

Projet TDI RETE-GNL

Technologies et dimensionnement des installations de distribution primaire du réseau GNL dans les ports de la zone transfrontalière

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”¹

¹Il convient de noter qu'en référence au produit T2.4.3 "Lignes directrices de la méthodologie ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale" réalisé dans le cadre du projet TDI RETE-GNL, le rapport n° 1 a été produit pour définir les lignes directrices pour l'application de la méthodologie ACV afin d'identifier les systèmes d'évaluation de l'impact environnemental les plus corrects liés aux différentes configurations de soutage, ainsi que des idées possibles pour l'acceptation sociale du GNL comme carburant de substitution. Tous les chapitres inclus dans ce produit sont pertinents pour TECNOCREO en vertu de l'attribution des activités de recherche pour l'évaluation des externalités et de l'impact environnemental dans le cadre du projet européen INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "Technologies et dimensionnement des installations pour le réseau de distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière" (CIG 7980625C14).

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



Sommaire

INTRODUCTION AU PRÉSENT RAPPORT : OBJECTIF ET CHAMP D'APPLICATION.....	6
GLOSSAIRE DES TERMES ET DES ACRONYMES.....	8
1 ASPECTS GÉNÉRAUX DE L'AVITAILLEMENT EN GNL	12
1.1 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DU GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ (GNL).....	12
1.2 AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX DU GNL	13
1.3 CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT DE GNL.....	15
1.4 MODE D'AVITAILLEMENT EN LNG.....	18
1.4.1 <i>Ship-to-Ship (STS)</i>	20
1.4.2 <i>Truck-to-Ship (TTS)</i>	21
1.4.3 <i>Terminal (Port)-to-Ship (PTS)</i>	22
1.4.4 <i>Citernes mobiles ou conteneurs cryogéniques ISO</i>	24
2 LA MÉTHODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	26
2.1 GÉNÉRALITÉS ET OBJECTIFS	26
2.2 LA NORME DE RÉFÉRENCE POUR LE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)	27
2.3 CADRE CONCEPTUEL DE RÉFÉRENCE À L'ACV DU BUNKERING DU GNL.....	32
2.3.1 <i>Le système analysé</i>	32
2.3.2 <i>Principes généraux</i>	33
2.3.3 <i>Définition de l'objectif et du champ d'application</i>	37
2.3.4 <i>Analyse de l'inventaire du cycle de vie (LCI - Life Cycle Inventory)</i>	42
2.3.5 <i>Évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA-Life Cycle Impact Assessment)</i>	48
2.3.6 <i>Interprétation du cycle de vie (Life Cycle Interpretation)</i>	52
3 ÉLÉMENTS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL LIÉS À L'UTILISATION DU GNL	55
3.1 LE MÉTHANE COMME GAZ À EFFET DE SERRE	55
3.2 ÉMISSIONS DE CH ₄	60
3.2.1 <i>Methane slip</i>	60
3.2.2 <i>Methaneleakage</i>	62
3.3 ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION DES REJETS DANS L'ATMOSPHÈRE.....	64
3.3.1 <i>Système d'interface entre le port et le navire</i>	65
3.3.2 <i>Installation côté port (Port Side)</i>	69

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation
 environnementale"

Contribution du partenaire du projet



3.3.2.1	Ship-To-Ship (STS).....	71
3.3.2.2	Truck-to-Ship (TTS)	73
3.3.2.3	Port-to-Ship (PTS)	76
3.3.2.4	Mobile Fuel Tank to Ship.....	77
3.3.3	BREF - Best Available Techniques Reference	80
4	LIGNES DIRECTRICES POUR L'APPLICATION DE LA MÉTHODE LCA AU SOUTAGE DE GNL	82
4.1	LE SYSTÈME DE PRODUITS	82
4.2	L'OBJECTIF, LE CHAMP D'APPLICATION ET LES LIMITES DU SYSTÈME	83
4.3	ÉLÉMENTS POUR L'ANALYSE DE L'INVENTAIRE (LCI) ET L'ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE (LCIA)	84
4.3.1	Construction d'infrastructures de stockage et de services auxiliaires	84
4.3.1.1	Allocation des flux et sélection des catégories et des indicateurs d'impact	87
4.3.2	Exploitation des infrastructures de stockage de GNL	96
4.3.2.1	Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs	96
4.3.3	Opérations de soutage de GNL	102
4.3.3.1	Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - Option STS....	103
4.3.3.2	Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - option TTS	106
4.3.3.3	Allocation des flux et sélection des catégories et indicateurs d'impact - option PTS	109
4.3.3.4	Répartition des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - Option Mobile Fuel Tank	112
4.3.4	Decommissioning	114
4.3.4.1	Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs	115
5	LES SPÉCIFICITÉS GÉOGRAPHIQUES DANS L'APPLICATION DE LCA	119
6	DOMAINES D'APPLICATION DES LCA	125
7	CONCLUSIONS	127
	BIBLIOGRAPHIE.....	131
	ANNEXE 1.....	134

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Indice delle Figure

Figure 1. La chaîne de valeur du GNL	15
Figure 2. Schéma des différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement en GNL comme carburant pour la navigation	17
Figure 3. Représentation schématisée des principales options de soutage du GNL.....	19
Figure 4. Quai d'amarrage avec réservoirs de stockage de GNL	24
Figure 5. Exemple de système de produit pour l'ACV	32
Figure 6. Exemple d'une série de processus unitaires au sein d'un système de produits	33
Figure 7. Phases du LCA	35
Figure 8. Phases du cycle de vie du combustible GNL pour la navigation.....	36
Figure 9. Champ d'application de ce rapport (dans les hachures rouges)	40
Figure 10. Exemple de procédures pour l'analyse des inventaires - LCI.....	43
Figure 11. Exemple de construction d'un LCI - Schéma du processus unitaire de soutage	45
Figure 12. Exemple de carte de collecte de données par processus unitaire.....	46
Figure 13. Exemple de résultats d'inventaire pour les émissions atmosphériques (flux de sortie de polluants) du processus de soutage de GNL de 1Mj	47
Figure 14. Éléments de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie - LCIA	49
Figure 15. Analyse du cycle de vie de la chaîne d'approvisionnement en GNL pour l'utilisateur final (valeurs par unité fonctionnelle égales à 1 MJ de GNL livré à l'utilisateur final))	51
Figure 16. Relation entre les éléments de la phase d'interprétation et les autres phases de l'ACV	53
Figure 17. Absorption des gaz à effet de serre.....	55
Figure 18. Concentration des substances dans le temps	58
Figure 19. Estimations des émissions de méthane provenant de divers moteurs et carburants (les cercles représentent les estimations individuelles de la littérature, les barres les estimations moyennes, la barre jaune l'intervalle).....	61
Figure 20. Comparaison de l'analyse WtW entre le GNL et le combustible marin conventionnel.....	63
Figure 21. Schématisation des domaines technologiques	65
Figure 22. Exemples d'équipements et de systèmes sur le port	69
Figure 23. La chaîne d'approvisionnement côtière du GNL	83
Figure 24. Les limites du système de produit analysé (en pointillés rouges).....	84
Figure 25. Flux d'entrée et de sortie en phase de construction	88

