjà faible si le réservoir est presque plein, diminue encore, ce qui entraîne une augmentation de la pression de vapeur. Si l'augmentation n'est pas contrôlée, la valeur limite à laquelle les soupapes d'aération sont réglées sera atteinte. En augmentant la pression réglée aux soupapes d'aération, le temps d'ouverture des soupapes est plus long, mais la densité à la température de référence sera encore plus faible, ce qui réduira la limite de charge. Il est donc nécessaire de trouver un compromis entre la capacité de charge et le temps nécessaire à l'ouverture des vannes.

2.6. Pertinence du produit T1.1.1

En conclusion, le produit en question T1.1.1 "Rapport sur les lignes directrices pour la normalisation des technologies de soutage" fournit des informations techniques et détaillées sur les principaux composants d'un système de soutage/stockage de GNL, en tenant compte des spécificités des équipements et installations principalement utilisés dans le secteur maritime-portuaire. Le document fournit un vocabulaire et une terminologie qui sont également accessibles aux parties prenantes qui n'ont pas nécessairement un bagage technique étendu ; un aperçu suffisamment détaillé en référence aux principales caractéristiques du gaz naturel liquéfié, aux différentes phases de la chaîne d'approvisionnement, aux profils de référence réglementaires et juridiques et à l'analyse détaillée de chaque composant d'infrastructure et équipement utilisé dans l'approvisionnement en GNL. Ces informations constituent la base du développement de l'activité T1.1, c'est-à-dire l'analyse de l'état de l'art en ce qui concerne les options technologiques et les composants utilisés dans les systèmes d'approvisionnement et de soutage du GNL et la définition de normes technologiques et de lignes directrices pour la normalisation des procédures opérationnelles partagées pour le GNL dans les ports de la zone de programme.

3. FICHE DE SYNTHÈSE DU PRODUIT T1.1.2 "ANALYSE SWOT DES OPTIONS TECHNOLOGIQUES POUR LE SOUTAGE DU GNL DANS LES PORTS".

Le rapport réalisé dans le cadre du produit T1.1.2 "Analyse SWOT des options technologiques pour le soutage du GNL dans les ports" a été réalisé par le CF UNIGE-CIELI (avec la contribution du consultant externe AMP Solutions Srl). Le document complet est disponible sur le portail du programme maritime Interreg.



3.1. Finalités du produit T1.1.2

Le produit T1.1.2 "Analyse SWOT des options technologiques pour le soutage du GNL dans les ports" est conçu pour examiner les questions critiques et les avantages associés aux configurations de soutage. Le Chef de file UNIGE-CIELI, avec le soutien des partenaires du projet TDI RETE-GNL, après une interaction constante avec les opérateurs et les sujets qui jouent un rôle de contrôle et de régulation en ce qui concerne la gestion des opérations de soutage de GNL dans la zone maritime-portuaire, a réalisé une analyse SWOT des différentes options technologiques pour le soutage de GNL dans les zones ci-dessus. Le document représente un support utile pour les décideurs publics impliqués dans les processus d'autorisation des installations de soutage et de stockage de GNL dans le secteur maritime-portuaire, à adopter dans les phases d'évaluation préliminaire. Le produit représente également un point de départ fonctionnel pour la définition de lignes directrices pour la normalisation des technologies GNL.

Le produit T.1.1.2 définit d'abord le cadre de référence théorique et décrit la méthodologie de l'"analyse SWOT", avant d'utiliser la même technique d'analyse pour examiner les différentes options technologiques pour le soutage du GNL dans les ports. À cette fin, le groupe de travail du CF, en accord avec les principales publications universitaires sur le sujet (Piercy et Giles, 1989 ; Pickton et Wright, 1998 ; Grea, 2000 ; Leigh et Pershing, 2006) et avec les développements qui caractérisent les bonnes pratiques répandues dans le secteur, a examiné en détail les principales caractéristiques qui distinguent les options technologiques suivantes pour le soutage du GNL dans l'environnement portuaire (EMSA, 2018), à savoir :

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- Configuration Truck to Ship (TTS);
- Configuration Ship to Ship (STS);
- Configuration Port to Ship (PTS);
- Configuration Mobile Fuel Tanks.

Dans le produit final, en particulier, pour chaque option technologique, une analyse détaillée est fournie en ce qui concerne les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces, en considérant séparément les profils suivants (mis en évidence dans le Tableau 5).

- ✓ volume de GNL géré / gérable;
- ✓ vitesse des opérations de soutage;
- ✓ applications dans le secteur maritime portuaire;
- ✓ avantages / inconvénients de gestion;
- ✓ avantages / inconvénients économiques;
- ✓ avantages / inconvénients socio-environnementaux.

L'analyse SWOT a été précédée d'un aperçu des aspects généraux du gaz naturel liquéfié, afin de mieux comprendre la nature, les caractéristiques et le comportement stratégique des différents acteurs qui y participent.

Tableau 5. Analyse Swot options technologiques de soutage du GNL : profils étudiés

| | Configurazione Truck to Ship [TTS] | Configurazione Ship to Ship [STS] | Configurazione Terminal to Ship [TPS] | Configurazione Mobile fuel tanks |
|---|--|---|--|--|
| <i>Volumi di GNL</i> | Inferiori a 200 m ³ | Compresi tra 1.000 e 10.000 m ³ | Nessun limite in termini di volumi | Compresi tra 20 e 50 m ³ per unità |
| <i>Velocità delle operazioni di bunkering</i> | Bassa | Media | Alta | Medio-Alta |
| <i>Vantaggi</i> | - Elevata flessibilità operativa; - Assenza di investimenti infrastrutturali; - Basso investimento iniziale; - Reversibilità | - Possibilità di effettuare SIMOPs (turn-around times ridotti); - Assenza di impiego di spazi portuali dedicati; - Flessibilità nella localizzazione e nei volumi. | - Tempistiche di bunkering molto contenute; - Flessibilità nei volumi gestiti; - Modularità nella definizione della capacità complessiva della stazione di bunkering | - Semplicità distributiva; - Assenza di investimenti infrastrutturali dedicati; - Basso investimento iniziale; - Le navi non devono navigare sino a una specifica localizzazione nel porto. |
| <i>Svantaggi</i> | - Velocità e portata del rifornimento molto limitata; - Capacità di stoccaggio contenuta; - Rischi connessi all'assenza di personale tecnico specializzato; - Elevati costi di trasporto per m ³ di GNL; - Presenza di truck in banchina con conseguente incremento dei rischi per le persone e le merci. | - Elevati investimenti in navi e chiatte per il rifornimento; - Costi operativi superiori a altre soluzioni tecniche; - Aumento del rischio connesso a collisioni tra navi e incidenti; - Maggiore complessità nella gestione delle operazioni di bunkering. | - Obbligo per le navi di raggiungere una specifica location nel porto; - Impossibilità di svolgere SIMOPs (allungamento delle tempistiche di turn-around); - Elevati investimenti in dotazioni infrastrutturali e attrezzature; - Occupazione di ampi spazi portuali. | - Ridotta capacità di stoccaggio per singolo tank; - Riduzione della capacità di carico a uso commerciale della nave rifornita; - Maggiore pericolosità delle operazioni connesse al sollevamento dei serbatoi; - Necessità di avere gru di carico (in banchina o in dotazione alla nave da rifornire). |
| <i>Applicazioni in ambito portuale</i> | - Localizzazioni contraddistinte da bassa frequenza di bunkering di GNL; - Start up delle attività di bunkering di GNL; - Porti con molteplici terminal che richiedano l'assegnazione di aree per il bunkering; - Porti remoti. | - Porti con traffico misto (inland e seagoing ships); - Porti caratterizzati da ampi specchi acquei; - Porti non esposti a elevati rischi meteorologici. | - Porti di medie o grandi dimensioni; - Porti caratterizzati da elevata frequenza di operazioni di bunkering di GNL; - Porti caratterizzati da domanda di GNL stabile o facilmente prevedibile. | - Start up delle attività di bunkering di GNL; - Porti ove transitano numerose portacontainer. |

Source: Nt. élaboration.

Les principaux contenus du produit T.1.1.2 sont résumés ci-dessous.

3.2. Aspects introductifs sul GNL

3.2.1. Nature et composition du GNL

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

Avant d'appliquer la méthodologie SWOT à l'analyse des différentes options technologiques pour le soutage et le stockage du GNL dans l'environnement marin et portuaire, le produit T1.1.2 explore la nature et la composition du GNL en tant que carburant à composition variable, composé de plus de 90% de méthane et de plus petites quantités d'éthane, de propane, d'hydrocarbures supérieurs et de modestes impuretés de composants azotés.

La comparaison avec d'autres combustibles traditionnels (tels que les fiouls et le gazole) en ce qui concerne leurs caractéristiques et leurs propriétés fournit des éléments de réflexion intéressants : les fiouls comprennent les distillats lourds ou les résidus de distillation ou d'autres opérations de raffinage, sont classés selon leur viscosité et leur teneur en soufre et ont un pouvoir calorifique moyen de 10 000 kcal/kg⁶.

Le gasoil est dérivé de la distillation primaire du pétrole brut et contient différentes classes d'hydrocarbures tels que les paraffines, les aromatiques et les naphthènes dans des proportions qui varient d'un gasoil à l'autre. Sa principale caractéristique est le pouvoir calorifique moyen élevé de 15 000 kcal/kg⁶ ; le gaz naturel ou méthane est le plus simple des hydrocarbures et a un pouvoir calorifique moyen de 13 500 kcal/kg⁶.

Il est également important de comparer d'autres combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne les émissions nocives dans l'environnement. Dans le détail, les émissions de particules sont plus élevées lors de la combustion de mazout, suivie par celle de gazole et de gaz naturel. Les émissions de gaz naturel ne contiennent pas de carbone, de benzène et de poussières ultrafines (PM10) et ne contiennent pas de dioxyde de soufre, dont on sait qu'il est très polluant. Pour la même quantité de chaleur produite, le gaz naturel ne dégage que du dioxyde de carbone et des oxydes d'azote, mais dans une moindre mesure que le charbon et le pétrole. Dans l'ensemble, le gaz naturel a des effets nettement moins nocifs sur l'environnement que les carburants et combustibles traditionnellement utilisés pour la propulsion marine.

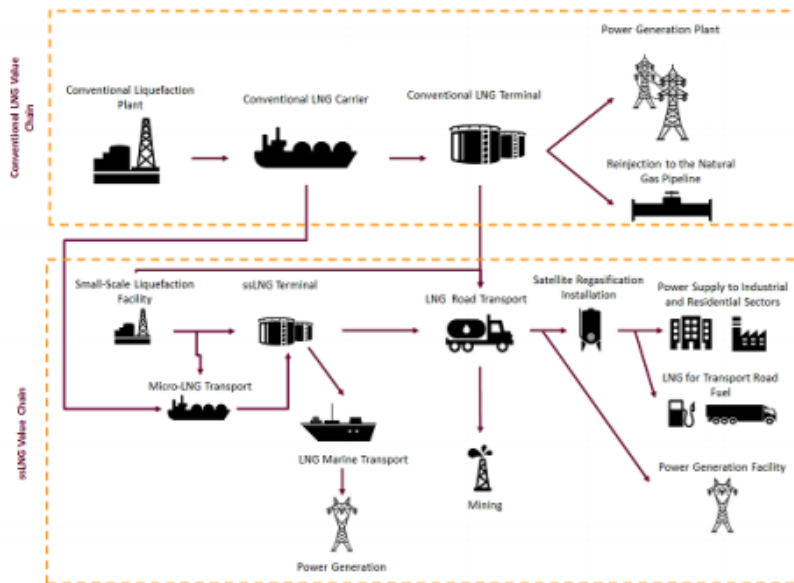
Pour les besoins de l'analyse SWOT, le lien entre les caractéristiques technologiques des moteurs marins principalement utilisés et le type de combustible/carburant utilisé a été analysé. Les moteurs conçus pour utiliser le GNL se caractérisent par un rendement supérieur à celui des moteurs utilisant des carburants traditionnels, dans les mêmes conditions. Les enquêtes menées sur les principaux types de moteurs marins à GNL montrent que la combustion dans le moteur est complète, sans résidus, et permet une forte réduction de l'usure de toutes les pièces mobiles du moteur, ce qui permet, par conséquent, d'augmenter la durée de vie moyenne de la machine. La réduction des résidus réduit également la nécessité d'interventions de maintenance, ce qui se traduit par des économies pour l'armateur.

L'utilisation de systèmes de propulsion marine au GNL semble donc être une solution viable pour les armateurs, également d'un point de vue économique-financier, car elle permet de réduire les émissions nocives pour l'environnement (avec d'éventuelles implications commerciales positives), de diminuer considérablement les coûts de maintenance des systèmes de moteur et les coûts d'exploitation compatibles avec les conditions du marché qui caractérisent d'autres solutions de propulsion marine.

3.2.2. La chaîne technologique de production du GNL: aperçu

L'analyse se poursuit par une étude approfondie de la chaîne technologique de production du GNL (Figura 7) pour compléter ce qui a déjà été examiné dans le produit T1.1.1, en identifiant les étapes et les phases fondamentales de la chaîne de valeur, ainsi que les caractéristiques fondamentales associées (Tableau 6).

Figura 7. La chaîne du gaz naturel



Source: <http://www.sia-partners.com>

Tableau 6. Phases de la chaîne de production technologique du GNL-Description

| Étapes de la chaîne d'approvisionnement en GNL | Caractéristiques principales |
|--|---|
| 1. Production du gaz | Production de gaz issu de l'extraction souterraine conventionnelle de gaz, piégé dans la plupart des cas avec du pétrole sous une couche rocheuse ; le gaz s'échappe spontanément en aval du forage, puis est acheminé dans un pipeline, dirigé vers des destinations finales ou des sites de stockage. Nouvelles techniques d'extraction : gaz de schiste et méthane de houille. |
| 2. Liquéfaction | Ce procédé permet de transporter de grands volumes de gaz naturel des pays producteurs vers les pays importateurs, en réduisant le volume du gaz d'environ 600 fois par rapport à son état gazeux ; le changement de phase est obtenu en amenant le gaz naturel à une température critique de -162°C à la pression atmosphérique. Installations à terre ou en mer. Le GNL est ensuite injecté dans des réservoirs cryogéniques pour le stockage et l'entreposage, avant d'être chargé dans des méthaniers. |
| 3. Transport | Le gaz naturel liquéfié est transporté à température constante, à la pression atmosphérique, sur des méthaniers spéciaux (<i>LNG carriers</i>) ; le transport maritime permet également d'accéder à des zones géographiques inaccessibles au GNL depuis des gazoducs. |
| 4. regazéification | Processus qui permet au gaz naturel d'être amené à l'état liquide (GNL) utile pendant la phase de transport, à l'état gazeux et comprimé (GNC), afin de le transporter par voie terrestre et de permettre sa consommation finale. Installations à terre ou en mer sur les navires Unité flottante de stockage et de regazéification. Le GNL du méthanier est transféré à l'usine de regazéification, initialement envoyé à un vaporisateur constitué d'échangeurs de chaleur (faisceaux de tubes) ; l'augmentation de pression qui en résulte est gérée par des réservoirs d'expansion et le gaz est ensuite acheminé dans le réseau de distribution. |
| 5. Logistique de distribution | Le gaz, après le processus de regazéification, est transporté par des gazoducs sur le marché intérieur pour répondre à la demande d'utilisation civile ou industrielle dans les grands réseaux de distribution. |

Source: Nt. élaboration.

En ce qui concerne l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en GNL, il semble approprié de souligner comment la chaîne d'approvisionnement en GNL à petite échelle est la méthode de gestion, à

petite échelle, du gaz naturel liquéfié, dans laquelle le GNL est transformé en gaz et alimente ensuite le réseau de distribution national. Se référant essentiellement à l'utilisation directe du GNL sous sa forme liquide, par opposition au modèle traditionnel de regazéification et d'introduction ultérieure dans le réseau de transport de gaz, la distribution de GNL à petite échelle est destinée à la propulsion navale ou au transport et constitue une opportunité de réduire l'impact environnemental dans le secteur du transport. Le SSLNG crée également de nouvelles opportunités commerciales pour les opérateurs du secteur, car il s'agit d'un marché relativement jeune et qui ne dispose pas encore d'un personnel suffisant.

Cependant, ce type de distribution de GNL présente également une série de problèmes difficiles à résoudre : il existe encore un certain niveau de déséquilibre entre l'offre et la demande, la chaîne d'approvisionnement globale ne dispose pas encore de niveaux de capillarité adéquats, le cadre réglementaire est encore incertain et plutôt hétérogène au niveau international.

Les petites usines de liquéfaction ont une capacité de production inférieure à 500 000 tpy (tonn par year) et permettent en outre d'approvisionner à la fois des utilisateurs finaux situés dans des endroits et des zones difficiles d'accès au moyen d'infrastructures traditionnelles et des consommateurs qui ont besoin de combustible sous forme liquide. Les principales utilisations du GNL à petite échelle sont essentiellement au nombre de trois, à savoir le combustible marin (soutage), le ravitaillement en carburant dans le secteur du transport routier lourd et la production d'électricité dans des lieux hors réseau.

Cela étant dit, l'objectif de la section suivante du rapport est d'identifier les outils de gestion à appliquer, en particulier l'analyse SWOT afin d'évaluer les solutions technologiques alternatives pour la fourniture de services de soutage de GNL dans la chaîne d'approvisionnement en aval du GNL à petite échelle.

3.3. Analyse SWOT: profils méthodologiques et une revue de la littérature.

L'analyse SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*) a été proposée à la fin des années 1950 par l'économiste américain Humphrey comme outil de gestion visant à rationaliser les processus d'entreprise dans des contextes caractérisés par l'incertitude et une forte compétitivité. Elle représente un outil de gestion pour soutenir les choix stratégiques, qui permet d'organiser les processus décisionnels de l'entreprise, en mettant en évidence les éléments internes de force et de faiblesse, ainsi que les opportunités et les menaces découlant de facteurs externes (Piercy et Giles, 1989 ; Leigh et Pershing, 2006). L'analyse SWOT permet donc de systématiser et de rationaliser la collecte de données et d'informations pertinentes pour l'hypothèse d'un choix dans tout processus décisionnel, en favorisant l'identification de l'option la plus appropriée pour atteindre les objectifs stratégiques qui guident le processus décisionnel lui-même.

Compte tenu de ses caractéristiques, l'analyse SWOT représente un outil particulièrement adapté pour évaluer la faisabilité économique-financière et l'impact environnemental et/ou social des différentes solutions technologiques utilisées pour le soutage du GNL dans les ports.