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 26. Flux d'entrée et de sortie pendant le fonctionnement	96
Figure 27. Flux d'entrée et de sortie pendant le soutage de GNL	102
Figure 28. Représentation générique du système de soutage STS (cas du transfert de GNL entre un réservoir pressurisé de type C et un réservoir atmosphérique de type A ou B)	104
Figure 29. Représentation générique du système de soutage TTS.....	107
Figure 30. Représentation générique du système de soutage PTS (cas du transfert de GNL entre réservoirs pressurisés de type C).....	110
Figure 31. Flux d'entrée et de sortie pour le démantèlement	115
Figure 32. Siège des partenaires du projet.....	119
Figure 33. Images représentatives des deux sites de l'UNESCO mentionnés.....	121
Figure 34. Périmètre du sanctuaire des cétacés	122

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



INTRODUCTION AU PRÉSENT RAPPORT : OBJECTIF ET CHAMP D'APPLICATION

L'objectif de ce rapport est de définir des lignes directrices pour l'identification des externalités et l'évaluation la plus correcte de l'impact environnemental du stockage côtier de GNL (stockage/stockage) et des différents types de configurations de soutage, dans une perspective de type “*Life Cycle Assessment - LCA*”.

Ce document fait partie du projet TDI RETE-GNL (Chef de file UNIGE-CIELI), dans le cadre du programme maritime Interreg Italie-France 2014-2020, qui vise à identifier des solutions technologiquement productives pour la distribution et le soutage du GNL dans les ports de la zone transfrontalière, sur la base de normes et de procédures opérationnelles communes : dans le cadre de la composante T2 prévue dans le formulaire, le projet est notamment consacré à l'analyse de la localisation possible des installations et des entrepôts du réseau de distribution primaire, en vérifiant leurs externalités potentielles et leur viabilité économique-financière.²

Plus précisément, ce document représente le produit final T.2.4.3 prévu dans le cadre de l'activité T2.4, et, selon le formulaire, voit la participation du partenaire **chef de file (UNIGE_CIELI)** et du **consultant du chef de file (TECNOCREO)** ainsi que du **partenaire 4 (OTC)** et du consultant associé (Tractebel, Engie, Elengy et Seeup). En particulier, en ce qui concerne le rapport du partenaire 4 (OTC) et de son consultant, l'annexe 1 présente le rapport complet qui examine le champ d'application de l'ACV dans le domaine maritime portuaire, la méthodologie d'application, les définitions et les références, les objectifs, les lignes directrices méthodologiques, les données d'entrée, les ressources humaines et techniques, les applications possibles et les limites ainsi que la logique de leur interprétation.

Les **partenaires P2 (UNUPI)**, **P3 (UNICA/CIREM)**, **P5 (CCIVAR)**, ont contribué, selon le formulaire, aux activités techniques et fonctionnelles pour la préparation du produit final T2.4.3, en fournissant un soutien constant au CF dans la définition du cadre conceptuel pour la réalisation du produit, en vérifiant et en validant la documentation produite par le consultant externe du CF.

Il convient de noter que, en référence au produit T2.4.3 "Lignes directrices de la méthodologie ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale", les différentes sections ont été préparées par le consultant externe TECNOCREO en soutien au CF UNIGE-CIELI en vertu de l'attribution des activités de recherche pour l'évaluation des externalités et de l'impact environnemental dans le cadre du projet européen INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "TDI RETE-GNL". Les chapitres 2, 3, 4, 5 du produit T.2.4.3 doivent être attribués au consultant

² Cfr.: Projet Interreg Marittimo IT-FR “TDI RETE-GNL”, in:<http://interreg-maritime.eu/web/tdiretegnl>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



externe du CF, TECNOCREO, tandis que le partenaire P4 (OTC) et son consultant externe (Tractebel, Engie, Elengy et Seeup) doivent se voir attribuer la mise en œuvre de l'annexe 1 jointe au produit T2.4.3.

Comme indiqué dans le formulaire du projet, le récent déploiement du gaz naturel liquéfié (GNL) dans les ports nécessite la mise en place d'un système d'infrastructure favorisant l'établissement d'un réseau de distribution fiable, sécurisé et intégré.

La mise en place de cette infrastructure nécessite des décisions stratégiques concernant l'emplacement des installations de soutage, de stockage et d'approvisionnement en GNL et leur dimensionnement, selon une logique systémique.

L'approche transfrontalière IT-FR maritime est imposée par la densité des services maritimes avec origine/destination dans la zone et la nécessité de disposer d'installations aux caractéristiques technologiques homogènes.

Les résultats du projet consistent en la préparation de rapports pour la définition et la diffusion de :

1. des normes et procédures technologiques communes pour le soutage du GNL ;
2. un plan d'action intégré au profit des ports.

Les bénéficiaires des résultats, toujours comme indiqué dans le formulaire du projet, sont les autorités portuaires et les organismes publics locaux et régionaux intéressés par la construction d'installations de ravitaillement en GNL.

Le caractère innovant du projet découle de l'approche interdisciplinaire qui combine les dimensions technique, économique et juridique et l'utilisation de logiques communes pour éviter la duplication des investissements et le risque de non-interopérabilité entre les différentes installations.

Le document est divisé en une première section qui définit le champ d'application de l'analyse au système de soutage du GNL dans les zones portuaires en ce qui concerne une chaîne logistique à petite échelle (GNL à petite échelle) (chapitre 1), suivie d'une section sur le cadre conceptuel et réglementaire général de l'approche ACV (chapitre 2) et des sections analytiques qui visent à contextualiser cette approche à la fois par rapport aux différentes options technologiques pour le soutage et le stockage du GNL dans l'environnement maritime-portuaire (chapitre 3) et par rapport au champ d'application géographique spécifique (chapitre 4), afin d'introduire certains éléments de base liés à l'acceptabilité sociale des infrastructures énergétiques (chapitre 5). Le dernier chapitre est consacré aux conclusions (chapitre 6).

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



GLOSSAIRE DES TERMES ET DES ACRONYMES

Afin de faciliter la lecture de ce rapport également pour les lecteurs qui ne sont pas nécessairement experts des sujets en question, vous trouverez ci-dessous un glossaire des principaux termes et acronymes utilisés dans le texte.

En particulier, en ce qui concerne les termes, sauf indication contraire, la source consultée pour les définitions fournies est l'annexe III "Cadre stratégique national" du décret législatif n° 257 du 16 décembre 2016, qui transpose la directive 2014/94/UE (directive dite "DAFI").

AP –Acidification Potential

Bunkering : terme anglais (également utilisé en français comme soutage) qui désigne le "ravitaillement en carburant" défini comme suit : *"l'approvisionnement en combustibles solides, liquides ou gazeux ou en toute autre source d'énergie utilisée pour la propulsion des navires ainsi que pour l'approvisionnement général et spécifique en énergie des navires à quai"* (Règlement (UE) 2017/352, art.2, point 1).