En particulier, le choix d'une solution technologique spécifique dépend non seulement des avantages intrinsèques qu'elle peut apporter en termes d'exploitation (par exemple, volumes de GNL gérés, rapidité des opérations de soutage, flexibilité opérationnelle, etc.), économique-financiers (c'est-à-dire à la fois les dimensions liées aux investissements initiaux et aux dépenses d'investissement - CAPEX - et celles liées aux dépenses d'exploitation - OPEX), et socio-environnementaux, mais il est également fonction d'un certain nombre de facteurs externes et de dimensions situationnelles qui se rapportent aux spécificités du contexte empirique dans lequel cette solution technologique est appliquée.

Dans le cas présent, de ce point de vue, le choix de la solution technologique à adopter pour l'avitaillement en GNL dans l'environnement portuaire maritime ne peut a priori ignorer des variables

qui sont exogènes par rapport à la technologie elle-même, telles que, par exemple, la localisation et la taille du port étudié, les volumes de demande de GNL, le degré d'acceptation par les communautés locales et les spécificités de la législation applicable.

En ce sens, l'approche méthodologique de l'analyse SWOT permet d'exprimer une première évaluation de la manière dont les forces ou les faiblesses d'une solution donnée peuvent déterminer les opportunités ou les risques associés aux variables exogènes mentionnées ci-dessus. Cela permet de:

- Évaluer ensemble les variables endogènes et exogènes par rapport à la technologie qui sont pertinentes pour le choix ;
- Identifier les driver à considérer en priorité ;
- Sélectionner les critères de choix ;
- Identifier, construire et suivre des indicateurs de performance (KPI) fonctionnels à la collecte et à la diffusion de l'information.

3.3.1. Revue de la littérature

Dans le cadre du produit T1.1.2, une revue de la littérature académique relative à l'utilisation de l'analyse SWOT a été réalisée avec des objectifs cohérents avec ceux du projet. Dans le cadre de la revue systématique de la littérature réalisée, 19 articles principaux ont été sélectionnés (représentant 37% de l'échantillon initialement extrait des bases de données universitaires consultées) en raison de la pertinence de la contribution scientifique et de l'adéquation aux objectifs du produit technique.

D'un point de vue temporel, l'échantillon couvre une période de 19 ans (2000-2019), dont 50% des contributions ont été publiées au cours des 5 dernières années, ce qui confirme l'intérêt croissant des universitaires et des professionnels pour cette technique d'évaluation de scénarios alternatifs dans le domaine maritime.

Les analyses empiriques menées mettent en évidence l'existence de trois axes principaux d'utilisation de l'analyse SWOT en relation avec les problématiques étudiées dans le cadre du projet TDI RETE-GNL. En particulier, nous faisons référence à :

1. SWOT-port : utilisation du SWOT pour l'évaluation des investissements dans le secteur portuaire (15 contributions) ;
2. SWOT-navires GNL : (à partir de 2 contributions) ;
3. SWOT-infrastructures GNL : l'utilisation des SWOT en relation avec l'évaluation des projets d'infrastructure portuaire maritime (2 contributions).

La revue de la littérature a mis en évidence l'utilité potentielle de l'analyse SWOT pour soutenir les processus décisionnels sous-tendant le choix des solutions technologiques pour l'avitaillement et le stockage du GNL dans l'environnement maritime portuaire car elle permet aux différents décideurs impliqués dans le processus décisionnel d'inclure facteurs endogènes et exogènes dans l'évaluation préliminaire des différentes options de mise en œuvre. Par ailleurs, l'approche SWOT apparaît particulièrement utile en référence à l'évaluation des investissements d'infrastructure nécessaires, lorsqu'il est nécessaire de réduire les hypothèses de conception à explorer en détail. L'analyse SWOT apparaît également comme un outil cohérent en ce qui concerne l'adoption d'une gestion stratégique logique des relations avec les différentes parties prenantes concernées (Stakeholder Relationship Management), du fait que cet outil analytique d'aide à la décision peut également être utilisé pour communiquer avec un langage accessible aux différentes catégories d'acteurs les principales raisons qui conduisent à l'exclusion d'options potentielles spécifiques et à se concentrer sur certaines solutions technologiques.

3.3.2. Analyse SWOT des technologies de soutage de GNL dans la zone portuaire : cadre conceptuel et méthodologie

L'analyse SWOT permet une comparaison minutieuse entre les principales options technologiques utilisées au niveau international, européen et national pour l'avitaillement et le stockage de GNL dans l'environnement portuaire maritime. Cet outil a ensuite été utilisé pour examiner de manière générale les différentes solutions technologiques d'avitaillement dans les ports de la zone cible, en tenant compte des spécificités technologiques, managériales et économique-financières des options suivantes : Truck to Ship (TTS); Ship to Ship (STS); Port à navire (PTS); Mobile Fuel Tanks. Par la suite, l'analyse SWOT a été appliquée concrètement à des analyses de rentabilisation spécifiques pertinentes pour le projet..

D'un point de vue méthodologique, l'utilisation de l'analyse SWOT comporte deux phases de base. La phase préliminaire encadre le phénomène et définit les critères d'évaluation, le schéma conceptuel et les paramètres de mesure, impliquant les parties prenantes et les experts du secteur. Dans le cadre du projet TDI RETE-GNL, aux fins du produit T.1.1.2, différents acteurs ont été impliqués, dont les deux associations professionnelles représentant le monde de la navigation (CONFITARMA et ASSARMATORI), le bureau technique de AdSP de la mer Ligure occidentale et la société CNH INDUSTRIAL du groupe IVECO..

La fase successiva vede la definizione di dettaglio dei criteri e dei parametri da impiegare per implementare la valutazione che conduce alla predisposizione della versione matriciale dell'analisi SWOT articolata in 4 quadranti:

- i. Forces (strengths)
- ii. Faiblesses (weaknesses)
- iii. Opportunités (opportunities)
- iv. Menaces (threats)

Figure 8. Matrice SWOT - exemple d'application en entreprise

| SWOT ANALYSIS | | ANALISI INTERNA | |
|-----------------|-------------|---|--|
| | | Forze | Debolezze |
| ANALISI ESTERNA | Opportunità | 1 Strategie S-O: Sviluppare nuove metodologie in grado di sfruttare i punti di forza dell'azienda. | 2 Strategie W-O: Eliminare le debolezze per attivare nuove opportunità. |
| | Minacce | 3 Strategie S-T: Sfruttare i punti di forza per difendersi dalle minacce | 4 Strategie W-T: Individuare piani di difesa per evitare che le minacce esterne acuiscono i punti di debolezza. |

Source: Nt. élaboration.

Pour les forces et les faiblesses, il est nécessaire de considérer les principaux profils inhérents à la structure technologique, organisationnelle, financière, relationnelle, productive et environnementale des différentes parties prenantes; les opportunités et les menaces émergent de l'évaluation des facteurs socio-économiques, politiques, environnementaux et démographiques de l'environnement extérieur; les

facteurs endogènes et exogènes sont organisés selon une logique matricielle visant à améliorer leur compréhension dans une perspective globale. L'objectif est de valoriser les atouts et d'exploiter les opportunités offertes par l'environnement extérieur par rapport à chaque solution technologique potentielle (en premier) et à celle effectivement choisie (par la suite), en se défendant des menaces liées à l'adoption de la solution spécifique option technologique.

En vue de définir les objectifs de planification stratégique du cadre d'infrastructure pour le GNL et l'évaluation préliminaire de projets d'investissement spécifiques, l'analyse SWOT permet de mettre en évidence les principaux avantages de chaque option technologique examinée, à savoir Truck to Ship, Ship to Ship, Port to Ship, Mobile Fuel Tanks, ainsi que leurs faiblesses relatives.

Les macro-catégories utilisées dans l'analyse détaillée auxquelles ont été liées les caractéristiques de chaque configuration technologique de soutage de GNL sont :

- capacité de stockage/transport ;
- l'efficacité des opérations de soutage ;
- l'extensibilité du système;
- la flexibilité ;
- les investissements nécessaires et les profils éco-financiers ;
- les exigences spécifiques des usines ;
- la sécurité et les risques ;
- l'impact environnemental et les externalités.

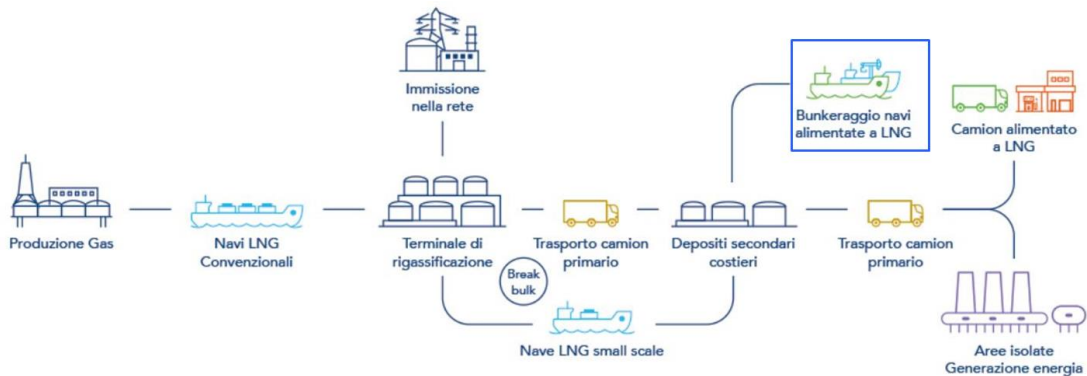
Ces profils, combinés à l'évaluation des conditions spécifiques du contexte, c'est-à-dire les variables exogènes qui caractérisent la zone portuaire liée à l'intervention évaluée et les variables du marché qui peuvent être retracées à la spécificité de la demande qui insiste sur l'installation de soutage et de stockage de GNL, sont les moteurs qui déterminent la plus ou moins grande cohérence des différentes options technologiques par rapport à la situation contingente spécifique ; ce qui peut évidemment conduire à des résultats différents par rapport à l'analyse SWOT liée au seul site local isé dans le contexte marine-portuaire.

3.4. Analyse SWOT des configurations technologiques pour le soutage de GNL dans l'environnement marin portuaire.

Dans les sous-paragraphes suivants, les différentes configurations technologiques pour le soutage de GNL dans l'environnement portuaire maritime seront explorées en profondeur afin de développer une analyse SWOT pour chacune d'entre elles afin d'identifier en détail les forces et les faiblesses, les menaces et les opportunités liées à chaque configuration. En ce qui concerne la phase de soutage des navires à propulsion GNL (la Figure 9 identifie la "position" de cette phase le long de la chaîne d'approvisionnement - boîte bleue), il est nécessaire d'identifier les quatre principales configurations mentionnées ci-dessus pour le soutage du GNL dans l'environnement maritime portuaire, en tenant compte non seulement des caractéristiques techniques du GNL mais aussi des options de soutage mentionnées dans la littérature, ainsi que des systèmes individuels présents au niveau international et européen. Vous trouverez ci-dessous les configurations possibles de soutage de GNL (la Figure 10 présente graphiquement les quatre solutions technologiques) :

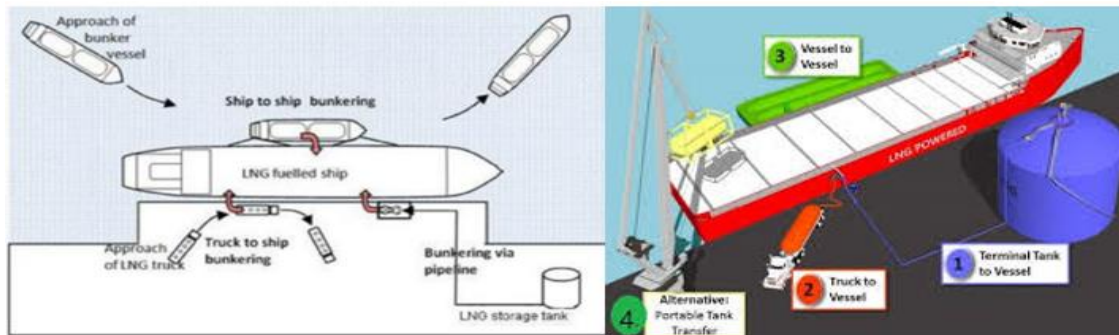
1. Configuration Truck to Ship (TTS);
2. Configuration Ship to Ship (STS);
3. Configuration Terminal/Port/Pipeline To Ship (PTS);
4. Configuration Mobile Fuel Tanks.

Figure 9. LNG supply chain – bunkering



Source: <https://www.snam.it/en/Natural-gas/green-energy/liquefied-natural-gas/LNGx/>

Figure 10. Configurazioni potenziali de soutage de GNL.



Source: DNV, “LNG Bunkering. Regulatory Framework and LNG bunker procedures” (2015).

Les quatre options technologiques pour le soutage du GNL diffèrent en ce qui concerne les profils suivants:

- la capacité de stockage/transport, c'est-à-dire le volume de GNL stocké dans le véhicule utilisé pour le ravitaillement ou dans le dépôt de stockage ;
- l'efficacité des opérations de soutage, qui se traduit par la possibilité d'opérer dans des situations différentes (par exemple, dans des conditions météorologiques défavorables) ou la possibilité de mener des opérations simultanées, dites opérations simultanées (SIMOP) ;
- l'extensibilité des installations, c'est-à-dire la possibilité d'adapter la capacité des installations aux conditions changeantes de l'environnement concurrentiel (par exemple, augmentation des niveaux de la demande à court terme) ;
- la flexibilité, c'est-à-dire la capacité de l'installation à s'adapter aux besoins spécifiques exprimés par les utilisateurs ;
- les investissements requis et les profils économique-financiers qui découlent de la preuve que chaque configuration nécessite des investissements en CAPEX et OPEX ainsi que l'engagement de coûts de maintenance pour être mise en œuvre ;
- les besoins techniques et les exigences spécifiques du système, c'est-à-dire tous les profils de gestion et techniques pertinents tels que, par exemple, le nombre de zones occupées ou l'existence de problèmes spécifiques liés à l'accessibilité nautique ou routière ;

- la sécurité et les risques/criticité qui caractérisent non seulement les différentes configurations dans leur ensemble, mais aussi les opérations individuelles (par exemple, du point de vue de la gestion, de la sûreté et de la sécurité) ;
- l'impact environnemental et les externalités, c'est-à-dire les aspects pertinents au sein de l'entreprise en question, en particulier compte tenu du type de produits énergétiques que ces systèmes de stockage et de soutage sont appelés à traiter.

3.4.1. Configuration Truck to Ship (TTS)

La configuration "Truck to Ship" (TTS) exige que le navire soit ravitaillé en carburant à l'aide d'un camion-citerne ou d'un pétrolier pour le stockage et le transport de GNL (Figura 11). Par conséquent, du point de vue des opérations, pour ce type de configuration technologique, il est nécessaire que le navire soit amarré au quai ou à l'appontement et que le pétrolier ou le camion-citerne atteigne, après avoir été ravitaillé en carburant dans les grands terminaux de stockage de GNL ou dans les terminaux intermédiaires de la chaîne d'approvisionnement, ou encore, à proximité des usines de liquéfaction, le quai afin d'être positionné à proximité du navire à ravitailler.

Figura 11. Approvisionnement en GNL selon la configuration TTS.



Source: <http://www.donga.com/news/article/all/20190921/97506677/1>

En ce qui concerne les points forts de la configuration TTS, il convient de souligner les niveaux élevés de flexibilité et de réversibilité qui la caractérisent. La souplesse d'utilisation de la solution technologique "Truck To Ship" découle non seulement de l'absence d'énormes investissements idiosyncrasiques pour la construction, mais aussi de la possibilité de placer le camion à côté du navire à propulsion GNL à approvisionner le long de différentes zones du quai, ou le long de différents quais ou zones du port, sauf si les procédures de sûreté prévues dans la zone portuaire spécifique l'exigent autrement. Cette caractéristique implique également la possibilité d'utiliser la même unité (pétrolier ou camion-citerne) sur différents terminaux et ports, d'où la possibilité de partager les coûts liés à la configuration du STT entre les différentes parties prenantes. Compte tenu des investissements d'infrastructure réduits qui caractérisent la préparation des opérations pour cette configuration, la solution TTS est considérée comme une option de soutage "test", c'est-à-dire qu'elle peut être mise en œuvre afin de vérifier l'éventuelle viabilité économique du terminal (ou d'autres parties prenantes désireuses de développer l'activité de ravitaillement en GNL dans le port), avant de procéder à des investissements d'infrastructure plus substantiels et moins réversibles, comme ceux concernant la mise en œuvre d'une configuration PTS ou STS.

D'autre part, en ce qui concerne les faiblesses de la configuration de type TTS, nous identifions tout d'abord la capacité réduite des réservoirs des camions et des camions-citernes (40-80 m³), d'où il découle que cette technologie ne peut être mise en œuvre que pour l'approvisionnement des navires à



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



propulsion GNL nécessitant des volumes de GNL allant jusqu'à 200-400 m³. Outre la capacité réduite des réservoirs des camions-citernes, un autre point critique de la configuration technologique de type TTS est le taux de transfert limité du GNL, qui est d'environ 40-60 m³/h. Cela entraîne de longs délais pour le ravitaillement en GNL et, par conséquent, une compétitivité réduite de cette configuration par rapport à d'autres types, en particulier en présence de navires à propulsion GNL à ravitailler avec des réservoirs de grande capacité⁴. Au contraire, en présence de navires qui ont besoin d'un faible ravitaillement en GNL (soit parce qu'ils sont équipés de petits réservoirs, soit parce qu'ils ont une faible consommation de carburant pour chaque voyage, par exemple parce qu'il s'agit d'unités ro-pax utilisées sur de courts trajets), les opérations de soutage s'avèrent efficaces même si elles utilisent un nombre limité de camions ou de camionnettes. Dans ces conditions, la gestion des opérations semble simple car non seulement les temps de ravitaillement en carburant sont réduits, mais aussi les éventuels problèmes liés à la sécurité à quai (puisque un seul camion/pétrolier y aurait accès).

En outre, le type soutage TTS de GNL peut comporter de multiples risques liés à la manipulation simultanée de marchandises/personnes effectuée en même temps que les activités de ravitaillement. Ceci est particulièrement pertinent lorsque le conducteur du camion ou du pétrolier ne fait pas partie du personnel affecté aux opérations dans les zones portuaires qui en ont la charge, et que par conséquent, n'appartenant pas à la catégorie du personnel spécialisé, il ne connaît pas les procédures, n'a les aptitudes et les compétences liées à l'exécution des tâches liées au ravitaillement du navire. Par conséquent, en ce qui concerne ce type de configuration technologique pour le soutage du GNL, l'ensemble des aspects procéduraux liés à l'existence de niveaux appropriés de sûreté et de sécurité pour toutes les activités menées revêt une importance considérable, en particulier lorsqu'il y a du personnel non spécialisé.