Soutage de GNL (ou bunkering en français) : opérations de ravitaillement en GNL pour le transport maritime.

Combustibles de substitution : combustibles ou sources d'énergie qui se substituent, au moins en partie, aux sources de pétrole fossile dans l'approvisionnement en énergie des transports et qui peuvent contribuer à leur décarbonisation et améliorer les performances environnementales du secteur des transports. Ils comprennent, entre autres : l'électricité, l'hydrogène, les biocarburants (tels que définis à l'article 2, point i), de la directive 2009/28/CE), les carburants synthétiques et paraffiniques, le gaz naturel et le gaz de pétrole liquéfié (**GPL**) (Directive 2014/94/UE, article 2, paragraphe 1).

Chargement de navires de soute : chargement de GNL sur des navires de soutage qui, à leur tour, alimentent des navires ou des soutes à GNL.

CNG (Compressed Natural Gas) : Le gaz naturel comprimé (CNG en français) est un gaz naturel comprimé à une pression de 200-250 bar. Il est utilisé dans les voitures à bicarburant (essence / GNC).

Colonne d'absorption : on entend par absorption le transfert des composants d'un mélange gazeux de leur phase gazeuse à une phase liquide. L'équipement chimique utilisé pour effectuer l'opération d'absorption gaz-liquide est appelé colonne d'absorption (ou tour d'absorption).

DAFI: terme utilisé en référence à la directive 2014/94/UE *sur la construction d'une infrastructure pour les carburants alternatifs (Deployment of Alternative Fuels*

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Infrastructure dans la version anglaise), que le gouvernement italien a mis en œuvre avec le décret législatif n° 257/2016..

EMSA - European Maritime Safety Agency – Agence européenne pour la sécurité maritime (sito web: <http://www.emsa.europa.eu>)

EP - Eutrophication Potential

Gas di Boil-Off (BOG) : est le gaz formé par l'évaporation du GNL.

Gaz naturel : y compris le biométhane, sous forme gazeuse (gaz naturel comprimé - GNC) et le gaz naturel liquéfié (gaz naturel liquéfié - **GNL**) (*Directive 2014/94/UE, article 2*).

GdL – Groupe de travail

GHG – Greenhouse Gases (Gaz à effet de serre)

GNL-Gas Naturel Liquefiée (LGN - Liquefied Natural Gas, en anglais)

GWP - Global Warming Potential (*Potentiel de réchauffement de la planète*)

Installation Peak Shaving: installation de stockage de gaz (GNL) utilisée pour répondre à la demande de pointe.

Indice di Wobbe: est le principal indice de l'interchangeabilité du gaz naturel à la même pression. Il est défini comme le rapport entre le pouvoir calorifique supérieur d'un gaz (PCS) et la racine carrée de sa densité relative par rapport à la densité de l'air dans des conditions normales (ρ) : $IW = PCS / \sqrt{\rho}$

ISO - International Organization for Standardization

ISO container : des équipements spécifiques pour le transport intermodal, c'est-à-dire basé sur plusieurs moyens de transport (camions, navires et trains). Le conteneur ISO est un conteneur dont les dimensions ont été établies au niveau international en 1967 (largeur 244 cm, hauteur 259 cm, longueur 610 ou 1220 cm).

KPI- Key Performance Indicators (*Indicateurs clés de performance*)

LCA -Life-Cycle Assessment

Manifold: collecteur d'approvisionnement, un pipeline qui transporte le GNL du navire à l'installation.

MDO-Marine Diesel Oil (*Fioul marin*)

MISE - Ministère du développement économique

ODP – Ozone Depletion Potential (*Potentiel de Réduction de l'Ozone*)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



PEI (Primary Energy Index) : mesure la quantité d'énergie primaire non renouvelable (**PEInr**) ou d'énergie primaire renouvelable (**PEIr**) utilisée dans la chaîne de production de la matière visée par une de ses unités de masse.

POCP – Photochemical Ozone Creation Potential (*Potentiel de formation d'ozone photochimique*)

Pompes de surpression cryogéniques : pompes qui maintiennent le gaz condensé et le poussent du système vers le navire.

Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : quantité de chaleur qui devient disponible suite à une combustion complète, à pression constante de l'unité de masse du combustible, lorsque les produits de la combustion sont ramenés à la température initiale du combustible et de l'agent de combustion.

Rail Loading: le chargement des wagons-citernes de GNL.

Re-loading: le transfert de GNL des réservoirs (au terminal de regazéification) aux méthaniers.

Reach stackers : les véhicules utilisés pour la manutention des conteneurs intermodaux dans le cadre des opérations de quai et de dépôt.

Roll-on/Roll-Off (Ro-Ro): Terme anglais désignant un véritable ferry, conçu et construit pour le transport de véhicules à roues (sur ses propres roues) et de charges, disposés sur des plateformes ou dans des conteneurs, chargés et déchargés au moyen de véhicules équipés de roues de manière indépendante et sans l'aide de moyens mécaniques extérieurs.

Scrubber: les équipements qui permettent de réduire la concentration des substances présentes dans un courant gazeux, généralement des poussières et des micropolluants acides (contenant également du soufre).

SECA (Sulphur Emission Control Area): sont les zones de la mer Baltique, de la mer du Nord et de la Manche, identifiées par l'OMI comme des zones de contrôle des émissions de soufre.

Small Scale LNG (o **SSLNG**): méthode par laquelle le GNL est géré en petites/moyennes quantités directement sous forme liquide (par rapport à la regazéification dans des terminaux spécialisés et à l'injection ultérieure du produit gazeux dans le réseau de transport).

Soufflantes : machine à fonctionnement thermique qui utilise un travail mécanique pour imprimer de l'énergie de pression et de l'énergie cinétique sur le gaz naturel à l'intérieur du navire.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



TEN-T (*Trans-European Networks - Transport*): Les réseaux RTE-T sont un ensemble d'infrastructures linéaires (rail, route et voies navigables intérieures) et ponctuelles (nœuds urbains, ports, interports et aéroports) considérées comme pertinentes au niveau communautaire ; le réseau central se compose des nœuds urbains les plus denses, des nœuds intermodaux les plus importants et de leurs connexions. Quatre des neuf corridors RTE-T présentent un intérêt pour l'Italie ³:

- *Corridor méditerranéen* : traverse le nord de l'Italie d'ouest en est, rejoignant Turin, Milan, Vérone, Venise, Trieste, Bologne et Ravenne ;
- *Corridor Rhin-Alpes* : il passe par les cols de Domodossola et de Chiasso et atteint le port de Gênes ;
- *Corridor Baltique-Adriatique* : il relie l'Autriche et la Slovénie aux ports du nord de l'Adriatique de Trieste, Venise et Ravenne, en passant par Udine, Padoue et Bologne ;
- *Corridor scandinave-méditerranéen* : il part du col du Brenner et relie Trente, Vérone, Bologne, Florence, Livourne et Rome aux principaux centres urbains du sud tels que Naples, Bari, Catanzaro, Messine et Palerme.

TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*) : unité équivalente à vingt pieds, est la mesure standard de volume dans le transport des conteneurs ISO. Les dimensions extérieures sont les suivantes : 6,096 m de long x 2,4384 m de large x 2,5 908 m de haut. Son volume extérieur est de 38,51 mc, tandis que sa capacité est de 33 mc. Le poids maximum du conteneur est d'environ 24 000 kg, mais en soustrayant la tare (ou le poids à vide), la charge à l'intérieur peut atteindre 21 600 kg. La plupart des conteneurs ont une longueur standard de 20 et 40 pieds respectivement : un conteneur de 20 pieds (6,1 m) correspond à 1 EVP, un conteneur de 40 pieds (12,2 m) correspond à 2 EVP. Pour définir ce dernier type de conteneur, l'acronyme **FEU** (*forty-foot equivalent unit*) est également utilisé. Bien que la hauteur des conteneurs puisse varier, cela n'affecte pas la mesure de l'EVP. Cette mesure est utilisée pour déterminer la capacité d'un navire en termes de nombre de conteneurs, le nombre de conteneurs traités dans un port dans une certaine période de temps, et peut être l'unité de mesure sur la base de laquelle le coût d'un transport est déterminé.

³ Cfr. : MIT-Ministère des infrastructures et des transports, Corridors RTE-T européens, à l'adresse : <http://www.mit.gov.it/node/5335> (Date de la dernière modification : 16/02/2018)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



1 ASPECTS GÉNÉRAUX DE L'AVITAILLEMENT EN GNL

1.1 NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DU GAZ NATUREL LIQUÉFIÉ (GNL)

Le GNL, obtenu par liquéfaction du gaz naturel (GN), est un mélange d'hydrocarbures dont le principal composant est le méthane et qui, dans une mesure nettement moindre, contient également de l'éthane, du propane et du butane⁴.

Au cours du processus de liquéfaction, le GN est purifié des hydrocarbures les plus complexes, tels que les composés sulfurés (H₂S) et le dioxyde de carbone (CO₂) et les hydrocarbures lourds (C₅+ et plus), ainsi que d'une grande partie de l'éthane, du propane et du butane, composants qui doivent être fortement limités dans le GNL, de même, pour des raisons techniques, à l'eau, au mercure et au soufre (pour éviter, par exemple, les problèmes de corrosion, les risques de solidification pendant le refroidissement, etc.).

Le gaz naturel purifié est liquéfié à la pression atmosphérique par refroidissement à environ -160°C : occupant un volume environ 600 fois inférieur à l'état gazeux de départ, le GNL, plus "léger"⁵ et avec moins d'impuretés que le GN extrait des gisements, peut ainsi être plus facilement stocké et transporté, même par mer, par des méthaniers.

Le GNL est donc un liquide cryogénique incolore, inodore, non toxique et non corrosif. Une fois dispersé, il ne laisse aucun résidu sur la terre ou l'eau. Lorsqu'il est transporté et stocké à température cryogénique, il a normalement une teneur en méthane comprise entre 85 et 96% en volume, conformément à la teneur minimale indiquée dans la norme technique UNI EN 1160 "Installations et équipements pour le gaz naturel liquéfié - Caractéristiques générales du gaz naturel liquéfié", selon laquelle elle doit être supérieure à 75%⁶.

Une fois arrivé à destination, le GNL est déchargé dans une installation de stockage, qui le remet sous forme gazeuse pour le rendre disponible à la consommation traditionnelle : une fois regazéifié, il redevient un gaz inflammable, dans le respect des limites d'inflammabilité autorisées.

Le GNL est donc un combustible "plus propre", puisqu'il ne contient pratiquement pas de soufre et émet peu de NO_x et de CO₂, dont la simplicité moléculaire permet une combustion avec très peu de résidus solides.

⁴Cfr: *D.Lgs. n.257/2016, Allegato III "Cadre stratégique nationale"* - Sec. C: fourniture de gaz naturel pour le transport et d'autres usages - Première sous-section : fourniture de gaz naturel liquéfié (GNL) pour la navigation maritime et intérieure, le transport routier et d'autres usages

⁵Le GNL a une densité d'environ la moitié de celle de l'eau.

⁶Cfr.: "*Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL*", préparé par un groupe de travail coordonné par le MISE afin de mettre en œuvre, au niveau national, la directive 2014/94/UE relative à la construction d'une infrastructure pour les carburants de substitution (dite directive DAFI).

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



En tout état de cause, les caractéristiques physico-chimiques du GNL varient en fonction de la variation de sa composition, qui est elle-même liée aux gisements et aux zones géographiques spécifiques d'où le GN est extrait.

1.2 AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX DU GNL

L'utilisation du GNL comme carburant de substitution peut aider à surmonter les produits énergétiques caractérisés par un impact environnemental globalement plus important, ce qui se traduit par des effets positifs non seulement en termes de réduction des émissions polluantes et nuisibles pour le climat, mais aussi, en ce qui concerne le secteur des transports, du bruit produit par les moteurs.

À l'état liquide, il peut être facilement stocké et transporté, même par mer, grâce à des méthaniers spéciaux. Près de 30 % du gaz naturel mondial est transporté sous forme liquide⁷. L'importation de GNL par mer permet de diversifier davantage les sources d'approvisionnement, ce qui a des effets positifs sur la sécurité énergétique nationale.

Grâce à la purification des gaz acides (CO₂ et SO_x) et à l'élimination quasi totale des particules et des NO_x, l'utilisation du GNL en lieu et place des combustibles fossiles traditionnels permet notamment de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de particules et de substances dangereuses pour l'environnement et la santé, compte tenu du principe de décarbonisation défini aux niveaux international, communautaire et national.⁸

Globalement, le GNL est principalement utilisé dans la production d'électricité, tant pour l'industrie que pour le secteur résidentiel, où l'accès à un réseau de distribution n'est pas possible, contribuant ainsi à l'amélioration du niveau de qualité environnementale entrepris avec l'utilisation de certaines sources d'énergie renouvelables.

Dans le secteur des transports, la transition vers l'utilisation du GNL comme carburant est, en revanche, relativement récente. En ce qui concerne le transport maritime en particulier, l'utilisation du GNL comme carburant peut 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 transposée en Italie par le décret législatif n° 112/2014. Plus récemment, la directive 2014/94/UE, créée dans le cadre du paquet "Énergie propre pour les transports" élaboré par la Commission Européenne⁹, exige des États membres qu'ils augmentent l'utilisation de carburants de substitution dans les transports, y compris le gaz

⁷ Cfr.: Freight Leaders Council, " *Le GNL en Italie, pour un transport durable*", mai 2019, Bloc-notes 28

⁸ Cfr.: MISE, " *Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL*", cit.