Une autre faiblesse des solutions technologiques de type TTS est le coût unitaire variable par m³ de GNL transféré, car il est fortement influencé par le coût du transport (qui inclut également les péages), car il peut souvent dépasser les bénéfices associés à la réduction de l'investissement initial nécessaire à moyen ou long terme et en fonction des volumes transportés. Afin de compenser ou de résoudre cette criticité, la capacité de chargement de chaque camion/autocar est souvent augmentée par l'ajout de remorques (en utilisant des solutions similaires aux multi-remorques) ou par l'utilisation de plusieurs camions-citernes reliés en même temps (soutage multi-camions à navires).

D'autres problèmes critiques liés à la configuration "Truck To Ship" sont liés à des événements tels que:

- rupture du réservoir cryogénique,
- l'allumage accidentel d'un feu ou l'explosion du GNL déversé,
- effet domino possible,
- l'augmentation de la congestion et du trafic routier (et tout accident et/ou interférence avec d'autres activités portuaires qui en résulte), etc.

Voici un résumé des forces et des faiblesses, des menaces et des opportunités mentionnées ci-dessus en ce qui concerne la configuration de la technologie de soutage de GNL Truck To Ship (Figure 12).

⁴En effet, dans le cas de grands navires méthaniers à réapprovisionner, il est nécessaire d'utiliser un grand nombre de camions/voitures effectuant plusieurs voyages : tout cela entraîne une augmentation des temps de soutage, une augmentation non négligeable de la complexité de la gestion des opérations elles-mêmes et des coûts logistiques d'approvisionnement et, en outre, une augmentation des risques techniques liés aux opérations sur le ou les quais concerné(s).

Figure 12. Analyse SWOT de la configuration TTS

| Strengths | Weaknesses |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flessibilità operativa e gestionale ▪ Basso costo degli investimenti e ridotti <i>sunk costs</i> ▪ Rifornamento navi anche in condizioni meteo avverse ▪ Offerta di bunkering rivolta prevalentemente a domanda spot | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ridotta capacità dei serbatoi ▪ Ridotta velocità del delle operazioni di bunkering ▪ Regolamenti sulla sicurezza specifici ▪ Necessità di utilizzare diverse unità per il rifornimento |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzo delle singole unità su diversi terminal/porti: ripartizione dei costi tra diversi stakeholder ▪ Soluzione idonea per testare il mercato del bunkering di GNL ▪ Configurazione utilizzata per favorire la transizione al GNL | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Distanza dagli impianti di stoccaggio e rifornimento di GNL ▪ Costi di carburante e pedaggi ▪ Congestionamento stradale nelle aree di accesso e limitrofe al porto ▪ Rallentamento delle operazioni di carico/scarico merci e persone |

Source: Nt. élaboration.

3.4.2. Configuration Ship to Ship (STS)

La configuration “Ship to Ship” (STS) implique l'utilisation de barges ou de petites unités de ravitaillement naval (également appelées barges ou Small Scale LNG Carriers) pour les opérations d'avitaillement menées à la fois en haute mer et dans les eaux du port. Les unités de ravitaillement navales, également appelées navire SSLNG, travaillent aux côtés des navires pour être ravitaillées et effectuent le transfert de GNL avec des tuyaux flexibles et des systèmes de pompage (Figure 13).

Figure 13. Approvisionnement en GNL selon la configuration STS



Source : https://www.trelleborg.com/en/marine-and-infrastructure/news--and--events/news/may2016_2

Surtout, en raison de la capacité des réservoirs des barges d'approvisionnement allant de 1 000 à 20 000 m³, la configuration technologique du type "Ship To Ship" permet de répondre aux besoins de volumes de GNL allant jusqu'à 10 000 m³, ce qui est considérablement plus élevé que celui des réservoirs dont sont équipés en moyenne les camions et camions-citernes utilisés dans la configuration de type "Truck To Ship".



En outre, ce type de configuration technologique permet de garantir non seulement l'approvisionnement des navires qui ne peuvent pas accoster dans certains ports avec des installations de stockage sur place (par exemple, ces installations de stockage présentent des caractéristiques d'éloignement en raison de l'absence d'installations spécifiques de soutage du GNL), mais aussi l'activité de soutage dans une installation de stockage côtière ou un terminal pour la livraison du GNL au navire à approvisionner.

La configuration de soutage STS permet une vitesse de transfert élevée du GNL entre les deux navires, jusqu'à 1 000 m³/h, d'où l'avantage économique et gestionnaire de la configuration Ship To Ship, notamment en cas de soutage de navires opérant sur de courtes distances et devant donc minimiser le temps passé dans l'infrastructure portuaire en relation avec les activités de soutage, de chargement/déchargement de marchandises, de passagers, etc.

Un autre avantage lié à la configuration en question est la possibilité d'effectuer des opérations de soutage sans utiliser et occuper les zones et espaces portuaires, puisque l'activité de soutage de la barge (ou du navire SSLNG) ou de la barge d'approvisionnement a normalement lieu dans un terminal ou une installation de stockage de GNL dans le port ou à proximité.

En ce qui concerne les différents types d'unités de ravitaillement, la présence de différents instruments peut être nécessaire pour soutenir l'activité de soutage du méthanier en utilisant la configuration technologique STS : en présence de barges, il est souvent essentiel de disposer de remorqueurs spéciaux pour remorquer ou pousser l'unité jusqu'à ce qu'elle soit placée à côté du méthanier à ravitailler ; dans le cas de l'utilisation de grands navires ravitailleurs en GNL, ceux-ci peuvent être équipés à bord de grues et/ou d'autres structures adaptées au levage des conduites d'alimentation en GNL.

Normalement, les opérations de soutage utilisant la configuration STS n'interfèrent pas avec le chargement/déchargement des marchandises ou des passagers, qui peut en fait être effectué simultanément avec la phase de ravitaillement en GNL, à partir du moment où le navire ravitaillé accoste d'un côté du quai et est ravitaillé de l'autre.

Outre ces avantages, la configuration Ship To Ship présente également certains problèmes critiques, parmi lesquels la nécessité d'importants investissements initiaux liés à la nécessité de navires/unités/barges de ravitaillement pour effectuer les activités de soutage. Outre les coûts d'acquisition des unités susmentionnées (10-15 millions d'euros pour les petites barges, jusqu'à 80 millions d'euros pour les micro-méthaniers plus grands), il existe également des coûts d'exploitation élevés qui proviennent de la logistique d'approvisionnement et de la gestion technique de l'engin (pensez, par exemple, au personnel hautement spécialisé et aux situations dans lesquelles le navire à ravitailler n'est pas situé à proximité du terminal portuaire ou de l'installation de stockage de GNL où la "barge" est approvisionnée).

Une autre criticité liée à la configuration STS est le risque de collision entre les unités impliquées dans les opérations de ravitaillement, en particulier dans les situations où les opérations sont effectuées en pleine mer. Ce risque augmente en cas d'implication de tiers éventuellement présents dans la zone, en présence de conditions météorologiques défavorables et en relation avec le fait que l'équipage impliqué doit simultanément gérer les opérations de navigation et de ravitaillement.

Lors de la phase d'avitaillement, dans la configuration de type Ship To Ship, il existe d'autres risques d'ordre technico-opérationnel, tels que:

- la tension exercée sur le tuyau d'avitaillement avec une éventuelle rupture consécutive du tuyau lui-même en raison de mouvements brusques du navire,
- la perte de GNL lors des phases de chargement / déchargement,
- l'augmentation du trafic maritime (et le brassage des flux de différents navires),

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- rupture du réservoir cryogénique,
- l'allumage d'incendies / explosions liées à la fuite accidentelle de GNL,
- Difficulté d'accès au site de l'accident par les équipes d'urgence impliquées.

Ci-dessous, nous résumons les forces et les faiblesses, les menaces et les opportunités mentionnées ci-dessus en référence à la configuration de la technologie de soutage de GNL Ship To Ship. (Figure 14).

Figure 14. Analyse SWOT de la configuration STS

| Strengths | Weaknesses |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevata capacità di stoccaggio delle unità navali impiegate per il rifornimento ▪ Velocità del rifornimento ▪ Flessibilità operativa: SIMOPS ▪ Assenza di impiego di spazi portuali | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forti investimenti iniziali ▪ Elevati costi di manutenzione |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riduzione esternalità negative per zone costiere e comunità locali (rifornimento <i>offshore</i>) ▪ Maggiore accessibilità al servizio ▪ Riduzione degli investimenti per impianti ed attrezzature in ambito portuale ▪ Riduzione delle inefficienze legate alle attività portuali | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Distanza dagli impianti di stoccaggio costieri ▪ Rischio connesso alle condizioni meteorologiche e collisioni (rifornimento <i>offshore</i>) ▪ Estensione del bacino portuale: rischio danni a terzi (per rifornimento all'interno del porto) |

Source: Ns. elaborazione.

3.4.3. Configuration Port to Ship, Terminal to Ship o via pipeline (PTS)

La configuration "Port to Ship" o "Terminal to Ship" o "Pipeline to Ship" (PTS) prévoit le ravitaillement du navire propulsé au GNL par des canalisations à partir d'une station de soutage de GNL à terre (sur un quai ou un quai spécialisé), où les navires, une fois amarrés, se ravitaillent (Figure 15).



Figure 15. Approvisionnement en GNL selon la configuration du STP.



Source: <https://www.unitest.pl/?p=3131>; <https://www.manntek.se/lng/applications/ship-to-shore>

La configuration actuelle prévoit que les opérations de soutage des navires à propulsion GNL sont effectuées au moyen de tuyaux spéciaux caractérisés par une rigidité dans la partie initiale et une flexibilité dans la partie finale (le tuyau de l'installation de ravitaillement) afin de garantir un niveau plus élevé d'adaptabilité et de conformité non seulement de la disposition mais aussi des systèmes et de l'instrumentation par rapport aux exigences opérationnelles requises par le navire à ravitailler.

La configuration PTS requiert la présence d'un réservoir de stockage de GNL à terre, qui est normalement alimenté par des pétroliers, ou des méthaniers ou des pipelines (par une installation de liquéfaction) s'il est situé dans un environnement marin et à proximité d'installations de stockage secondaires côtières. Ce réservoir a des caractéristiques différentes selon l'équipement qui l'alimente, les besoins de soutage, l'espace disponible sur le quai, les différentes possibilités d'approvisionnement, etc. Il peut être de petite taille et sous pression, s'il est alimenté par des trains, des camions-citernes, barges ou des usines de liquéfaction, ou de grande taille et à pression atmosphérique, si le GNL provient d'une usine de regazéification. Une fois la capacité des réservoirs décidée et sélectionnée, le choix du nombre de réservoirs dépend également d'autres paramètres tels que les limites techniques, les coûts, la flexibilité opérationnelle, la surface disponible, l'impact visuel, les extensions prévisibles, etc.

Comme l'indiquent plusieurs études (DNV, 2014), les unités navales propulsées au GNL qui doivent être ravitaillées peuvent soit accoster directement au quai où se trouve la station ou le système de ravitaillement, soit être reliées à des ponts flottants (directement reliés à la terre par des canalisations spéciales) où le carburant est stocké. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de disposer d'infrastructures spéciales capables de minimiser les mouvements de la plate-forme flottante, par exemple en raison du mouvement des vagues, qui est une cause fréquente de dommages aux équipements de ravitaillement en GNL.

La configuration technologique du type "Port To Ship" assure une grande flexibilité par rapport aux autres solutions de soutage, car elle n'est pas affectée par les variations du niveau de la mer : la différence de hauteur entre le navire de ravitaillement en GNL et l'installation est adaptée en permanence et reste donc pratiquement inchangée.

Cette solution de soutage se caractérise par la possibilité de fournir de grands volumes de GNL (jusqu'à 20 000 m³), grâce à la grande capacité de stockage de la station ou de l'installation de ravitaillement. Grâce à sa vitesse de distribution de carburant comprise entre 1 000 et 2 000 m³/h, la technologie PTS est très avantageuse par rapport aux autres, car elle permet de réduire considérablement les temps de ravitaillement. En outre, la station de ravitaillement en GNL à terre peut également servir de station-service pour d'autres véhicules fonctionnant au GNL (tiers ou intérieur), ce qui fait du terminal un nœud pour l'approvisionnement et la fourniture de GNL à usage maritime et terrestre.

Malgré les avantages mentionnés ci-dessus, la configuration via pipeline présente également des faiblesses importantes, notamment la flexibilité opérationnelle réduite par rapport à la solution STS, puisque l'unité propulsée par le GNL doit nécessairement atteindre le quai pour être ravitaillée (ce qui allonge la durée des opérations nautiques au quai et des manœuvres au port). En outre, pendant la phase de soutage, les opérations de chargement et de déchargement des marchandises, des conteneurs ou des personnes ne peuvent être effectuées, bien qu'en réalité, dans certains ports européens et mondiaux, des SIMOP soient disponibles.

Outre les problèmes critiques généralement associés à tout système de configuration de soutage (tels que la rupture du réservoir cryogénique et/ou de la tuyauterie, le déclenchement d'incendies ou d'explosions de GNL accidentellement déversé et tout effet domino, etc.), le système de soutage du PTS présente certains inconvénients spécifiques d'un point de vue technico-opérationnel mais aussi économique-managérial. Il s'agit notamment de la nécessité d'investissements importants pour le développement de toutes les infrastructures, équipements et matériels qui sont fondamentaux pour la bonne conduite des opérations : ces investissements sont configurés comme des coûts irrécupérables car ils sont impossibles à reconvertir en cas d'abandon de cette activité. L'investissement nécessaire à la mise en place de cette configuration est très variable en raison de la capacité de stockage installée et des superstructures préparées sur le quai, mais il nécessite généralement plusieurs dizaines de millions d'euros. Il existe également des règles très strictes en ce qui concerne la certification des équipements liés aux installations et la formation/gestion du personnel employé dans les différentes opérations de manutention du GNL.

En raison de l'infrastructure requise pour mettre en œuvre la configuration PTS, il s'agit d'une option pour les ports ayant une demande de GNL élevée et stable à long terme.

Ci-dessous, nous résumons les forces et les faiblesses, les menaces et les opportunités mentionnées ci-dessus en référence à la configuration de la technologie de soutage de GNL Port To Ship (Figure 16).



Figure 16. Analyse SWOT de la configuration PTS

| Strengths | Weaknesses |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevata capacità di stoccaggio ▪ Velocità del rifornimento | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forti investimenti iniziali ▪ Elevati costi di manutenzione ▪ Rigidità operativa ▪ Occupazione delle aree portuali |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riformimento costante e regolare per navi di linea ▪ Collegamento diretto con metanodotti ad impianti dell'entroterra (approvvigionamento rapido) ▪ Flessibilità dei volumi gestiti | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Esternalità negative sul territorio circostante ▪ Regolamenti fortemente restrittivi in tema di sicurezza ▪ Accessibilità del porto e del terminal |

Source: Nt. élaboration.

3.4.4. Configuration Mobile Fuel Tanks

La configuration technologique "Mobile Fuel Tank" prévoit l'utilisation de réservoirs de GNL mobiles qui peuvent être utilisés à la fois depuis le sol, pour être reliés au navire à ravitailler, et depuis le bord, en les chargeant directement sur l'unité propulsée par le GNL, puis en étant utilisés pendant la navigation comme réservoirs de GNL pour celle-ci. Il s'agit de réservoirs cryogéniques ou de conteneurs ISO à double paroi isolante ou à simple paroi en polyuréthane, utilisés comme stockage temporaire de carburant : lorsque la demande se présente, ces réservoirs sont transportés sur les quais du port pour ravitailler les navires.

La configuration mobile fuel tanks représente une solution polyvalente car elle a l'avantage d'être un dépôt mobile et transférable partout où il y a un besoin et une demande, malgré le risque de chute accidentelle des réservoirs eux-mêmes. Alors que les conteneurs ISO de 20 et 40 pieds sont dits "standard" et donc parmi les plus répandus sur le marché car intermodaux puisqu'ils peuvent être transportés par des camions, faire office de citernes, ou être placés sur des conteneurs ou des wagons plats, les conteneurs ISO de 53 pieds, n'ayant pas de taille standard, perdent l'avantage lié à la gestion de la logistique selon une logique intermodale par rapport au transport maritime, mais peuvent toujours être transportés au moyen de camions ou de wagons plats spécifiques. Il existe également des conteneurs ISO cryogéniques de plus de 53 pieds, qui ne peuvent être transportés par la route que dans des convois exceptionnels.



Figure 17. ISO-container cryogéniques.



Source: https://it.made-in-china.com/co_longtengindustrial/product_T75-Cryogenic-Liquid-Gas-LNG-Lo2-Ln2-20FT-ISO-Tank-Container_egsosuesy.html

Après le transfert à quai de ces conteneurs cryogéniques ISO (par des cargos ou par le transport terrestre, ou par des camions, ou par le transport ferroviaire, au moyen de convois spéciaux), ils sont chargés à bord du navire normalement au moyen d'une gestion typique des marchandises dangereuses, pour laquelle il existe des procédures et des règles spécifiques, ou par des grues ou d'autres systèmes de levage. Ces réservoirs sont ensuite placés à bord des navires à ravitailler, notamment sur le pont ou dans des zones de stockage, ce qui rend cette solution extrêmement avantageuse, surtout en présence d'un espace limité dans la zone des machines du navire, même si, dans le même temps, elle réduit l'espace disponible sur le pont.

La solution Mobile Fuel Tanks est extrêmement avantageuse, principalement en raison du faible investissement initial requis et de la réduction significative des temps de soutage, sans parler de l'extrême flexibilité d'un point de vue opérationnel, puisqu'elle favorise une plus grande capillarité du système de distribution et permet d'effectuer d'autres opérations en même temps que les opérations de ravitaillement (SIMOP). Cette configuration est donc particulièrement intéressante lorsqu'on utilise des porte-conteneurs ou des navires-grues : cela permet d'effectuer des activités de manutention de la cargaison en même temps que des opérations de soutage.

Parmi les inconvénients et les problèmes opérationnels critiques, la capacité réduite des réservoirs de carburant mobiles par rapport aux véritables réservoirs de GNL se retrouve surtout lors du ravitaillement des navires qui doivent stocker une grande quantité de réservoirs cryogéniques, soit parce qu'ils sont grands, soit parce qu'ils sont utilisés sur de très longs trajets. Il faut donc prévoir de grands espaces à bord du navire, ce qui réduit la capacité de stockage des marchandises commerciales. En outre, du point de vue de l'armateur / de la compagnie maritime, la solution des réservoirs de carburant mobiles implique une augmentation significative du risque de fuite de liquide à la température cryogénique et est donc extrêmement dangereuse car elle nécessite la répétition des activités de connexion et de déconnexion des réservoirs du réseau d'approvisionnement du navire.