⁹ Lett.: "Énergie propre pour les transports" ; pour plus d'informations :

https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cpt_en(Date de la dernière mise à jour : 08/04/2020)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



naturel liquide (GNL), afin de poursuivre le double objectif de réduire au minimum la dépendance vis-à-vis du pétrole et d'atténuer l'impact environnemental dans ce secteur, à la fois en termes d'amélioration de la qualité de l'air et de réduction des émissions de changement climatique.

À cette fin, les États membres sont invités à établir, dans leurs "*Cadres Stratégiques Nationaux*", des objectifs nationaux et des actions de soutien connexes pour le développement du marché des carburants de substitution, y compris les infrastructures nécessaires à mettre en place, en étroite coopération avec les autorités régionales et locales et le secteur concerné, en tenant également compte des besoins des petites et moyennes entreprises.

L'utilisation du GNL permet à l'industrie maritime de respecter les limites liées à la teneur en soufre des combustibles marins - imposées, par exemple, dans les régions à émissions contrôlées (zones SECA) par les règlements adoptés dans le cadre de *l'Organisation maritime internationale* (OMI) ou, pour la zone méditerranéenne, par la législation environnementale sur les émissions provenant des activités maritimes - ainsi que les limites de plus en plus strictes en termes d'émissions de polluants et de substances modifiant le climat dans l'atmosphère, telles que les oxydes d'azote (NOx) et le dioxyde de carbone (CO₂).

Toutefois, il ne faut pas oublier que, puisqu'il s'agit d'un combustible fossile, il n'est pas exempt d'émissions de gaz à effet de serre associées au méthane, le principal composant du GNL, et d'autres émissions nocives pour la santé humaine et les écosystèmes.

Les performances liées à l'utilisation du GNL dans le transport maritime en remplacement des combustibles marins traditionnels dans le but de rejeter des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, en particulier, sont étroitement liées, outre le type de moteur du moyen de transport, aux mesures qui peuvent être adoptées pour minimiser toute fuite ou rejet involontaire de méthane.

De ce point de vue, en effet, si les avantages environnementaux sont mis en avant par rapport à l'échelle locale, en termes de protection accrue de l'environnement pour les zones portuaires et le long des côtes, les émissions de gaz à effet de serre, parmi lesquels le méthane apparaît, ont des effets non négligeables à l'échelle mondiale, en termes de "réchauffement climatique". Cette considération conduit notamment à envisager l'application d'une approche "*LifeCycleAssessment-LCA*" pour évaluer les impacts de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, comme on le verra plus loin.

À cet égard, il convient de considérer que, bien qu'il faille tenir compte du temps passé dans l'atmosphère, qui est nettement plus court pour le méthane que pour le CO₂, le méthane lui-même est également un gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement global est environ

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



20 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone, dont la concentration dans l'atmosphère a plus que doublé depuis l'ère préindustrielle, en fonction de la croissance démographique et, en particulier, de la production agricole¹⁰.

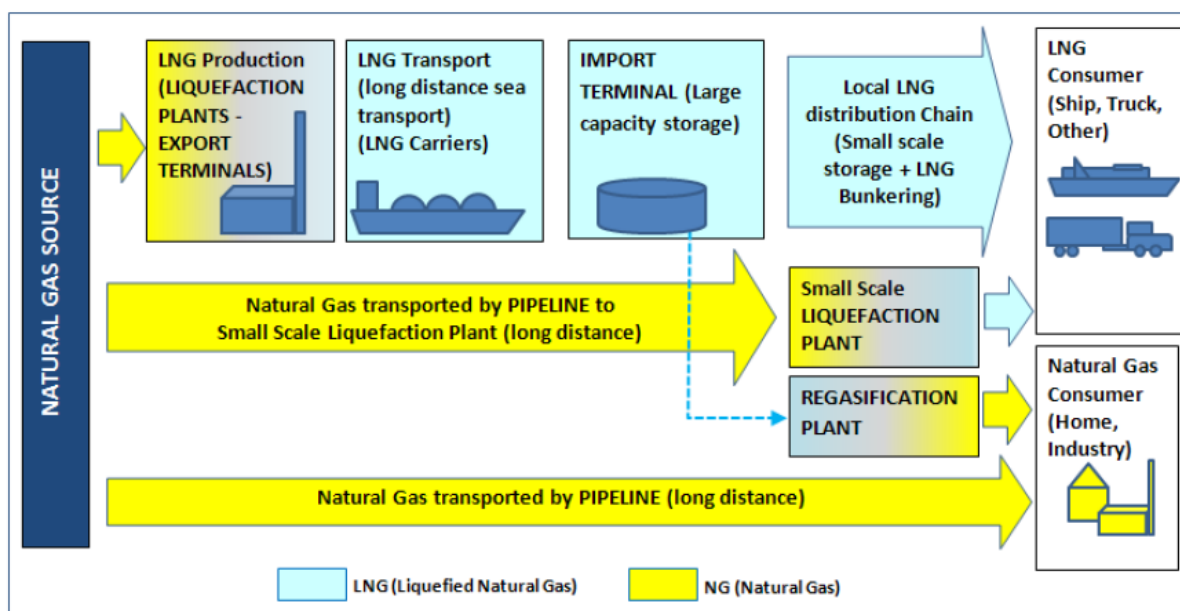
Néanmoins, puisque, comme mentionné ci-dessus, on estime que le méthane persiste dans l'atmosphère pendant environ 12 ans, alors que le CO₂, s'il est dispersé, peut y rester et continuer à produire des effets de changement climatique pendant des milliers d'années, cela donne une bonne chance de succès à toute action visant à réduire les émissions dirigées vers le méthane lui-même.

1.3 CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT DE GNL

En principe, la chaîne de valeur du GNL, de l'extraction du gaz naturel aux utilisateurs finaux, peut prendre différentes configurations selon les besoins des différents utilisateurs finaux.

Dans la Figure 1, cette chaîne de valeur est représentée de manière très simplifiée en distinguant deux types différents d'utilisateurs finaux : les consommateurs de GNL (ou Gaz Naturel Liquéfié - GNL) et les consommateurs de GN (ou Gaz Naturel - GN), expression qui désigne respectivement les utilisateurs de transport et les utilisateurs domestiques et industriels.

Figure 1. La chaîne de valeur du GNL



¹⁰ Cfr.: Freight Leaders Council, "Le GNL en Italie, pour un transport durable", cit., Cap. 3 "Le GNL pour le transport", p.85.

Source: Guida EMSA 2018 per Autorità Portuali sui bunkeraggi di GNL¹¹

Dans la conception d'une chaîne de GNL, il y a plusieurs aspects à prendre en considération avec soin, sur lesquels une règle fondamentale prévaut : plus le nombre d'interfaces, d'usines de liquéfaction et de liens de distribution est élevé, plus la probabilité de rejets de GNL accidentels ou opérationnels est grande le long des différentes étapes de la chaîne. Dans les usines de liquéfaction, en effet, les compresseurs de GNL sont susceptibles d'avoir de petites fuites de GNL, qui provoquent des rejets accidentels de méthane, pour lesquels, outre l'impact environnemental potentiel, les aspects de sécurité doivent également être pris en compte.

En ce qui concerne les utilisations du transport maritime en question ici, il faut également garder à l'esprit qu'une partie importante de la chaîne de valeur du GNL peut être incluse dans les limites d'un port.

Dans la Figure 2, l'ensemble de la chaîne de valeur du GNL est subdivisé selon les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement en tant que combustible pour le secteur maritime : approvisionnement (à partir d'un réseau d'importation ou de distribution de gaz naturel), transport, stockage ou production locale, ravitaillement.

¹¹ Cfr.: <http://www.conferenzagnl.com/guida-ems-a-autorita-portuali-sui-bunkeraggi-gnl/>

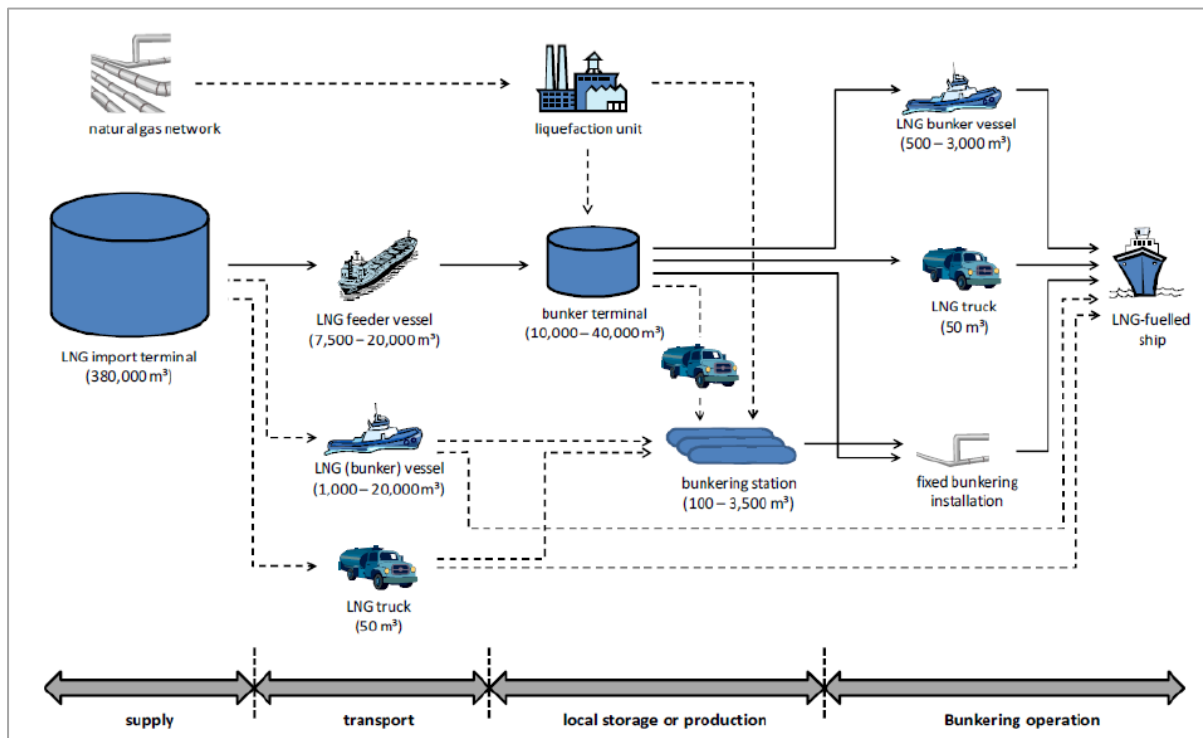
TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 2. Schéma des différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement en GNL comme carburant pour la navigation



Source: Guide EMSA 2018, cit.

Dans le contexte de ce document, la chaîne de valeur prise comme référence, c'est-à-dire le champ d'application de l'approche LCA, coïncide donc avec les **opérations de soutage** qui ont lieu dans l'environnement portuaire.

En ce sens, il s'agit d'une chaîne logistique de GNL à petite échelle, techniquement appelée "Small Scale LNG (o SSLNG)", dont la capacité de stockage de GNL, dans des réservoirs pressurisés ou atmosphériques, est inférieure à 20 000 m³ par an.

La chaîne d'approvisionnement en SSLNG s'est particulièrement développée en Espagne, en Norvège, au Royaume-Uni et aux Pays-Bas, où le plus grand nombre d'installations SSLNG est enregistré. En général, dans la zone méditerranéenne, tous les opérateurs concernés mènent des activités visant à évaluer la faisabilité technico-économique des changements nécessaires pour offrir ces nouveaux services, en adaptant les installations portuaires existantes. En ce qui concerne l'Italie, deux ou trois petites installations de GNL (SSLNG) devraient devenir opérationnelles en 2020 ou l'année prochaine).

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



1.4 MODE D'AVITAILLEMENT EN LNG

Si l'utilisation du GNL représente une option de valeur stratégique pour atteindre les objectifs de décarbonisation et de réduction des émissions de substances dangereuses pour l'environnement et la santé fixés au niveau international et national, la faisabilité logistique et opérationnelle de cette option est étroitement liée à la construction d'infrastructures spécialisées, convenablement situées sur le territoire national.

C'est dans ce but que *l'art. 6 du décret législatif n° 257/2016*, en transposant la directive DAFI susmentionnée, introduit des dispositions spécifiques pour la fourniture de GNL comme carburant de substitution pour le transport (section c du cadre stratégique national - annexe III du décret), principalement en termes de nombre adéquat de points de ravitaillement en GNL à construire - dans des délais spécifiques, respectivement, dans les ports maritimes et intérieurs - pour permettre la navigation de navires alimentés en GNL dans le réseau central du TEN-T et un système de distribution adéquat pour l'approvisionnement en GNL sur le territoire national, y compris des installations de chargement pour les méthaniers, ainsi que pour la fourniture d'infrastructures de ravitaillement le long du réseau autoroutier et dans les interports.

La fourniture de GNL comme carburant pour la navigation peut être effectuée de différentes manières, en adoptant différentes options, en fonction de différents facteurs logistiques et opérationnels.