Malgré les avantages susmentionnés de la configuration Mobile Fuel Tanks, cette dernière est, en raison des problèmes critiques qui viennent d'être décrits, peu répandue dans la pratique.

Voici un résumé des points forts et des points faibles, des menaces et des opportunités en ce qui concerne la configuration de la technologie de soutage du GNL Mobile Fuel Tank (Figure 18).



Figure 18. Analyse SWOT de la configuration Mobile Fuel Tanks

| Strengths | Weaknesses |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Flessibilità operativa ▪ Possibilità di movimentare il serbatoio all'interno dell'area portuale ▪ Possibilità di caricare direttamente l'ISO container a bordo nave ▪ Contenuti investimenti iniziali | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Limitata capacità dei serbatoi ▪ Limitata velocità di trasferimento del combustibile ▪ Necessità di connessione alla rete elettrica |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Scalabilità del sistema ▪ Possibilità di sopperire a domande spot ▪ Possibilità di effettuare SIMOPS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rischi connessi alla movimentazione del serbatoio in porto ▪ Definizione di aree di sosta per i mezzi di trasporto |

Source: Nt. élaboration.

3.4.5. Benchmarking et comparaison des configurations alternatives

À la suite des analyses effectuées pour chaque configuration, il est possible de dresser un tableau synoptique comparatif des différentes solutions technologiques de soutage du GNL dans le secteur maritime-portuaire, afin d'identifier les principaux avantages et les éventuels problèmes critiques qui caractérisent chacune des options ci-dessus d'un point de vue opérationnel, de gestion, économique-financier et environnemental.

À la lumière de l'analyse effectuée et des résultats résumés dans le Tableau 7, il est clair que le choix de la configuration technologique la plus appropriée pour répondre aux besoins spécifiques des ports de la zone cible dépend fortement d'une multiplicité d'éléments relatifs aux facteurs endogènes de la technologie et aux facteurs exogènes liés au contexte dans lequel le port s'inscrit. En fait, en confirmation des considérations faites précédemment, on peut constater qu'à mesure que la capacité des réservoirs des différents navires augmente, les solutions technologiques de soutage de type Ship To Ship et Port To Ship sont nécessairement préférées, au détriment de la configuration Truck To Ship, qui est privilégiée, en raison de la capacité réduite de stockage de GNL des pétroliers et des camions-citernes utilisés pour les activités de soutage, pour le ravitaillement des petits navires à capacité de réservoir limitée (moins de 500 m³), tels que les navires de service et les petites unités Ro-Ro.



Tableau 7. Benchmarking et comparaison des configurations des technologies de soutage du GNL.

| | Configurazione Truck to Ship [TTS] | Configurazione Ship to Ship [STS] | Configurazione Port o Terminal to Ship [PTS] | Configurazione Mobile fuel tanks |
|--|--|--|---|---|
| <i>Volumi di GNL</i> | Inferiori a 200 m ³ | Compresi tra 1.000 e 10.000 m ³ | Nessun limite in termini di volumi | Compresi tra 20 e 50 m ³ per unità |
| <i>Velocità delle operazioni di bunkering</i> | Bassa | Media | Alta | Medio-Alta |
| <i>Portata caratteristica di trasferimento</i> | 50 m ³ /h | 1000 m ³ /h | 2000 m ³ /h | 50 m ³ /h |
| <i>Vantaggi</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Elevata flessibilità operativa; - Assenza di investimenti infrastrutturali; - Basso investimento iniziale; - Reversibilità | <ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di effettuare SIMOPs (turn-around times ridotti); - Assenza di impiego di spazi portuali dedicati; - Flessibilità nella localizzazione e nei volumi. | <ul style="list-style-type: none"> - Tempistiche di bunkering molto contenute; - Flessibilità nei volumi gestiti; - Modularità nella definizione della capacità complessiva della stazione di bunkering | <ul style="list-style-type: none"> - Semplicità distributiva; - Assenza di investimenti infrastrutturali dedicati; - Basso investimento iniziale; - Le navi non devono navigare sino a una specifica localizzazione nel porto. |
| <i>Svantaggi</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Velocità e portata del rifornimento molto limitate; | <ul style="list-style-type: none"> - Elevati investimenti in navi e chiatte per il rifornimento; | <ul style="list-style-type: none"> - Obbligo per le navi di raggiungere una | <ul style="list-style-type: none"> - Ridotta capacità di stoccaggio per singolo tank; |
| | <ul style="list-style-type: none"> - Capacità di stoccaggio contenuta; - Rischi connessi all'assenza di personale tecnico specializzato; - Elevati costi di trasporto per m³ di GNL; - Presenza di truck in banchina con conseguente incremento dei rischi per le persone e le merci. | <ul style="list-style-type: none"> - Costi operativi superiori a altre soluzioni tecniche; - Aumento del rischio connesso a collisioni tra navi e incidenti; - Maggiore complessità nella gestione delle operazioni di bunkering. | <ul style="list-style-type: none"> - specifica location nel porto; - Impossibilità di svolgere SIMOPs (allungamento delle tempistiche di turn-around); - Elevati investimenti in dotazioni infrastrutturali e attrezzature; - Occupazione di ampi spazi portuali. | <ul style="list-style-type: none"> - Riduzione della capacità di carico a uso commerciale della nave rifornita; - Maggiore pericolosità delle operazioni connesse al sollevamento del serbatoio; - Necessità di avere gru di carico (in banchina o in dotazione alla nave da rifornire). |
| <i>Applicazioni in ambito portuale</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Localizzazioni contraddistinte da bassa frequenza di bunkering di GNL; - Start up delle attività di bunkering di GNL; - Porti con molteplici terminal che richiedano l'assegnazione di aree per il bunkering; - Porti non serviti dalla rete di rifornimento. | <ul style="list-style-type: none"> - Porti con traffico misto (inland e seagoing ships); - Porti caratterizzati da ampi specchi acquei; - Porti non particolarmente soggetti a condizioni meteo avverse | <ul style="list-style-type: none"> - Porti di medie o grandi dimensioni; - Porti caratterizzati da elevata frequenza di operazioni di bunkering di GNL; - Porti caratterizzati da domanda di GNL stabile o facilmente prevedibile. | <ul style="list-style-type: none"> - Start up delle attività di bunkering di GNL; - Porti ove transitano numerose portacontainer. |

Source: Nt. élaboration.

3.5. Application de l'analyse SWOT à des business cases spécifiques.

La méthodologie proposée et les cadres synoptiques nécessaires proposés en ce qui concerne spécifiquement l'avitaillement en GNL dans le contexte maritime portuaire peuvent être utilement

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



utilisés par les différents acteurs publics et décideurs impliqués dans les processus de planification et de programmation des investissements liés à l'avitaillement et aux installations de stockage de GNL dans les ports de la zone de programme lors des phases d'évaluation préliminaire des options technologiques concrètes potentiellement applicables au contexte portuaire spécifique évalué. En outre, les résultats des activités de recherche menées, compte tenu du format "agile" et "intelligent" qui les distingue, favorisent la diffusion des connaissances sur le phénomène étudié également auprès de publics non techniques intéressés par le sujet.

En référence à la réalité portuaire de Gênes et de Savone, l'AdSP de la mer de Ligurie occidentale a commencé à évaluer la faisabilité de certaines solutions technologiques pour assurer l'installation de systèmes de soutage naval dans l'un de ses ports d'escale ; en conséquence, deux solutions semblent être réalisables à ce jour : "Ship to Ship" et installation de GNL sur une barge flottante amarrée dans le port.

Des considérations similaires peuvent être faites en ce qui concerne le contexte de l'AdSP de la mer de Ligurie orientale où, en octobre 2020, le premier ravitaillement en GNL sera effectué sur le navire Costa Smeralda (Costa Cruises) dans le port de La Spezia et prévoira la possibilité d'un ravitaillement "ship to ship". Cette option technologique avait en effet été identifiée à travers l'analyse SWOT menée par l'équipe UNIGE-CIELI au sein du projet TDI RETE-GNL comme la plus appropriée pour les zones du port de La Spezia considérées (en fait, les restrictions importantes que le le trafic portuaire devra respecter pour respecter la sécurité, ainsi que les conditions météorologiques maritimes nécessaires).

En conclusion, l'application et la diffusion de cette approche méthodologique pour l'évaluation préliminaire des options qui peuvent être concrètement adoptées dans chaque réalité portuaire spécifique de la zone cible, représente un soutien valable au processus décisionnel qui caractérise deux types de groupes cibles du projet TDI RETE-GNL, à savoir les organismes publics (régions, municipalités, villes métropolitaines, VVFF, bureaux portuaires) et les organismes de droit public (AdSP et autorité portuaire). En effet, compte tenu de l'importance du sujet, la Région Ligurie a organisé une journée de formation à son siège le 15/11/2019.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

4. FICHE DE SYNTHÈSE DU PRODUIT T1.1.3 "MEILLEURES PRATIQUES CONCERNANT LES PROCEDURES DE SOUTAGE ET DE STOCKAGE DU GNL DANS LES PORTS".

Les rapports réalisés dans le cadre du produit T1.1.3 "Bonnes pratiques sur les procédures de soutage et de stockage du GNL dans les ports" ont été réalisés par le CF UNIGE-CIELI, partenaire P2 UNIPI, partenaire P3 UNICA-CIREM, partenaire P4 OTC et partenaire P5 CCIV, selon la répartition des tâches prévue dans le formulaire. Les partenaires P4 et P5 ont également fait appel aux consultants externes Elengy, Tractebel, Gazocean et SeeUp, tandis que le CF ont également fait appel au soutien externe de AMP Solutions Srl. Les documents complets produits sont disponibles sur le portail du programme maritime Interreg (<https://web.regione.toscana.it/marittimo>).



4.1. Finalités du produit T1.1.3

Le produit T1.1.3 "Meilleures pratiques liées aux procédures de soutage et de stockage du GNL dans les ports" prévoit la production d'un rapport de synthèse sur les meilleures pratiques liées aux procédures de soutage et de stockage dans les installations de GNL, qui pourrait être utilisé dans les ports de la zone Cible (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse et Région PACA), en raison des caractéristiques morphologiques, techniques et de localisation spécifiques des sites en question, en tenant compte des différentes options technologiques pour le soutage du GNL dans l'environnement maritime portuaire.

Pour la réalisation du produit, le Chef de file UNIGE-CIELI a défini un modèle conceptuel à adopter afin de créer des fiches de synthèse homogènes pour approfondir les principales bonnes pratiques en matière de gestion des opérations de soutage et des procédures connexes en référence aux ports inclus dans le formulaire. La mise en œuvre des activités de recherche en question n'a pas été facile en raison du manque d'études de cas empiriques déjà en place dans les ports de la région. Le modèle conceptuel relatif à la fiche de synthèse en question a ensuite été validé par les partenaires qui, chacun pour les ports de leur propre compétence géographique, ont procédé à la collecte des données et à l'étude des cas.

La fiche de synthèse en question comporte plusieurs sections fonctionnelles pour la collecte de données et d'informations de différentes natures. En plus des informations concernant le domaine d'intérêt, l'auteur du formulaire et le port/Business case, le format choisi permet de synthétiser de nombreuses informations sur :

- ✓ l'évaluation de la méthode/la solution technologique la plus appropriée pour le soutage du GNL dans le cas présent ;
- ✓ indication de la capacité de stockage ;
- ✓ description des opérations de soutage prévues ;
- ✓ le statut d'autorisation de l'installation ;
- ✓ indications sur les opérations d'urgence et les procédures de sécurité ;

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- ✓ tout plan de formation du personnel envisagé en relation avec l'installation en question;
- ✓ la nature et les caractéristiques des systèmes de surveillance des installations et des opérations de soutage du GNL dans le cas en question.

En détail, les contributions préparées par les partenaires sont les suivantes :

- Business case lié au port de Livourne réalisé par le partenaire P2 DESTEC-UNIPI ; cette contribution a permis d'étudier avec un intérêt particulier les aspects du type d'autorisation concernant les conditions de l'usine.
- Business case relatif au port de Cagliari (projet de terminal GNL ISGAS dans le port du canal de Cagliari) et business case Porto di Oristano (usine de stockage, regazéification et distribution de GNL proposée par IVI Petrolifera dans le port d'Oristano - Santa Giusta) réalisés par le partenaire P3 UNICA-CIREM ; ces contributions ont mis en évidence en détail la configuration, le fonctionnement et la procédure d'autorisation des deux usines en question.
- Business case relatifs au port de Gênes (bassin portuaire de Sampierdarena - Calata Oli Mineralquay) et au port de Vado Ligure (Dépôt en tête de plate-forme) réalisés par le CF UNIGE-CIELI ; ces contributions ont analysé certaines des principales hypothèses de localisation pour la préparation des installations de stockage et de soutage de GNL en relation avec les ports de la mer Ligurienne occidentale AdSP.
- Business cases liés aux ports de Corse ; le partenaire P4 OTC, compte tenu de l'essence des projets axés à ce jour sur la construction éventuelle d'une installation de soutage et de stockage de GNL dans les ports de Corse, a confié au consultant externe SeeUp l'élaboration d'une étude ad hoc sur les meilleures pratiques liées au soutage et au stockage en général et en particulier aux ports de Corse avec la présentation d'une journée de démonstration. Le rapport dans sa version complète est joint à ce produit en tant qu'"ANNEXE II".
- Business case relatif au port de Toulon réalisé par Partner P5 CCIvar ; cette contribution a permis de décrire l'état de l'art du GNL dans le port en question ; Partner P5 CCIvar a également confié au consultant externe Gazocéan une étude visant à considérer les meilleures pratiques en matière de procédures avec une attention particulière à l'analyse et à la gestion des risques. Le rapport dans sa version complète est joint à ce produit en tant qu'"ANNEXE I".

Afin de donner un aperçu du produit, c'est-à-dire des principales meilleures pratiques liées aux procédures de soutage et de stockage et des différentes options technologiques qui en résultent dans les usines de GNL utilisées ou supposées dans les ports de la zone cible du projet, les aspects les plus importants de chaque business case créé par les partenaires du projet sont présentés ci-dessous, résumés schématiquement dans le tableau synoptique ci-dessous et les contributions présentées par chaque partenaire sont ensuite rapportées dans leur intégralité.

Tabella 8. Tabella sinottica best practices di ogni business case

| <i>Business cases</i> | <i>Zone cible</i> | <i>solution de soutage adaptée</i> | <i>Capacité de stockage</i> | <i>Procédures de sécurité</i> | <i>Plans de formation</i> | <i>Systèmes de suivi</i> |
|---|-------------------|---|---|--|--|---|
| Port de Livourne | Toscane | n.a. | 5.000m ³ | Rapport préliminaire de sécurité et projet de lutte contre l'incendie livré. | Formation du personnel de quai. | n.a. |
| Port de Cagliari (projet de terminal GNL ISGAS dans le port du canal de Cagliari) | Sardaigne | Ship-to-Ship; Truck-to-Ship, Port-to-Ship | 22.078m ³ | Système de collecte d'éventuels déversements de GNL ; zones permettant l'écoulement de liquides ; la présence de sources de risque mobiles dans le dépôt est interdite. | Information, formation et éducation appropriées en matière de sécurité et de prévention des accidents pour les employés et le personnel externe travaillant dans le terminal et pour les visiteurs. | Système de contrôle distribué (DCS) ; système d'urgence (ESD) ; système de contrôle. |
| Port d'Oristano (usine de stockage, de regazéification et de distribution de GNL IVI Petrolifera-Santa Giusta) | Sardaigne | Ship-to-Ship | 880.000m ³ | Politique de prévention des accidents majeurs (PPAM) ; organisation d'un système de Gestion de la Sécurité. | Cours destinés aux cadres (pour le développement de la capacité de gestion, les aspects technico-managériaux, la sécurité et la protection de l'environnement) et aux travailleurs (théoriques-pratiques). | Surveillance des composantes environnementales telles que l'atmosphère, le bruit et les eaux de surface de la mer et des eaux souterraines. |
| Port de Gênes (bassin du port de Sampierdarena - quai minéralier de Calata Oli) | Ligurie | Truck-to-Ship; Port-to-Ship | 20.000m ³ + 100m ³ supplémentaire | n.a. | n.a. | n.a. |
| Port de Vado Ligure (Dépôt dans l'en-tête de la plate-forme) | Ligurie | Port-to-Ship | 10.400m ³ + 5.000m ³ | n.a. | n.a. | n.a. |
| Ports de Corse | Corse | Mobile Fuel Tank | n.a. | Évaluation des risques potentiels ; définition d'une zone de sécurité autour des installations de soutage avec des limites d'entrée. | Les rôles, les responsabilités et le parcours de formation changent en fonction des acteurs. | Personne responsable (PR) désignée pour superviser l'opération de soutage et contrôler la zone. |
| Ports de Toulon | Région PACA | Truck-to-Ship; barge flottante | n.a. | Les opérateurs portuaires sont soumis à des règles de conduite, des restrictions et des interdictions strictes en raison de la nature du GNL (marchandises dangereuses). | n.a. | n.a. |

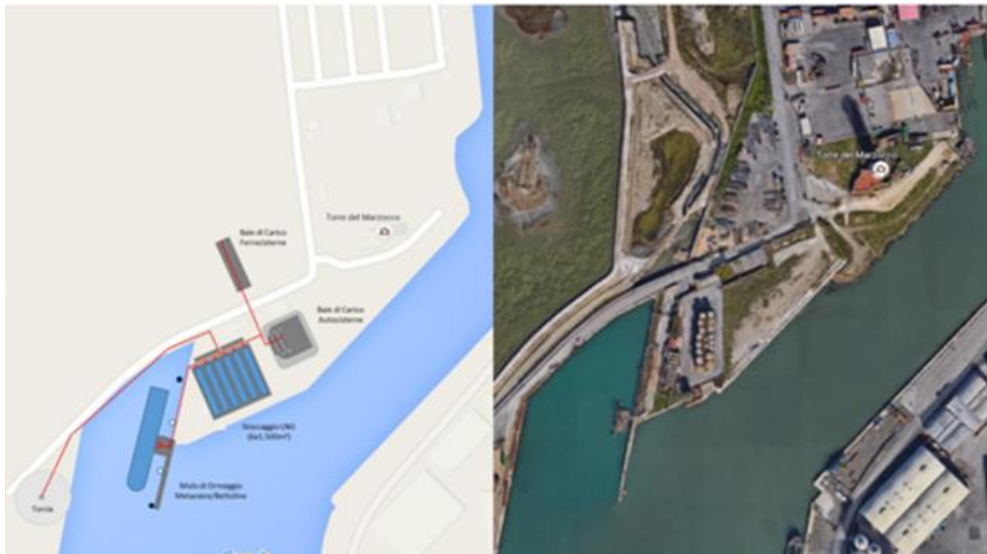
4.2. Business Cases de Livourne

Zone d'intérêt: Toscane.

Auteur : Université de Pise – DESTEC.

Port/Business case : Port de Livourne.

Photo / Rendu des zones de soutage et de stockage de GNL



Évaluation de la méthode / solution technologique la plus appropriée pour l'avitaillement.

La société "Livorno LNG Terminal Spa" (LLT), créée le 21 février 2018 en tant qu'entreprise commune à parts égales entre Costiero Gas Livorno SpA (CGL) et NVI (spécifiquement créée entre Neri Depositi Costieri SpA et Società Italiana Gas Liquidi SpA).), a parmi ses objectifs la conception, la construction, l'entretien et la gestion d'un terminal pour le stockage et l'entrepôt (tant côtier qu'intérieur) ainsi que pour la manutention du gaz naturel liquéfié et des produits dérivés et connexes de nature gazeuse, tant par voie terrestre que maritime, grâce à la gestion de quais dédiés qui permettent l'amarrage, le déchargement et le chargement des navires pour le transport de GNL. L'autorité portuaire présente publiquement au MIT son "Projet stratégique GNL dans le port et le cluster industriel de Livourne" 2015/02/26 évaluant différents sites pour allouer une petite échelle de GNL. La zone qui correspond à toutes les exigences est celle en concession à Neri Depositi Costieri décrite ci-dessous.

Détermination de la capacité de stockage.

La centrale aura une capacité de 5 000 mètres cubes (9 000 mètres cubes initialement prévus) de stockage de GNL et sera composée de 4 réservoirs horizontaux de 1 250 mètres cubes pour un débit annuel de 150 000 tonnes ; la centrale sera équipée de 4 auvents de chargement capables d'alimenter 20 à 25 navires-citernes par jour.

Définition des opérations de soutage.

L'usine sera alimentée par des navires d'une taille comprise entre 3 000 et 7 500 mètres cubes.

Détermination des autorisations pour les composants de l'usine.

- 26/02/2015 L'autorité portuaire présente publiquement au MIT son "Projet stratégique GNL dans le cluster portuaire et industriel de Livourne" évaluant différents sites pour allouer une



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



petite échelle de GNL. La zone qui correspond à toutes les exigences est celle en concession à Neri Depositi Costieri décrite ci-dessous.

- 2015/01/01 prend effet le renouvellement à Neri Depositi Costieri d'une licence de 8.690 mètres carrés sur lesquels sont placés des réservoirs pour le stockage du latex de caoutchouc. La licence n. 64 expirera le 31.12.1018. Une zone adjacente de 3 900 mètres carrés est utilisée comme zone de chantier par l'autorité portuaire et devrait être rendue à la fin des travaux de docking.
- 2016/02/15 Neri Depositi Costieri soumet une demande d'avis préalable sur la compatibilité du projet avec le plan directeur du port, joint l'étude préliminaire de faisabilité en se réservant le droit, en cas d'avis positif, de produire la documentation technique.
- 2016/03/03 l'Autorité Portuaire communique - Prot. 2235 PEC - que la Commission Technique d'Evaluation prévue par l'art. 33 du Règlement d'utilisation des zones d'état marin a exprimé un avis de conformité aux prévisions du Plan Directeur du Port.
- 2016/12/30 NDC rappelant l'avis de la Commission Technique d'Evaluation demande d'avances (Protocole Général TXT de l'AP) pour le renouvellement anticipé de la concession qui a expiré le 31.12.2018 intégrant la finalité "historique" avec la fourniture d'un GNL à petite échelle.
- 2017/01/31 L'U.G. publie le décret législatif n° 257, qui réglemente la mise en œuvre de la directive européenne en prévoyant que les concessions accordées dans le cadre des autorisations pour les installations et les infrastructures énergétiques stratégiques (telles que le GNL) doivent être "d'une durée minimale de dix ans".
- 2017/03/16 NDC, faisant référence à la législation susmentionnée, soumet une demande, complétant la précédente, avec une demande de concession de dix ans.
- 2017/04/13 avec le Prot. 3076 PEC l'AP prévoit que les aspects de concession de la demande soumise par NDC sont soumis, en vertu du Décret législatif 257, à l'autorisation à délivrer lors d'une conférence de services convoquée par le MISE.
- Le projet 2017/10/11- 11 est soumis en premier lieu à la MISE où il reçoit un avis préliminaire favorable des fonctionnaires de la (Division V - Marchés et infrastructures de transport et de fourniture de gaz naturel).
- 2017/12/6 NDC, dans l'attente de la procédure engagée auprès du ministère compétent, soumet, par le biais du Mod.02, une demande de renouvellement de la licence 64/2015 pour une période de 48 mois.
- 2018/02/21 est constitué L.L.T. Spa Livorno Terminal GNL Spa entre Costiero Gas (Eni/Liquigas) et NVI (Neri Vulcangas).
- 2018/03/8 Avis favorable de la Surintendance archéologique des arts et du paysage de Pise et Livourne sur l'impact sur le paysage.
- 2018/08/2 Réunion au MATTM pour la définition du processus d'autorisation et l'applicabilité de la procédure d'EIE aux fins de la délivrance de l'autorisation unique par le MISE
- 2018/10/23 LLT achève la sélection des sociétés d'ingénierie qui seront invitées à soumissionner pour l'ingénierie de détail et la construction du dépôt.
- 2018/10/22 La société Chart Ferox achève l'ingénierie de base/FEED pour préparer le rapport de sécurité aux fins de Seveso III et pour demander des offres aux entreprises invitées à soumissionner pour la construction.
- 2018/11/9 l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord communique, avec le Prot. 0020725 PEC qu'elle pourra donner suite à la demande de renouvellement pour 48 mois seulement en tant que dépôt de latex sans connaître l'état de la procédure ministérielle.
- 2019/05/13 avec le Prot. 0015735 PEC l'Autorité communique qu'avec la mesure n. 38/2019 la concession expirée le 31.12.2018 a été renouvelée pour 48 mois et donc jusqu'au 31.12.2022.

TDI RETE-GNL

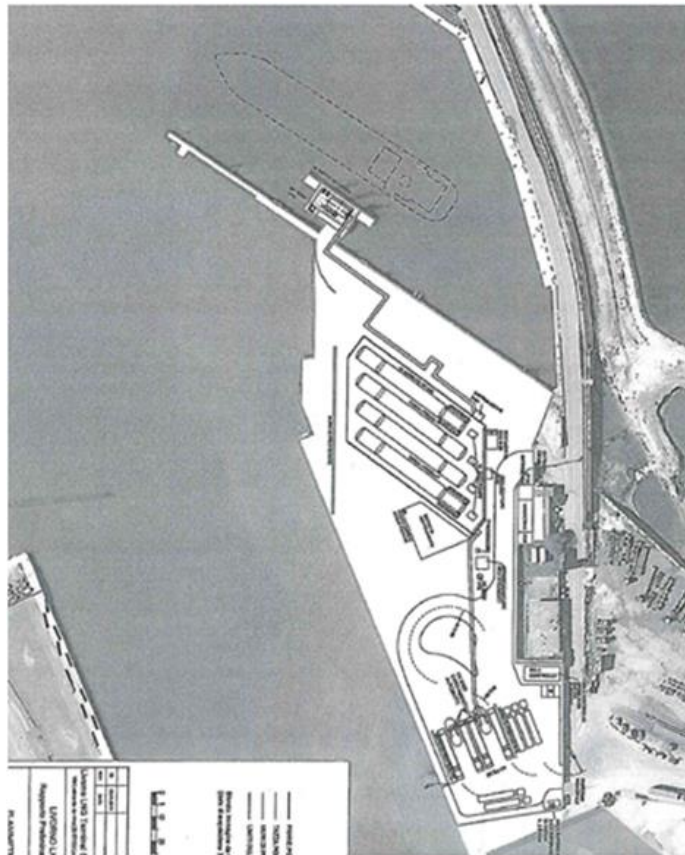
Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- 2019/06/13 le CTR Toscana nomme le groupe de travail chargé de instruire le dossier pour l'émission de l'autorisation de la Faisabilité pour la construction du Dépôt et de suivre l'avis favorable sur le projet de lutte contre l'incendie.

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

La documentation qui existe actuellement n'est pas dans le domaine public.

- 2018/12/20 LLT attribue à Eidos le contrat pour l'étude des aspects de sécurité pour les obligations de la législation Seveso III
- 2019/04/16 Rapport de sécurité préliminaire pour la demande d'autorisation de faisabilité Seveso III déposée auprès de CTR Toscana.
- 2019/04/16 A livré le projet de lutte contre les incendies, inclus dans le rapport préliminaire de sécurité, pour l'évaluation du projet aux fins du décret présidentiel 151/2011 au commandement régional du VVF Toscane (et ensuite au VVF Livourne).



Plans de formation du personnel.

Certaines activités de l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne septentrionale (par exemple le projet Interreg GNL-Facile au titre de l'avis II, actuellement en cours) prévoient également la formation du personnel portuaire.

Surveillance du système et des installations de GNL.

Informations non disponibles.

4.3. Business Case Port de Cagliari

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Zone d'intérêt: Sardaigne.

Auteur: Unica- CIIREM

Port/Business case : Port de Cagliari, projet de terminal GNL ISGAS dans le port de Cagliari

Photo/Rendu des zones de soutage et de stockage du GNL



Photo/Rendu des zones de soutage et de stockage du GNL Porto Canale di Cagliari



Évaluation de la méthode/technologie de soutage la plus appropriée.

L'infrastructure du terminal GNL proposé dans le port du canal de Cagliari a été conçue pour créer un "point de soutage" efficace (Ship to Ship STS, Truck to Ship TTS, ou Pipe to Ship PTS) en Méditerranée. Étant donné qu'il n'existe pas de modalité de soutage unique capable de satisfaire tous les besoins des acteurs portuaires, le projet de terminal du port du canal de Cagliari a été conçu pour pouvoir fournir les trois types de services de soutage mentionnés ci-dessus. Toutefois, il convient de souligner que les services les plus efficaces et les plus demandés seront ceux qui adopteront le transfert de GNL via :

- TTS : système considéré comme le plus approprié pour approvisionner les navires avec de petits réservoirs (par exemple, les remorqueurs) et comme une solution temporaire pour assurer le soutage en l'absence d'infrastructures dédiées (par exemple, le ravitaillement des ferries).
- PTS : système jugé plus approprié pour répondre aux besoins de ravitaillement des grands réservoirs grâce à des partenariats avec les exploitants de navires.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Afin de garantir des conditions adéquates pour le transit et la manœuvre des transporteurs de gaz dans le port du canal de Cagliari, un contrôle a été effectué sur l'espace et les profondeurs disponibles dans le port lui-même, tant le long de la voie d'accès que dans la zone d'évolution. Les éléments suivants ont été examinés :

- Caractéristiques des fonds marins, avec référence expresse à leur profondeur ;
- Voies d'accès et canaux de manœuvre, avec référence expresse aux dimensions des canaux le long des voies d'accès et de sortie ;
- Zones d'évolution : amplitude, avec référence expresse à la taille du cercle d'évolution ;
- Scénarios de passage des navires, en référence au passage des navires devant le quai où sont positionnés les méthaniers.
- Scénario de risque hypothétique et improbable (Flash Fire), dû à la libération de GNL suite à la rupture du bras de chargement du méthanier amarré au quai prévu.

Les navires de référence pour lesquels les calculs pertinents ont été effectués ont un tirant d'eau variant selon les conditions de chargement de 3,3 m à 3,6 m. Les transporteurs de GNL ont un tirant d'eau maximal inférieur à 8,6 m, dans les conditions les plus défavorables de pleine charge et compte tenu des conditions de marée les plus défavorables. Le chenal d'accès au port doit avoir une profondeur supérieure à 16 m.

Compte tenu de la différence entre la profondeur du chenal d'accès (>16 m) et le tirant d'eau des navires à pleine charge et dans des conditions de marée, il n'y a pas de problèmes de tirant d'eau le long du chenal d'accès (même dans des conditions locales de vagues internes).

La largeur minimale requise pour le transit des transporteurs de gaz le long du canal d'accès, selon les lignes directrices SIGTTO⁵, est d'environ 5 fois la largeur du navire en transit.

Le plus large des navires de référence est le Coral Energy, qui a une capacité de 15.600 m³ et une largeur d'environ 25 m. La largeur minimale requise pour le transit est donc de 125 m. Le chenal d'accès au port a une taille d'environ 300 m et est donc compatible avec la largeur minimale indiquée ci-dessus. En ce qui concerne la zone d'évolution, la vérification des espaces nécessaires pour permettre la manoeuvrabilité des transporteurs de gaz dans le port a été effectuée en référence aux lignes directrices SIGTTO, qui définissent que le diamètre minimum du cercle d'évolution doit être environ 2 à 3 fois la largeur du navire. La vérification est positive car:

- La largeur maximale du navire de conception est de 22,7 m ;
- Le diamètre minimal du cercle d'évolution est d'environ 70 m (plus de 3 fois la largeur maximale du navire de conception), tandis que le diamètre de la zone d'évolution du port du canal dépasse 500 m, ce qui est compatible avec les caractéristiques du port.

Détermination de la capacité de stockage.

Le volume total des 18 réservoirs est de 22 068 m³. Le terminal a été conçu et dimensionné en tenant compte des aspects suivants:

- l'accostage des méthaniers jusqu'à une capacité maximale de 15 000 m³ (7 500 m³ pour le premier lot fonctionnel) ;

⁵ Society of International Gas Tanker and Terminal Operators.

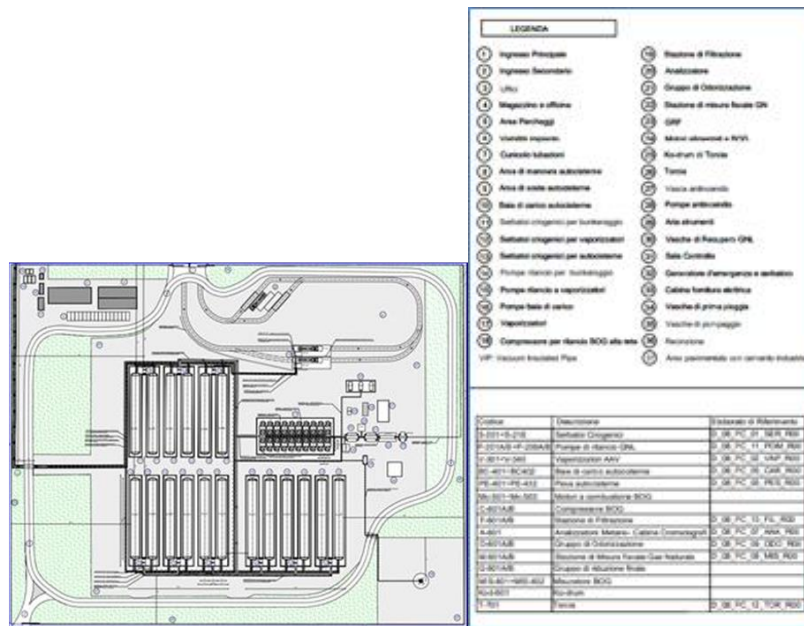


- une capacité de stockage utile dans des réservoirs fixes d'environ 22 000 m³ de GNL (1226 m³ par réservoir, 18 réservoirs au total) ;
- approvisionnement minimum estimé à 360 000 m³/an de GNL (2 charges mensuelles de 15 000 m³) ;
- Le GNL transféré par camions-citernes/barges équivaut à 120 000 m³/an ;
- Le GNL regazéifié et envoyé sur le réseau équivaut à 240 000 m³/an ;
- une capacité de regazéification de 832 millions de m³/an.

Définition des opérations de soutage.

Le chargement du GNL sur les navires est rendu possible par le fonctionnement de deux pompes de surpression reliées aux réservoirs. Les pompes de surpression de GNL tirent le GNL des réservoirs par des tuyaux de 6" pour le suralimenter à la pression appropriée dans le collecteur principal de 6" situé à la sortie des réservoirs et pendant le fonctionnement normal. Les pompes envoient le GNL au quai et par le bras de chargement, en utilisant la même ligne de déchargement que les navires mais dans le sens opposé, elles se ravitaillent. Les pompes doivent être installées à côté des réservoirs et doivent être couplées à un fonctionnement alternatif. Les mêmes pompes, avec la configuration appropriée, permettent de recirculer le GNL vers le quai pour refroidir la tuyauterie de déchargement.

Schéma des composants du système ISGAS



Les pompes sont dimensionnées en configuration alternée sur la capacité maximale d'alimentation des bateaux de l'ordre de 250 m³/h à une pression maximale de 5 bars.

Les navires peuvent être chargés à l'aide du collecteur de 12" à quai, qui est réduit à 10" dans le bras de chargement ou, en alternative, à partir de la conduite de GNL de 8" - qui va de l'usine au quai et qui se jette ensuite dans le collecteur et le bras. Cette ligne est conçue pour les opérations de refroidissement des conduites principales, en plus de la ligne BOG pour l'équilibrage de la pression.

Le flux de transfert est régulé par deux vannes dont le débit de travail est fixé par l'opérateur dans la salle de contrôle en fonction des caractéristiques de la cuve lors du chargement et des conditions dans lesquelles le transfert a lieu. Dans cette phase, il est également possible de procéder au chargement

simultané des navires-citernes alors qu'il ne sera pas possible de procéder à la recirculation et au refroidissement des lignes de transfert. Le BOG sera géré dans l'ordre de priorité suivant :

- La relance du réseau de transport urbain / pipeline
- Alimenter les générateurs électriques du système
- Maintien de la pression maximale définie pour les navires en cours de rechargement
- Exécution des procédures de refroidissement et/ou de variation de la pression de travail.

Détermination des autorisations pour les composants du système (réservoirs, station de soutage, manutention des vannes, etc.).

Il n'y a pas d'informations sur ces parties du projet.

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Le Projet du terminal a été conçu pour minimiser la possibilité de déversement ou de fuite accidentels de GNL. Le système de collecte des déversements de GNL est conçu pour recueillir et contenir tout déversement autour et en dessous des réservoirs, des vannes, des conduites et des équipements. Le GNL étant un fluide cryogénique, cette particularité signifie qu'en cas de fuite, même d'une certaine ampleur, il se vaporise instantanément, formant principalement des nuages de gaz inflammables ou des jets. Les éventuelles flaques de GNL formées par les rejets seraient donc de taille très limitée. Les zones du terminal seront pavées et construites de manière à permettre l'écoulement des liquides (par exemple, l'eau de pluie) vers des canaux qui se déverseront dans un réservoir de collecte.

Aucune source mobile de risque n'est normalement censée être présente dans le dépôt. Tout accès à des moyens mobiles tels que des équipements de levage pour des opérations de maintenance sera contrôlé et surveillé par le personnel de l'usine. Afin d'éviter les dommages dus à des chutes d'objets ou à des collisions qui pourraient entraîner la perte de GNL, des précautions appropriées sont prises pour l'entretien et l'installation des équipements et des conduites. Le travail autour de l'équipement sera soumis à une évaluation des risques, mais en général, les opérations de levage avec des moyens mobiles à proximité de l'équipement ne seront pas autorisées. Seules les personnes autorisées auront accès au terminal. La limite du dépôt sera délimitée par une clôture de hauteur et de résistance appropriées, et sera surveillée par des outils de sécurité tels que des caméras de sécurité en circuit fermé, etc. Au terminal, il y aura un service de garde 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. La zone des quais se trouve dans une zone portuaire non publique, c'est-à-dire interdite aux personnes non autorisées. Toutes les opérations de chargement et de déchargement, etc., seront dûment supervisées par le personnel responsable.

Pendant les périodes où aucune opération de chargement et de déchargement des navires ou des réfectories ne sera effectuée, les bras de chargement "au repos" et complètement vidés, seront délimités par une clôture avec un mur solide et un grillage. Cela garantira une protection contre les impacts accidentels et tout acte de sabotage.

Avant la phase de réalisation, le plan de sécurité sera préparé, et sera partagé avec les organismes intéressés. Le terminal GNL sera protégé par un réseau d'alimentation en eau ou de bornes d'incendie de taille appropriée et construit conformément aux normes et standards de référence (UNI 10779, UNI 12845 etc.). Le terminal GNL sera doté d'un système de lutte contre l'incendie consistant en un réseau d'eau développé en anneaux et maintenu constamment sous pression et en circulation par des pompes dédiées. Les prises d'eau seront déconnectées du réseau au moyen d'une colonne d'incendie en surface avec des entrées UNI 70.



Les bouches d'incendie seront situées à une distance moyenne d'environ 45 m les unes des autres et seront situées sur le périmètre de chaque installation. Les routes intérieures qui longent les différentes installations du dépôt sont les principales "voies d'évacuation". Les voies d'évacuation seront convenablement marquées conformément au décret législatif 81/08 et au décret ministériel du 10 mars 1998.

Sur le plan des procédures techniques, les modalités d'échange et de communication avec le personnel des zones adjacentes aux installations du terminal seront définies, en particulier en ce qui concerne les activités menées dans les zones voisines, telles que la zone de quai gérée par la société Grendi, les zones adjacentes au quai affectées par le Corps de l'État (par exemple, la Guardia di Finanza), etc.

Des méthodes de communication et d'alerte non ambiguës seront définies tant pour la réalisation de phases telles que le déchargement des méthaniers que pour tout scénario d'accident hypothétique qui pourrait se produire au cours de ces phases opérationnelles (par exemple, scénario de relâchement du bras de chargement pendant le déchargement du méthanier).

En particulier, la surveillance des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent), la surveillance constante des phases de fonctionnement par un personnel spécialisé, l'installation de dispositifs pour signaler toute situation d'urgence soudaine, permettront une alerte immédiate. En outre, les opérations de déchargement des méthaniers seront effectuées, dans les limites du cas, principalement la nuit lorsque l'exploitation des installations adjacentes est réduite.

Plans de formation du personnel.

Une information, une formation et une éducation adéquates en matière de sécurité et de prévention des accidents seront fournies à tous les employés, ainsi qu'un programme d'information pour les employés des entreprises externes opérant dans le terminal et pour les visiteurs. Le personnel qui travaillera dans le terminal sera convenablement formé et instruit pour accomplir ses tâches en toute sécurité.

Le personnel de direction et les travailleurs seront périodiquement engagés dans des cours de formation. Le personnel d'encadrement sera formé au développement de compétences managériales tant pour la gestion technique que pour les aspects de sécurité et de protection de l'environnement. Les travailleurs de l'usine et de la maintenance participeront à des activités de formation tant au moment de l'embauche que pendant l'exercice des activités qui leur seront confiées, en participant à des cours de formation et à des stages théoriques et pratiques, conformément à la législation en vigueur, au décret législatif 81/2008 modifié et au décret législatif 105/15. L'objectif des cours sera d'approfondir les aspects opérationnels, les connaissances réglementaires et les bases théoriques les plus fréquemment appliquées dans l'activité opérationnelle, avec une attention particulière aux aspects de prévention de la sécurité et d'hygiène environnementale, de gestion des risques majeurs et des situations d'urgence.

Surveillance du système et des installations de GNL.

La centrale sera équipée d'un système de contrôle distribué (DCS) qui permettra, par l'intermédiaire du poste opérateur, la surveillance et le contrôle complet du processus, l'enregistrement des données, la gestion des alarmes, l'interfaçage avec le système d'urgence (ESD) et avec les systèmes de paquets ayant leur propre système de contrôle (PLC), la gestion et le traitement des données par la mise en œuvre de logiques fonctionnelles telles que les calculs, les algorithmes et les séquences opérationnelles. Le système DCS comprendra:

- les instruments dédiés aux fonctions de contrôle et de surveillance de la centrale (stations et/ou terminaux d'opérateurs, etc.) ;

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- des instruments dédiés à l'acquisition, au traitement et au tri des données (interfaces série dédiées, équipements de synchronisation, interfaces réseau, etc ;)
- des armoires périphériques équipées de contrôleurs programmables, dotées d'équipements d'E/S pour la connexion au terrain, dédiées à la gestion de la logique des processus.

Le poste opérateur sera situé dans la salle de contrôle principale, qui sera équipée d'un poste opérateur du système DCS à partir duquel il sera possible d'avoir un contrôle complet du processus, d'effectuer l'enregistrement des données, de gérer les alarmes, d'assurer l'interface avec le système ESD et les progiciels fournis avec le système PLC dédié.

Une deuxième station sera située près du quai afin de surveiller les opérations, telles que celles des bras de chargement, qui seront effectuées près des bras sous tension. Bien que les opérations d'entrée et d'amarrage dans le port du chenal des transporteurs de GNL seront définies et réglementées par des ordonnances spéciales qui établiront les conditions météorologiques maritimes limites, une unité spéciale de surveillance sera située dans la zone du quai pour surveiller la direction et l'intensité du vent, capable de signaler toute condition anormale soudaine (par exemple, un vent fort et soudain) et d'alerter le personnel afin de procéder à l'arrêt, si nécessaire, des opérations de transfert de GNL.

4.4. Business Case Port de Oristano

Zone d'intérêt: Sardaigne

Auteur: Unica-CIREM

Port/Business case: Port d'Oristano, usine de stockage, de regazéification et de distribution de GNL proposée par IVI Petrolifera dans le port d'Oristano - Santa Giusta.

Photo/Rendu des zones de soutage et de stockage du GNL Porto Oristano Santa Giusta - détail



Évaluation de la méthode/technologie de soutage la plus appropriée.

La motivation qui a poussé la société IVI Petrolifera à mettre en œuvre le projet de terminal GNL dans le port d'Oristano-Santo Giusta est celle de fournir en priorité les réseaux de gazoducs sur le territoire régional de la Sardaigne, qui sont en grande partie construits et opérationnels. L'usine vise également à distribuer une partie du GNL fourni par mer et par terre aux utilisateurs régionaux. En outre, l'idée du projet est le résultat des considérations générales supplémentaires suivantes :

- la mise en œuvre du projet augmentera la capacité d'importation de GNL en Italie, contribuant ainsi à la diversification des sources d'énergie du pays et favorisant la sécurité de l'approvisionnement ;



- les terminaux de regazéification, par rapport aux gazoducs, offrent une plus grande flexibilité d'approvisionnement, une facilité d'expansion de leur capacité de regazéification et l'entrée directe de nouveaux opérateurs sur le marché italien du gaz naturel ;
- la construction d'un nouveau terminal GNL permet de diversifier les pays d'où provient le gaz naturel, favorisant ainsi la sécurité d'approvisionnement ;
- l'augmentation de l'utilisation du gaz naturel et la possibilité de distribuer le GNL directement par soutage sur les navires et les pétroliers, conformément aux besoins futurs du marché, favoriseront le remplacement d'autres combustibles fossiles, ce qui contribuera à la réduction des émissions dans l'atmosphère et facilitera la réalisation des objectifs de réduction des émissions fixés dans le protocole de Kyoto et les directives européennes sur l'amélioration de la qualité de l'air et la substitution des combustibles dans le transport maritime ;
- la mise en œuvre du projet aura des impacts économiques et environnementaux positifs, au niveau local, liés à l'utilisation du GNL dans le secteur du transport maritime et terrestre ;
- Enfin, le projet répondrait à la demande croissante de GNL dans le secteur du transport maritime résultant des dispositions de l'Organisation maritime internationale (OMI) sur les limites de soufre dans les combustibles marins.

Détermination de la capacité de stockage.

Le terminal sera alimenté par l'arrivée d'un maximum de 220 méthaniers par an, d'une capacité comprise entre 4 000 et 5 000 m³. Les volumes annuels maximums stockés seront de 880 000 m³ de GNL. Le projet prévoit la préparation des zones et des points de connexion pour les systèmes nécessaires au transfert du GNL vers les navires-citernes pour la distribution du produit sur le territoire intérieur, et pour l'approvisionnement des navires alimentés en GNL, respectivement. La ligne de déchargement du GNL aura la possibilité d'inverser le flux (reverse flow) de la ligne de déchargement du GNL. Le projet prévoit la distribution par mer d'environ 20 % du GNL fourni au dépôt, tandis que les 80 % restants seront distribués par route sur le territoire régional aux centres de consommation. Le calendrier suivant est estimé pour la réalisation des activités par mer :

- Manœuvre d'entrée dans le port et amarrage : 3 heures ;
- Temps de chargement/déchargement : 12 heures ;
- Manœuvre de désamarrage et de sortie : 3 heures.

En ce qui concerne la distribution par voie terrestre par camions-citernes, l'utilisation d'un maximum de 100 unités par an est prévue. Les activités de chargement des camions-citernes dureront environ 1,5 heure. L'usine sera opérationnelle pendant environ 310 jours par an et pourra fonctionner en continu pendant au moins 25 ans. Le projet est basé sur un flux continu de GNL capable de permettre un débit de regazéification de 60 000m³ / h (équivalent à 100m³ / h de GNL) ;

- Deux camions-citernes peuvent être chargés en même temps;
- Le retour de la vapeur du camions-citernes vers le réservoir de GNL est prévu;
- Il n'y a pas de retour de vapeur des réservoirs de stockage de GNL vers le navire transportant du GNL ;
- Le ravitaillement des barges peut être effectué simultanément au chargement du camions-citernes ;
- La regazéification peut être effectuée simultanément avec les opérations de manutention de GNL ci-dessus.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Les tableaux suivants fournissent quelques valeurs relatives aux caractéristiques de l'installation pour les opérations de chargement de GNL sur les navires et les navires-citernes.

| Chargement Navires | |
|---|----------------------------|
| Capacité LNGC, min/max | 4.000-5.000 m ³ |
| Tonnage maximal des quais | 50.000 DWT |
| Dimensions et longueur maximales des quais | 170-190 m |
| Limitation du tirant d'eau du quai | 11.5 m |
| Temps de déchargement | 12 h |

| Chargement Camion | |
|--|----------------------|
| Nombre de stations de chargement de camions | 1 |
| Nombre de quais de chargement de camions par station | 2 |
| Fréquence mensuelle des exportations de GNL | 4.000 m ³ |
| Fréquence de chargement des camions par jour ouvrable | 3-4 |

Définition des opérations de soutage.

Le GNL est réapprovisionné par des pompes de transfert avec une ligne dédiée à la conduite commune de liquide dans la station de remplissage du navire. La ligne entre le collecteur de liquide et la station de remplissage du navire est la même que celle utilisée pour le déchargement du navire.

La capacité de remplissage pour l'avitaillement du navire est conçue pour 250 m³/h. Il y a un tuyau flexible pour le remplissage du navire (liquide). La procédure de ravitaillement en carburant est une opération de l'équipage où des opérateurs sont nécessaires sur le navire et sur le terminal.

Le ravitaillement du réservoir est effectué au moyen d'un tuyau de remplissage du navire pour une durée totale de déchargement d'environ 2 heures, sans compter la durée de l'amarrage, de l'ancrage et du désamarrage. Le réservoir est rempli depuis le collecteur de liquide jusqu'au refoulement de la pompe. Le remplissage du GNL et la pression de la cuve du navire de transport sont régulés par des vannes appropriées. La pression augmente pour corriger le flux de charge lors du démarrage et tombe à zéro à la fin de la séquence de remplissage automatique. Les tuyaux sont flexibles et équipés de raccords rapides et de raccords manuels de déconnexion qui permettent un fonctionnement sûr et fiable entre le terminal et le pétrolier. Les tuyaux et les raccords doivent être correctement stockés dans des armoires appropriées après le déchargement du GNL. Le terminal est également équipé d'une connexion ESD pneumatique. Le ravitaillement en GNL s'effectue en actionnant les 3 pompes de transfert de GNL qui pompent le GNL, par une ligne dédiée, jusqu'à la station-service. La canalisation entre le collecteur de liquide et la station de remplissage est la même que celle utilisée pour le déchargement des méthaniers :

- Bras de chargement pour le transfert de GNL ;
- Raccord de tuyau avec connexion rapide et raccords à détachement manuel ;
- Double vanne d'arrêt et évent pour l'isolation manuelle ;
- Valve automatique On/Off ;
- Vanne de contrôle pour augmenter le débit ;
- Capteur de température, correctement installé sur le quai pour détecter les grandes fuites de GNL ;
- Débitmètre et totalisateur pour la mesure fiscale ;

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

- Transmetteurs de température et de pression ;
- Valve de purge d'azote ;
- Détecteurs d'incendie et de gaz ;
- Bouton d'arrêt et d'urgence ;
- Feux de signalisation.

En cas d'urgence et si la barge doit enlever sa cargaison, cela se fera à l'aide d'azote. La barge peut alors connecter le tuyau d'azote disponible sur le quai pour forcer le GNL à atteindre les réservoirs au sol.

Schéma des composants de l'usine IVI Petrolifera



| LEGENDA | |
|---------|--|
| 1. | BAIA DI CARICOTRUCK |
| 2. | SERBATOI DI STOCCAGGIO GNL |
| 3. | POMPE GNL |
| 4. | AREA POSSIBILE FUTURA ESPANSIONE |
| 5. | SALA SKID DI MISURA E CAMPIONAMENTO GN |
| 6. | SKID WOBBE |
| 7. | VAPORIZZATORI AD ARIA |
| 8. | POMPE ALTA PRESSIONE GNL |
| 9. | VASCA E SISTEMA DI RACCOLTA ACQUE METEORICHE |
| 10. | TORRE PIEZOMETRICA/TAMBURO DI ASPIRAZIONE |
| 11. | SCAMBIAITORE-REGOLATORE DI TEMPERATURA ELETTRICO |
| 12. | SALA ELETTRICA |
| 13. | IMPIANTO PRODUZIONE ARIA |
| 14. | IMPIANTO PRODUZIONE AZOTO |
| 15. | GENERATORE DIESEL DI EMERGENZA |
| 16. | SEPARATORE DI FIACCOLA |
| 17. | SALA CONTROLLO |
| 18. | TORCIA |
| 19. | SKID COMPRESSORE MR |
| 20. | SKID LIQUEFAZIONE |
| 21. | SKID CIRCOLAZIONE GLICOLE |
| 22. | SKID RAFFREDDATORE-PRE RAFFREDDAMENTO |
| 23. | REFRIGERATORI D'ARIA |
| 24. | IMPIANTO CC |
| 25. | COMMUTATORE LV |
| 26. | PANNELLO ILLUMINAZIONE |
| 27. | PANNELLO ANTINCENDIO |
| 28. | PANNELLO AUTOMAZIONE |
| 29. | UNITA' DI ACCUMULO PRESSIONE |
| 30. | SERBATOIO ANTINCENDIO |
| 31. | POMPE ANTINCENDIO |

Schéma du quai de chargement/déchargement



Détermination des autorisations pour les composants du système (réservoirs, station de soutage, manutention des vannes, etc.).

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Ces informations ne sont pas incluses dans le projet.

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Le projet prévoit la mise en œuvre d'une politique de prévention des accidents majeurs, PPAM, et l'organisation d'un système de gestion de la sécurité proportionnel aux dangers, aux activités industrielles et à la complexité de l'organisation dans l'usine et basé sur l'évaluation des risques. Le système intégrera la partie du système de gestion générale qui comprend la structure organisationnelle, les responsabilités, les pratiques, les procédures, les processus et les ressources pour la détermination et la mise en œuvre de la politique de prévention des accidents majeurs. Le système de gestion de la sécurité portera sur les aspects suivants :

- organisation et personnel : rôles et responsabilités du personnel impliqué dans la gestion des risques d'accidents majeurs à tous les niveaux de l'organisation, ainsi que mesures prises pour sensibiliser à la nécessité d'une amélioration continue. Identification des besoins de formation du personnel et leur mise en œuvre ; implication des employés et du personnel des sous-traitants qui travailleront dans l'usine et qui devraient être concernés par la sécurité ;
- identification et évaluation des dangers pertinents : adoption et mise en œuvre de procédures pour l'identification systématique des dangers pertinents découlant d'une activité normale ou anormale, y compris, le cas échéant, des activités sous-traitées, et évaluation de leur probabilité et de leur gravité ;
- contrôle opérationnel : adoption et mise en œuvre de procédures et d'instructions pour une exploitation sûre, y compris la maintenance des installations, des processus et des équipements et pour la gestion des alarmes et des arrêts temporaires ; prise en compte des informations disponibles sur les meilleures pratiques en matière de surveillance et de contrôle afin de réduire le risque de défaillance des systèmes ; surveillance et contrôle des risques liés au vieillissement des équipements installés dans l'usine et à la corrosion ; inventaire des équipements de l'usine, stratégie et méthodologie de surveillance et de contrôle de l'état des équipements ; actions de suivi appropriées et contre-mesures nécessaires ;
- gestion des changements : adoption et mise en œuvre de procédures pour la planification des changements à apporter aux installations, aux processus ou aux installations de stockage ou pour la conception de nouvelles installations, de nouveaux processus ou de nouvelles installations de stockage ;
- plans d'urgence : adoption et mise en œuvre de procédures visant à identifier les situations d'urgence prévisibles par une analyse systématique et à élaborer, tester et réviser les plans d'urgence pour faire face à ces situations, et à fournir une formation ad hoc au personnel concerné. Cette formation concernera tout le personnel travaillant dans l'établissement, y compris le personnel sous-traitant concerné ; le suivi des performances : adoption et mise en œuvre de procédures pour l'évaluation continue du respect des objectifs fixés dans le PPAM et le système de gestion de la sécurité adopté, ainsi que des mécanismes de suivi et de prise de mesures correctives en cas de non-conformité. Les procédures comprendront le système de notification en cas d'accidents majeurs ou de quasi-accidents, notamment en raison de lacunes dans les mesures de protection, leur analyse et les mesures prises en conséquence sur la base de l'expérience acquise. Les procédures peuvent inclure des indicateurs de performance, tels que des indicateurs de sécurité et d'autres indicateurs pertinents ;
- suivi et révision : adoption et mise en œuvre de procédures relatives à l'évaluation régulière et systématique du PPAM, de l'efficacité et de l'adéquation du système de gestion de la sécurité.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

Examen et mise à jour documentés de l'efficacité de la politique et du système de gestion de la sécurité par la direction, y compris la prise en compte et l'intégration éventuelle des changements indiqués par l'audit et la révision.

Plans de formation du personnel.

La direction et les travailleurs seront périodiquement engagés dans des cours de formation. Le personnel d'encadrement sera formé au développement de compétences managériales tant pour la gestion technique que pour les aspects liés à la sécurité et à la protection de l'environnement. Les travailleurs de l'usine et de la maintenance participeront à des activités de formation tant au moment de l'embauche que pendant l'exercice des activités qui leur seront confiées, en participant à des cours de formation et à des stages théoriques et pratiques, conformément à la législation en vigueur, au Décret Législatif 81/2008 modifié et au Décret Législatif 105/15. L'objectif des cours sera d'approfondir les aspects opérationnels, les connaissances réglementaires et les bases théoriques les plus fréquemment appliquées dans l'activité opérationnelle, avec une attention particulière aux aspects de la prévention de la sécurité et de l'hygiène environnementale, de la gestion des risques majeurs et des situations d'urgence.

Surveillance du système et des installations de GNL.

Les activités de surveillance spécifiques qui doivent être menées en relation avec les composantes environnementales sont les suivantes :

- Atmosphère,
- Le bruit,
- Eaux de surface et eaux souterraines.

En particulier, un programme de surveillance a été défini pour chacun des éléments ci-dessus :

- but de la surveillance ;
- la localisation des zones d'étude et des stations/points de surveillance ;
- les paramètres analytiques contrôlés et les méthodes d'échantillonnage ;
- la durée et la fréquence du contrôle.

Le choix et la localisation finale des stations/points de surveillance ont été définis à l'avance et peuvent être confirmés avant le début des activités d'échantillonnage. En ce qui concerne ce choix, il convient de noter que, d'un point de vue méthodologique, les directives ministérielles relatives au PAM indiquent que pour chaque composante environnementale, une zone d'enquête est identifiée "ou une portion de territoire dans laquelle des impacts significatifs sur la composante sont attendus". En ce qui concerne les composantes de l'atmosphère et du bruit, étant donné que les impacts potentiels sont liés à la présence de récepteurs anthropiques/industriels, plutôt que de définir une zone d'étude sur le territoire, il a été décidé d'identifier des points d'étude constitués des mêmes récepteurs et qui sont les cibles des impacts potentiels sur ces composantes. En ce qui concerne les eaux marines, la zone d'influence potentielle a été définie en tenant compte de la route des navires en transit et de l'approche existante d'IVI Petrolifera. En ce qui concerne les eaux souterraines, compte tenu de l'indication ARPAS mentionnée dans l'introduction, aucune zone d'étude n'a été définie et les positions des piézomètres sur les côtés de la zone de l'usine ont été choisies. En outre, il convient de noter que le calendrier complet des activités de suivi sera établi dans les phases ultérieures du développement de l'initiative et, en tout état de cause, envoyé bien à l'avance à l'ARPAS, afin de permettre la réalisation de toutes les activités de suivi nécessaires.

4.5. Business Case Port de Gênes

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

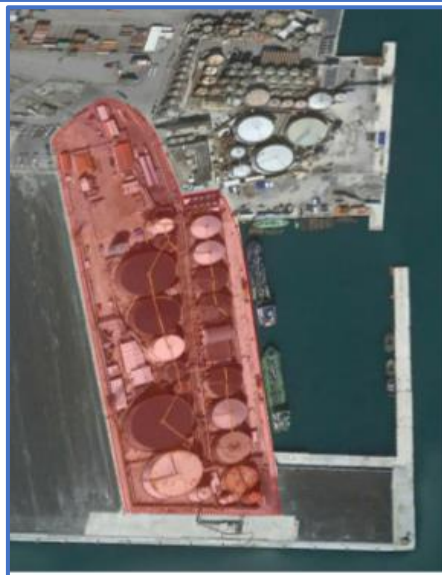


Zone d'intérêt: Ligurie

Auteur: UNIGE-CIELI

Port/Business case: Genova – Sampierdarena port basin – Calata Oli Mineralquay.

Photo/Rendu des zones de soutage et de stockage du GNL de Sampierdarena Bassin portuaire de Sampierdarena-Calata Oli Mineralquay



Évaluation de la méthode/technologie de soutage la plus appropriée.

Une des hypothèses de localisation proposée par le document "Engineering studies, final version - Technical report" (2016), centré sur le port de Gênes par le ministère des infrastructures et des transports dans le cadre du projet GAINN4CORE, prévoit la construction d'un dépôt de GNL dans les zones déjà utilisées pour les services de soutage dans le port de Sampierdarena, en particulier sur le site de Calata Oli Minerali. Les solutions technologiques de soutage les plus adaptées à la configuration du site sont TTS (Truck-To-Ship) et PTS (Port-To-Ship). La technologie Truck-to-Ship implique l'opération de soutage par l'utilisation d'un ou plusieurs camions-citernes qui, grâce à un système de tuyaux flexibles

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"



et à un système de pompage auquel ils peuvent être reliés, alimentent le navire avec le GNL présent dans leurs réservoirs. La technologie "Port-To-Ship", en revanche, implique la construction d'un système de pipelines fixes qui relie directement le navire au quai avec l'installation de stockage à quai.

Détermination de la capacité de stockage.

L'hypothèse préliminaire en cours d'analyse envisage la construction d'une installation de stockage de GNL à terre composée de quatre réservoirs de stockage d'une capacité totale de 20 000 m³ plus une installation de stockage supplémentaire de 100 m³.

Définition des opérations de soutage.

L'hypothèse de Calata Oli Minerali envisage l'utilisation de solutions technologiques TTS ou PTS pour le soutage. Il n'y a pas d'autres informations sur le projet concernant la définition des opérations de soutage.

Détermination des autorisations pour les composants du système (réservoirs, station de soutage, manipulation des vannes, etc.).

Il n'y a pas d'informations sur la détermination des permis pour les composants de l'installation.

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant la détermination des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Plans de formation du personnel.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant les plans de formation.

Surveillance du système et des installations de GNL.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant la surveillance du système et des installations de GNL.

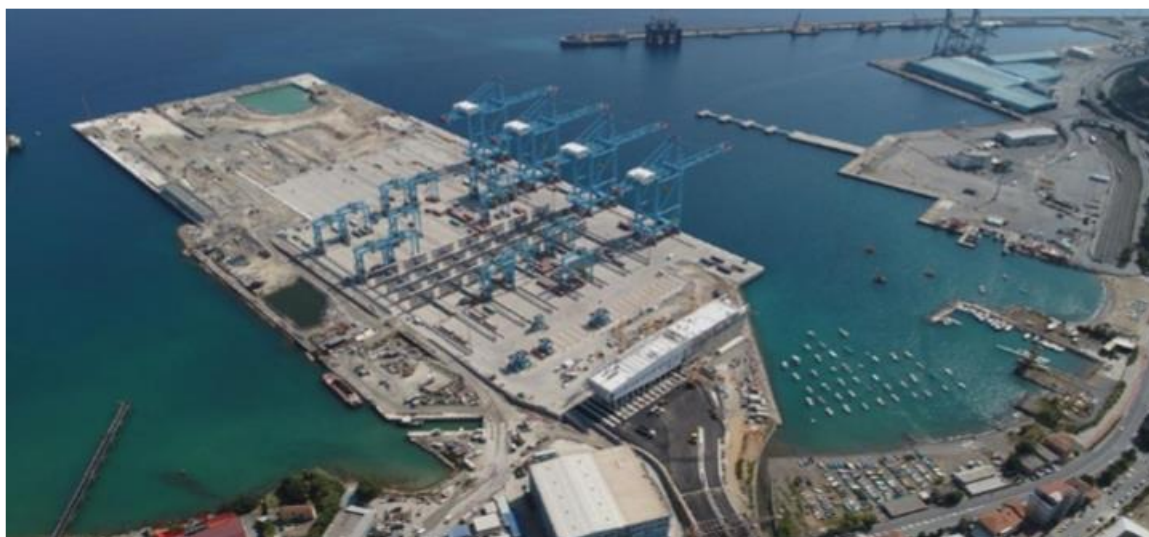
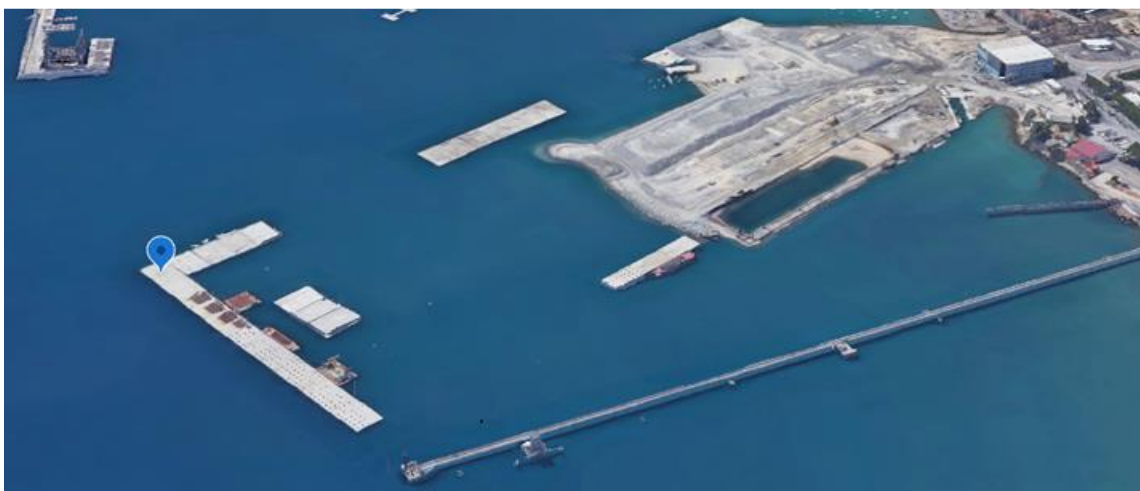
4.6. Business Case Port de Vado

Zone d'intérêt: Ligurie

Auteur: UNIGE-CIELI

Port/Business case: Savona-Vado ligure – Deposito in testata piattaforma.

Photo / Rendu des zones de soutage et de stockage du GNL Vado Ligure



Évaluation de la méthode/technologie de soutage la plus appropriée.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 “Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme”



Les hypothèses préliminaires présentées dans le rapport "Deposito Small Scale LNG - Preliminary Assumptions" (2018) par A. Vienne, en mettant l'accent sur le port de Vado Ligure (SV) et proposée par Eni Spa, Gruppo Autogas, Fratelli Cosulich Spa et Ottavio Novella Spa, c'est-à-dire l'hypothèse Vado Ligure - Dépôt sur la jetée sud modifiée, Vado Ligure - Cas de l'extension du quai principal et, en particulier, l'hypothèse spécifiquement analysée Vado Ligure - Dépôt sur la tête de plate-forme, prévoient l'avitaillement en GNL par l'utilisation du dépôt analysé. La solution technologique la plus appropriée pour le soutage est donc le Port-to-Ship o Terminal-to-Ship o Pipeline-to-Ship. La configuration port to port représente la solution technologique dans laquelle, à partir d'une station de ravitaillement à terre, située sur un quai ou un quai spécialisé, les navires sont ravitaillés par des pipelines, c'est-à-dire des conduites rigides visant à accélérer le transfert du carburant qui se terminent par des tuyaux flexibles permettant la connexion avec différents navires, offrant un large degré d'adaptabilité et de flexibilité de l'installation de ravitaillement.

Détermination de la capacité de stockage.

L'hypothèse préliminaire analysée, relative à la construction d'une installation de stockage de GNL au sol, en particulier au niveau du collecteur de la plate-forme, prévoit la présence de deux réservoirs de 200 m³ et de dix réservoirs de 1 000 m³ auxquels s'ajoutent deux pontons d'une capacité de 5 000 m.

Définition des opérations de soutage.

L'hypothèse de Vado Ligure envisage l'utilisation de la solution technologiquement productive de Port-to-Ship (PTS) pour l'avitaillement en GNL, en particulier par le biais de l'installation couverte par ce rapport. Le rapport fournit des informations sur l'équipement du dépôt, tant en termes de distances que de longueurs. En termes de distances, le rapport fournit les données suivantes :

- bras de chargement – manifold réservoirs 1.000 m³: 90 m ;
- bras de chargement – manifold réservoirs 200 m³: 90 m ;
- bras de chargement – manifold pontons : 50/120 m ;
- bras de chargement – pensilina: 110 m;
- manifold réservoirs 200 m³ – pensilina: 60 m.

En termes de longueur de ligne, le rapport fournit les données suivantes :

- bras de chargement - réservoirs 1.000 m³: 120/160 m (min/max) ;
- bras de chargement – réservoirs 200 m³: 100 m;
- bras de chargement – pontons : 50/120 m;
- réservoirs 1.000 m³ – réservoirs 200 m³: 120/170 m;
- réservoirs 200 m³ – pensilina : 60 m.

Détermination des autorisations pour les composants du système (réservoirs, station de soutage, manutention des vannes, etc.).

Il n'y a pas d'informations sur la détermination des permis pour les composants de l'installation.

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant la détermination des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Plans de formation du personnel.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant les plans de formation.

Surveillance du système et des installations de GNL.

Il n'y a aucune information sur le projet concernant la surveillance du système et des installations de GNL.

4.7. Business Case Ports de la Corse

SeeUp a réalisé une étude ad hoc pour le partenaire P4 OTC sur les bonnes pratiques en matière de soutage et de stockage de GNL, en particulier dans les ports corses, dont il est rendu compte dans l'ANNEXE II. L'étude a été livrée par le partenaire OTC avant juillet 2020, selon le calendrier décidé dans le V CdP du 06.02.2020 à Toulon.

Introduction

L'étude réalisée par le Partenaire OTC comprend 6 chapitres (1. introduction ; 2. objectifs de l'étude ; 3. réglementation et procédures administratives pour le soutage et le stockage du GNL ; 4. meilleures pratiques de soutage du GNL ; 5. meilleures pratiques de stockage du GNL ; 6. procédures administratives et opérationnelles pour la mise en œuvre de la journée de démonstration) relatifs à la fourniture, au stockage et au soutage du GNL dans les ports corses.

Objectifs de l'étude

Outre la description des procédures de soutage et de stockage du GNL, cette étude illustre le cadre réglementaire actuel, les principales méthodes de soutage, l'exécution pas à pas d'une opération de soutage, les technologies des réservoirs de stockage et leur gestion. Enfin, une démonstration de soutage en Corse «demo-day» est explorée.

Réglementations et procédures administratives pour le soutage et le stockage du GNL.

Le cadre réglementaire français relatif au GNL régit les installations et les équipements de stockage de GNL, d'une part, et les opérations de soutage, d'autre part.

Les installations de stockage et de distribution de GNL peuvent être incluses :

- dans le code de l'environnement et la législation ICPE pour les installations classées pour la protection de l'environnement : en raison des risques encourus, ils suivent un régime administratif différent. Par exemple, la construction d'une station terrienne fixe de GNL d'une capacité de stockage supérieure à 50 tonnes avec la classification Seveso "Seuil Bas" et d'une station terrienne fixe d'une capacité supérieure à 200 tonnes avec la classification Seveso "Seuil Haut" seront soumises à des procédures d'examen différentes ;
- dans le code de l'environnement et la législation IOTA pour les installations, travaux et activités : selon la Loi sur L'Eau.

Les opérations de ravitaillement en GNL dans les ports sont régies par la réglementation sur le transport et la manutention des marchandises dangereuses dans les ports, à savoir :

- RPM (Réglementation Portuaire Maritime): au niveau national, découlant du code des transports, selon lequel les opérations de ravitaillement en carburant sont autorisées par navire, barge et pétrolier, sauf dispositions particulières prévues par la réglementation locale;
- RLMD (Réglementation locale pour le transport et la manutention des Marchandises Dangereuses): Ce règlement définit les zones et les conditions des opérations de soutage;
- Toutes les contraintes de sécurité locales.

La réglementation du transport de GNL ne concerne pas directement les projets d'installations de stockage et de distribution de GNL ; cependant, en l'absence d'une installation de liquéfaction, le transport se fait en amont et en aval. Chaque mode de transport suit une réglementation différente :

- Transport maritime : Les transporteurs de GNL sont régis par le code IGC et les navires alimentés au GNL par le code IGF créé par l'Organisation Maritime Internationale.;
- Transport routier : Les camions-citernes suivent l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par terre (ADR) et la TMD pour le stationnement et la circulation ;
- Transport ferroviaire : suit le règlement RID.

Vous trouverez ci-dessous un tableau récapitulatif du cadre réglementaire applicable aux installations de stockage et de soutage de GNL.

Tableau 9. Cadre réglementaire par type d'activité

| Activités | Caractéristiques | Cadre réglementaire associé |
|---|---|-----------------------------|
| Camions-citernes de GNL ou iso-containers de GNL en stationnement | Aire de stationnement sans stockage fixe de GNL | ADR; TMD; RPM; RLMD |
| Présence de réservoirs de GNL à bord des navires/barges | Transport GNL | Code IGC |
| | Propulsion GNL | Code IGF |
| Transport terrestre des réservoirs de GNL | Camion, trains | ADR; TMD |
| Stockage de GNL dans une station fixe | - | ICPE 4718 |
| Chargement/déchargement | D'un méthanier ou d'un wagon-citerne à destination/en provenance d'un dépôt de stockage fixe (terminal GNL) | 1414-2b o 2c |
| | Entre un train et un camion | ICPE 1414-4 |
| | Autres cas en dehors du règlement ICPE | RPM; police portuaire; RLMD |
| Remplissage | Remplissage d'iso-container GNL | ICPE 1414-1 |
| | D'un navire alimenté au GNL | 1414-3 |
| Électrification du navire à quai | Groupes électrogènes alimentés au gaz naturel | ICPE 2910-A |

Best practices relatif au bunkering du GNL

Solutions de soutage du GNL

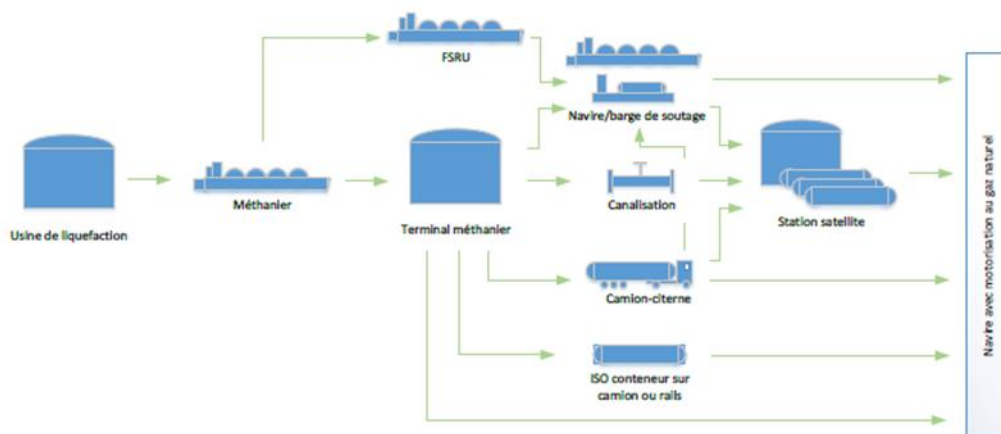
Les principales solutions technologiques-productives pour le soutage du GNL sont : Truck-to-Ship; Ship-to-Ship ; terminal GNL ; station au sol ; conteneur ISO ; autres solutions (présentées dans le diagramme ci-dessous à la Figure 19).

- Truck-to-Ship: le ravitaillement en carburant par un camion-citerne. Ex : -terminal Fos Cavaou station de chargement des camions-citernes d'Elengy.
- Ship-to-Ship: le ravitaillement par un navire-citerne préalablement chargé par un terminal GNL ou plus rarement par des pétroliers. Par exemple : - une péniche Seages ; - une péniche Engie Zeebrugge ; - péniche fluviale LNG London.
- Terminal méthanier : le transfert de GNL directement du terminal au navire. Par exemple : - Terminal GNL à Pori, Finlande.
- Station terrestre : le ravitaillement en carburant à partir d'une station terrestre, qui est à son tour approvisionnée par un terminal GNL par l'intermédiaire de pipelines, de camions-citernes ou de méthaniers. Par exemple : - station de ravitaillement en carburant à Klaipeda, Lituanie ; - station de ravitaillement en carburant à Nieler, Cologne.



- ISO container : Conteneur ISO préalablement rempli de GNL provenant d'un terminal GNL et transporté par camion ou par train sur un navire alimenté en GNL. Par exemple : -projet dans le terminal GNL de Swinoujscie en Pologne ; -futur ferry de Brittany Ferries fourni par le conteneur ISO dans le terminal de Dunkerque.
- Autres solutions : Multi Truck-to-Ship (ravitaillement à partir de plusieurs camions-citernes) ; soutage à partir d'un porte-conteneurs ISO ; Shore-to-Ship (Liquiline a développé une solution de soutage à partir d'installations terrestres "plug & play", prêtes à l'emploi).

Figure 19. Aperçu des différentes méthodes de soutage d'un navire



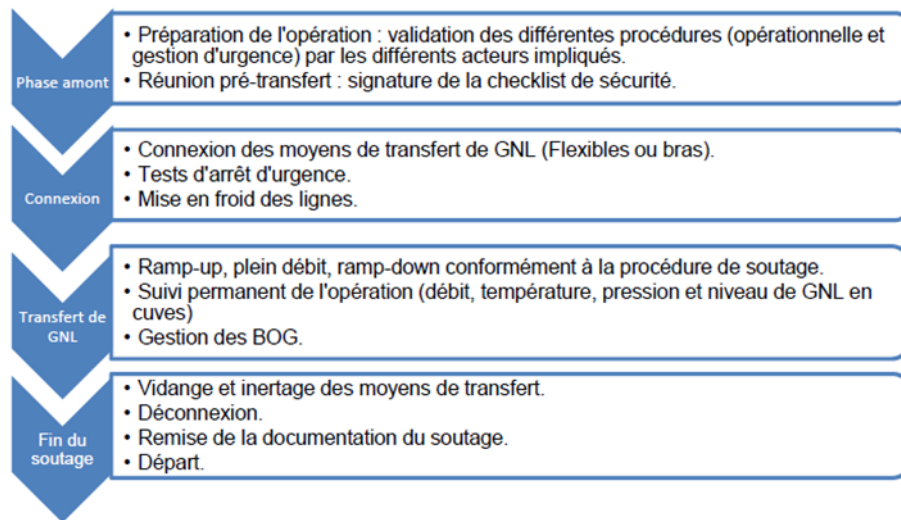
Procédures d'exploitation du soutage

Afin de valider la faisabilité d'une opération de soutage, une évaluation des risques potentiels doit être effectuée par une équipe qualifiée selon la norme ISO 20519 par une analyse de risque préliminaire, une analyse de risque détaillée, une analyse de risque des opérations simultanées (SIMOP). La norme ISO 18683 recommande également de définir une zone de sécurité autour des installations de soutage afin de délimiter une zone où seuls les opérateurs expérimentés sont autorisés à entrer. Une personne responsable (PR) doit être désignée pour superviser l'opération de soutage et contrôler la zone de sécurité.

Il est important de définir et de partager les rôles et les responsabilités des différents acteurs impliqués dans les opérations de soutage. La formation est également l'une des principales conditions préalables au soutage du GNL ; il est essentiel que le personnel concerné soit qualifié et possède les compétences et les connaissances nécessaires pour effectuer l'opération dans des conditions de sécurité optimales. Les rôles, les responsabilités et le parcours de formation changent en fonction des acteurs (personnes directement impliquées dans le projet de soutage, personnes qui autorisent ou supervisent l'opération, personnes qui ne sont pas directement impliquées dans la zone de soutage comme le personnel du port, les passagers, les visiteurs).

La Figure 20 montre le schéma des principales étapes qui constituent la phase d'exploitation d'une opération de soutage de GNL telles que : phase amont, connexion, transfert, fin du soutage, expliquées en détail dans le rapport OTC.

Figure 20. Étape de la phase d'exploitation d'une opération de soutage



Best practices relatives au stockage du GNL

Recommandations sur les sites d'installation de stockage de GNL

L'emplacement des réservoirs de stockage de GNL doit répondre à 3 exigences principales :

- limiter les effets domino entre les différentes installations de GNL ;
- limiter les impacts sur le personnel et les bureaux administratifs ;
- limiter les impacts en dehors du site.

Des estimations des risques doivent également être faites afin de valider l'emplacement choisi.

Technologies de stockage

Les réservoirs de GNL ont pour fonction de contenir le GNL et de l'isoler thermiquement à une température de -160°C afin de réduire l'augmentation de la température, de la pression et de l'évaporation du GNL dans les réservoirs eux-mêmes.

Les réservoirs de GNL à bord du navire doivent respecter des limites telles que la durée de vie du navire ; être conçus de manière à ce qu'une fuite ne mette pas en danger la structure, le personnel à bord et l'environnement ; permettre une ventilation naturelle afin d'éviter l'accumulation de gaz ; le GNL peut être stocké à la pression maximale de la soupape de sécurité de 10 bars.

Le code ICF définit deux catégories de réservoirs de GNL :

- réservoir indépendant : autoportant, ne fait pas partie de la coque du navire, divisé en trois types : A, B et C ;
- réservoir intégré : fait partie du navire et est soumis aux mêmes contraintes que celui-ci ; la plupart des méthaniers sont équipés de réservoirs de type membrane..

Fonctionnement des réservoirs de stockage de GNL

Ce sous-paragraphe présente les meilleures pratiques d'exploitation des réservoirs de stockage terrestres à considérer en fonction des spécificités du GNL et des risques associés. Il est essentiel à tout moment de maîtriser la pression du ciel gazeux et le niveau de GNL dans le réservoir grâce à des technologies, des outils et des alarmes (débits d'aspiration des compresseurs BOG permettant de gérer les

évaporations pour la pression ; niveau d'alerte élevé et très élevé à éviter les risques de sur-remplissage et de débordement de GNL pour surveiller le niveau de GNL). Dans le cas de réservoirs non pressurisés, un système de mesure à distance doit être installé pour calculer la température et la densité du GNL sur toute la hauteur du réservoir.

Les principaux modes de fonctionnement des réservoirs de stockage sont :

- remplissage du réservoirdeux systèmes : “en pluie”qui consiste à pulvériser le GNL dans la partie supérieure du réservoir ; "En source" à la source avec introduction de GNL en fond de cuve ; dans le cas de réservoirs non pressurisés, une étape de préparation visant à abaisser la pression du ciel gazeux est recommandée.
- retrait de GNL : e réservoir est vidé par des pompes cryogéniques, directement immergé à l'intérieur du réservoir ou dans un baril séparé relié à la phase liquide.
- modalité stand-by: phase d'attente pendant laquelle aucune opération au niveau du réservoir n'est effectuée ; il est nécessaire de surveiller la pression du réservoir qui aura tendance à augmenter, le niveau du GNL à diminuer et la densité du GNL à augmenter de manière significative.

La gestion du Boil-off-Gas représente l'un des défis majeurs dans l'exploitation du stockage de GNL ; des dispositifs de sécurité tels que des soupapes de surpression ou des prises d'air sont installés afin d'éviter le risque de surpression et les dommages consécutifs au réservoir, mais une bonne gestion des évaporations empêche l'arrivée de ce phénomène.

Procédures administratives et opérationnelles pour la réalisation de la journée de démonstration

Le chapitre présente les étapes et les démarches administratives pour la mise en place d'une journée de démonstration en Corse, prévue au 2ème trimestre 2021, relative à la démonstration d'une opération de soutage:

1. Préparation du projet : TRACTEBEL recommande de contacter les ports partenaires (Ile Rousse et Bastia) et la société qui exploite la station mobile afin de préparer la journée de démonstration.
2. Identification préalable des zones disponibles et favorables : étude - à petite échelle - territoriale et réglementaire visant à identifier la disponibilité des concessions, les contraintes réglementaires, les contraintes et réglementations portuaires, les contraintes d'urbanisme, les contraintes de sécurité.
3. Choix de l'opérateur : qui effectuera l'opération de soutage pendant la journée de démonstration en tenant compte des compétences techniques, des qualifications et des certifications requises à des fins de sécurité.
4. Identification des étapes nécessaires : TRACTEBEL recommande de prendre contact avec les autorités locales afin de définir les attentes de chacun dans les plus brefs délais, en tenant compte du temps nécessaire pour compléter la documentation et obtenir les autorisations.
5. Documentation et études à préparer : préparation de la documentation administrative et réglementaire nécessaire (telle que le document de soumission du projet, l'analyse de risque de la modélisation des phénomènes dangereux, le protocole de sécurité, le plan d'urgence).
6. Analyse des risques : analyse préliminaire et détaillée afin d'identifier les risques potentiels liés à la réalisation des opérations de la journée de démonstration afin de valider la zone choisie pour le projet, de définir les zones de sécurité et les mesures de prévention ou de protection pour la journée de démonstration.

7. Mise en œuvre des ressources techniques et des procédures opérationnelles : Phase de préparation (contacter l'autorité portuaire de Livourne et l'opérateur de la station mobile pour la documentation technique, puis l'opérateur du camion ou du cargo à fournir ; effectuer une analyse commune des risques et une liste de contrôle ; former les opérateurs ; définir les responsabilités et la logistique pour le transfert de la station mobile du port de Livourne à Bastia) ; journées de démonstration (pré-réunion ; vérification des mesures de sécurité préalablement identifiées ; contrôle visuel de la station mobile et du camion/station de ravitaillement ; vérification de l'équipement ; ravitaillement du camion/pétrolier; déconnexion du camion/pétrolier).

4.8. Business Case Port de Toulon

Zone d'intérêt: Région PACA

Auteur: Camera di Commercio e Industria del Var

Port/Business case: Port de Toulon

Photo / Rendu des zones de soutage et de stockage du Port GNL de Toulon



Évaluation de la méthode / solution technologique la plus appropriée pour l'avitaillement.

Au début, la solution la plus appropriée est le ravitaillement des camions pour deux types d'utilisation : le ravitaillement d'un générateur alimenté au GNL pour le raccordement d'un navire à la jetée et le ravitaillement de petits navires (par exemple les ferries). Ensuite, lorsque la demande devient plus importante (plusieurs ferries, bateaux de croisière), la solution envisagée est une barge flottante de ravitaillement sur laquelle seraient placés les conteneurs de GNL arrivant par train du terminal GNL de Fos sur Mer.

Détermination de la capacité de stockage.

À Toulon, étant un port militaire, on ne peut pas encore dire si un dépôt sera possible. C'est pourquoi le port de Toulon réfléchit à une solution à partir du terminal de Fos sur Mer qui est géographiquement assez proche pour éviter un site de stockage.

TDI RETE-GNL

Output T1.1.1 "Lignes directrices pour la mise en œuvre des options technologiques et des procédures opérationnelles pour le réapprovisionnement et le stockage du GNL dans les ports de la zone de programme"

Définition des opérations de soutage.

Le GNL est considéré comme une marchandise dangereuse. L'opération de soutage doit être déclarée à la capitainerie (classification des marchandises dangereuses, volume, emballage, etc.) Un accord est alors donné à l'opérateur (CCIV) établissant l'opération sur le quai. La réalisation de l'opération est assurée par le personnel du navire et le personnel de la compagnie qui vend et livre le carburant.

Détermination des autorisations pour les composants du système (réservoirs, station de soutage, manutention des vannes, etc.).

- Autorisation de la Marine française.
- Déclaration / Enregistrement / Autorisation en fonction de la quantité de gaz présente dans l'installation (ICPE: Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

Définition des opérations d'urgence et des procédures de sécurité.

Les procédures ci-dessous sont celles actuellement en vigueur, avec un combustible marin traditionnel :

- Signaux codés (par exemple, feux rouges pour les autres navires, feux de nuit...)
- Interdiction de travailler à proximité pendant le transbordement
- Interdiction de fumer
- Adaptation de l'itinéraire des véhicules embarquant ou débarquant sur le quai lors d'un ravitaillement en carburant par camion
- Obligation pour le conducteur de surveiller son réservoir pendant l'opération
- Obligation pour le conducteur d'avoir suivi une formation, de porter un casque, des lunettes et des gants de sécurité et de maîtriser les procédures d'urgence
- Notification d'informations et d'instructions
- Actions de sensibilisation des capitaines/du personnel tous les 6 mois pour pour augmenter la sensibilisation.

Attention, ces mesures sont souvent difficiles à respecter pour les prestataires qui ont des contraintes commerciales / horaires. Une inspection régulière est requise pour assurer la sécurité.

Plans de formation du personnel.

Pas encore défini pour le GNL.

Surveillance du système et des installations de GNL.

Pas encore défini.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABS - American Bureau Of Shipping (2014). Bunkering of liquefied Natural Gas fuelled Marin Vessel in North America.
- Arnet, N. M. L. (2014). LNG Bunkering Operations: Establish probabilistic safety distances for LNG bunkering operations(Master's thesis, Institutt for energi-og prosessteknikk).
- Cassar, M. P. (2017). LNG as a marine fuel in Malta: case study: regulatory analysis and potential scenarios for LNG bunkering infrastructure.
- Clean Baltic Sea Shipping – European Project (2013). Bunkering of ships that use liquefied natural gas
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of management studies*, 47(6), 1154-1191.
- DNV GL (2016). LNG fuelled vessels, Ship list – Vessels in operation and vessels on order.
- DNV-GL (2015). Development and operation of liquefied natural gas bunkering facilities.
- DNV-GL (2015). LNG as ship fuel.
- DNV-GL (2017). LNG safety.
- DNV-GL (2018 a). Confirmed LNG newbuildings and retrofits for ships.
- DNV-GL (2018 b). Confirmed LNG newbuildings and retrofits for ships.
- DNV-GL Maritime (2018). Alternative Fuels and Technologies for Greener Shipping – Summary of an assessment of selected alternative fuels and technologies.
- EMSA (2018). Guidelines of LNG bunkering system.
- Grea, S. (2000). Dentro la crescita dell'impresa. Le analisi SWOT e PAR (Vol. 81). FrancoAngeli.
- International Maritime Organisation (2014). Third IMO Greenhouse Gas Study. Kunreuther, H. C., Linnerooth, J., Lathrop, J., Atz, H., Macgill, S., Mandl, C., ... &
- Thompson, M. (2012). Risk analysis and decision processes: the siting of liquefied energy gas facilities in four countries. Springer Science & Business Media.
- Kyvik, O., & Gjosaeter, A. S. (2017). Environmentally sustainable innovations in offshore shipping: A comparative case study. *Journal of Innovation Management*, 5(1), 105-131.
- Leigh, D., & Pershing, A. J. (2006). SWOT analysis. *The handbook of human performance technology*, 1089-1108.
- MarTech LNG - Marine Competence, Technology and Knowledge Transfer for LNG (Liquid Natural Gas) in the South Baltic Sea Region, European Project (2014).
- McGuire, G., & White, B. (2016). Liquefied gas handling principles on ships and in terminals, 4th Edition.
- Mokhatab, S., Mak, J. Y., Valappil, J. V., & Wood, D. A. (2013). Handbook of liquefied natural gas. Gulf Professional Publishing.
- Pickton, D. W., & Wright, S. (1998). What's swot in strategic analysis?. *Strategic change*, 7(2), 101-109.

Piercy, N., & Giles, W. (1989). Making SWOT analysis work. *Marketing Intelligence & Planning*, 7(5/6), 5-7.

Stavros N. (2015). *Technological Guidance on LNG Bunker Vessels & Barges*. ABS - American Bureau Of Shipping.

Sutton, J. (1991). *Sunk costs and market structure: Price competition, advertising, and the evolution of concentration*. MIT press.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222.