Aux fins du présent rapport, l'avitaillement en GNL désigne la fourniture de GNL par un navire de réception qui peut être effectuée selon quatre options technologiques différentes, qui seront analysées dans une perspective LCA, telles que :

1. Ship-to-Ship (STS)
2. Truck-to-Ship (TTS)
3. Shore/Pipeline-to-Ship (PTS)
4. Citernes mobiles ou conteneurs ISO cryogéniques

Si aucune des options énumérées n'est en soi capable de répondre à tous les besoins des acteurs portuaires, on peut néanmoins affirmer que ¹²:

- le système TTS est mieux adapté pour approvisionner les navires avec des citernes plus petites (par exemple : remorqueurs) et, comme solution temporaire, pour assurer le soutage en l'absence d'infrastructures dédiées (par exemple : ravitaillement des ferries)

¹² Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

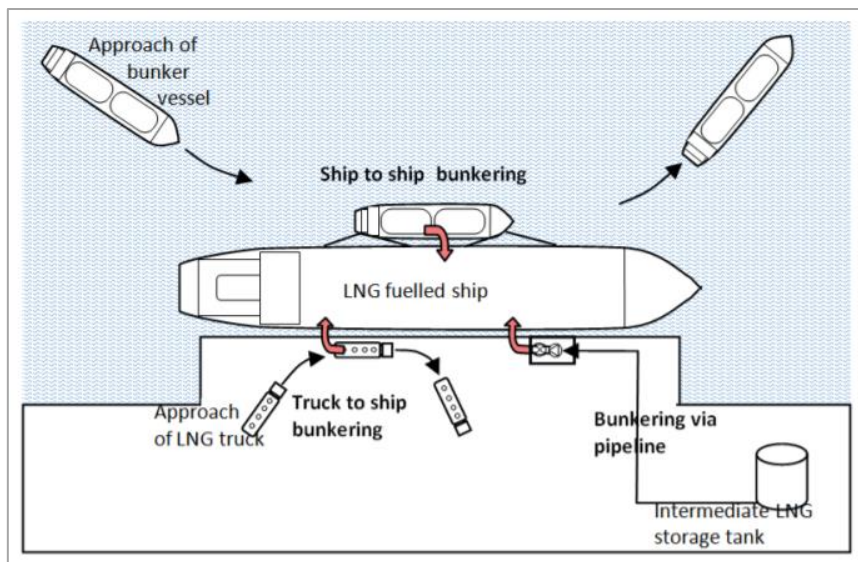
- le système PTS est le mieux adapté pour répondre aux besoins d'approvisionnement en grands réservoirs, grâce à des partenariats avec les exploitants de navires.

Dans la Figure 3, ces options sont représentées ensemble de manière schématique.

Le Tableau 1 montre une comparaison directe entre les différentes options de soutage pour le ferry, l'OSV (Offshore Support Vessel) et le porte-conteneurs.

Il convient de noter que l'option PTS est configurée avec un petit réservoir sous pression, alors que l'option du grand réservoir, plus correctement appelée "Tank-to-Ship", n'est pas considérée ici.

Figure 3. Représentation schématique des principales options de soutage du GNL



Source: IMO - International Maritime Organization, "Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping" 2016, London¹³

¹³ Cfr.: <http://www.imo.org>

Tableau 1. Comparaison des performances des quatre options de soutage pour des utilisations spécifiques

Tipologia	Capacità (mc)	Flusso (mc/h)	Tipo di cliente	Capacità cliente (mc)	Numero carichi
TTS	40	50	traghetto	200	5
		50	OSV	300	8
		ND	porta-container	2400	-
PTS	500	50	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	5
STS	300-2400	67	traghetto	200	1
		200	OSV	300	1
		600	porta-container	2400	1
LNG ISO container	40	40	traghetto	200	5
		40	OSV	300	8
		N/A	porta-container	2400	-

Source : MISE, "Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL", annexe au chapitre 2

On trouvera ci-dessous quelques informations sommaires sur ces modifications technologiques de l'avitaillement en GNL, tirées de l'annexe du chapitre 2 "APPROBATION ET STOCKAGE DU GNL" du "Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL" préparé par un groupe de travail coordonné par le MISE, déjà mentionné dans le texte.

1.4.1 Ship-to-Ship (STS)

Ce terme désigne le transfert de GNL d'un navire ou d'une barge transportant du GNL comme cargaison à un autre navire pour l'utilisation du GNL comme carburant. Les opérations de soutage peuvent être effectuées au port ou, à défaut, en mer. Parmi les principaux avantages reconnus à ce mode de soutage figurent la possibilité d'opérer en mer même sans avoir à entrer dans le port, lorsque les conditions météorologiques et les vagues le permettent, et la possibilité de transporter de gros volumes de produits dans des délais rapides.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet





1.4.2 *Truck-to-Ship (TTS)*

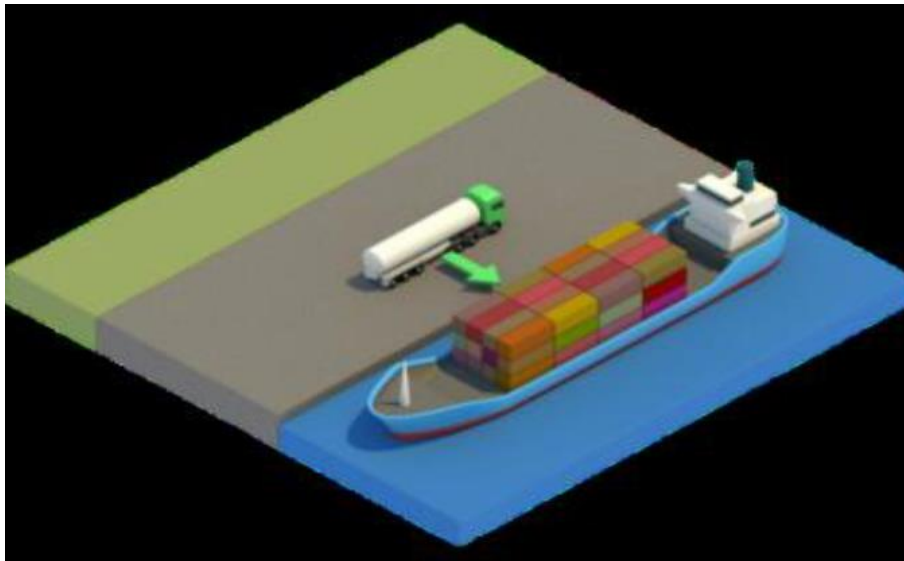
Cette expression désigne le transfert de GNL d'un navire-citerne à un navire amarré au quai ou à la jetée. Cette opération s'effectue généralement par le raccordement d'un tuyau cryogénique conçu pour le service GNL. Il est ainsi possible de transférer un chargement complet du pétrolier, d'un volume de 40 à 50 m³, en une heure environ. Cette option de soutage offre une grande souplesse géographique et est particulièrement intéressante dans la phase de démarrage pour les investissements faibles, bien que seules de petites quantités de produits puissent être transférées. Ces opérations sont donc adaptées aux navires dotés de petits réservoirs, tels que les remorqueurs, les bateaux de pêche, etc., alors qu'elles sont difficiles à réaliser pour les navires plus grands tels que les ferries avec des réservoirs de 400 m³.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet





1.4.3 Terminal (Port)-to-Ship (PTS)

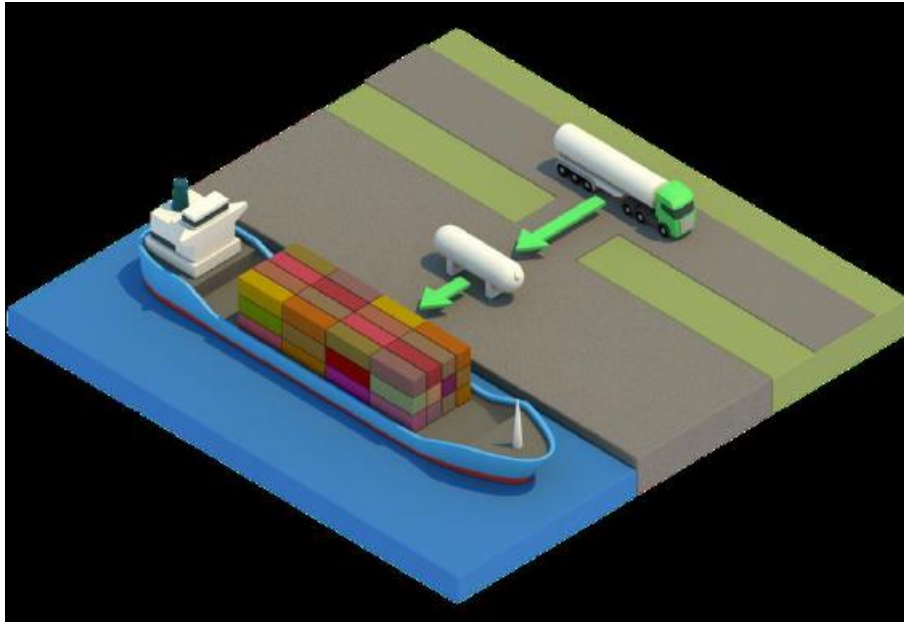
Le GNL est transféré à partir d'un réservoir de stockage fixe à terre (*Tank*) par une conduite cryogénique avec des bras de chargement (dans le cas d'un réservoir de stockage d'un terminal de regazéification), avec une extrémité flexible (*Pipeline*) ou la conduite d'un navire amarré à un quai, situé à proximité (*Shore*), en raison du coût d'installation et d'exploitation d'un pipeline cryogénique. Le réservoir à terre, un réservoir de stockage intermédiaire dans un terminal GNL ou un dépôt côtier, peut être un petit réservoir sous pression qui est à son tour alimenté par un pétrolier, un train, un navire-navette ou une mini usine de liquéfaction. On peut aussi utiliser un grand réservoir à pression ambiante (surtout s'il y a une usine de regazéification à proximité). Par rapport à la solution TTS, le PTS garantit des débits plus élevés, adaptés à l'approvisionnement de grands navires.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet





En ce qui concerne cette option, il convient également de mentionner la solution technique consistant à construire des postes d'amarrage contenant des réservoirs de stockage de GNL pour approvisionner les navires à passagers, ce qui permet de surmonter les restrictions d'exploitation de ce type de navires (ainsi que les problèmes de sécurité et autres risques liés aux activités exercées) et la nécessité pour eux d'effectuer des opérations de "soutage" en même temps que les opérations "commerciales" (embarquement/débarquement de passagers et de voitures) en raison des restrictions d'horaires. La Figure 4 montre quelques quais pour l'amarrage avec des réservoirs de stockage de GNL.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 4. Quai d'amarrage avec réservoirs de stockage de GNL



1.4.4 Citernes mobiles ou conteneurs cryogéniques ISO

Modalité à utiliser comme dépôt de carburant ; la quantité de produit transférée est flexible car elle dépend du nombre de réservoirs. Entre les citernes mobiles peuvent être utilisés des conteneurs ISO, des citernes mobiles cryogéniques de dimensions standard égales à celles d'un conteneur ISO (1 EVP) ou d'un double conteneur (2 EVP). Ils peuvent être chargés sur un navire avec des grues à conteneurs dédiées ou sur un camion en mode Ro-Ro (Roll-on/Roll-off). Étant intermodaux, comme tous les conteneurs ISO, ils peuvent être transportés par camion, par train ou par bateau. Le réservoir est sous pression et peut avoir une capacité d'environ 20 et 45 m³.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet





TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



2 LA MÉTHODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

2.1 GÉNÉRALITÉS ET OBJECTIFS

L'analyse du cycle de vie (LCA - *Life Cycle Assessment*) est une méthodologie internationale développée depuis les années 1990 dans le secteur industriel (SETAC -*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*), généralement reconnue comme un outil potentiellement très efficace pour prendre en compte la dimension environnementale des produits.

Né comme le principal outil de la "*life-cycle thinking*"¹⁴, c'est-à-dire une approche qui vise à considérer le cycle de vie d'un produit afin de réduire son impact environnemental global "*from the cradle to the grave*"¹⁵, tout en cherchant à éviter que les initiatives axées sur des phases individuelles du cycle de vie ne se contentent de déplacer la charge environnementale vers d'autres phases, l'ACV permet de quantifier les impacts environnementaux potentiels associés aux biens et services (produits), les avantages environnementaux, les compromis et les domaines à améliorer en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie du produit, même si, pour des raisons pratiques, l'analyse est limitée dans des limites bien définies¹⁶.

L'inventaire du cycle de vie (ICV) et l'évaluation de l'impact du cycle de vie (EICV) sont des parties conséquentes de l'ACV, où :¹⁷

- L'inventaire du cycle de vie (*LCI-Life Cycle Inventory*) est la collecte et l'analyse de toutes les données environnementales d'entrée et de sortie (par exemple, la consommation de matières premières, de ressources et d'énergie, les émissions dans l'atmosphère et les masses d'eau, la production de déchets, etc.) liées à un produit tout au long de son cycle de vie, de l'acquisition des matières premières à la fin de la vie ;
- L'évaluation de l'impact du cycle de vie (*LCIA-Life Cycle Impact Assessment*) est l'estimation des indicateurs de pression environnementale en termes, par exemple, de changement climatique, de smog, d'épuisement des ressources, d'acidification, d'effets sur la santé humaine, etc., liés aux intrants et extrants environnementaux attribuables au cycle de vie du produit considéré.

¹⁴ En français : "*La prise en compte du cycle de vie*".

¹⁵ Lett.: "*Du berceau à la tombe*".

¹⁶ Cfr.: COM (2003)302 final: Communication de la Commission au Conseil et au Parlement européen sur la politique intégrée des produits, chapitre 3 "L'approche PIP".

¹⁷ DG Environnement de la Commission européenne, Plateforme européenne sur l'analyse du cycle de vie (ACV), dans : <https://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Pour une analyse correcte du cycle de vie d'un bien ou d'un service, il est donc évident qu'il est essentiel de disposer de données détaillées, cohérentes avec les chaînes de production réelles de référence et de haute qualité, ainsi que d'une action systématique pour les collecter, afin qu'elles puissent constituer un point de départ fiable pour les évaluations ultérieures.

Au fil du temps, le rôle de l'ACV s'est accru dans le secteur industriel pour aider à réduire les effets négatifs globaux sur l'environnement tout au long du cycle de vie des biens et des services. Cette méthode est également utilisée à des fins de **marketing** pour améliorer la compétitivité des produits sur le marché ainsi que la communication avec l'administration publique.

Dans le cadre de la **planification stratégique**, l'ACV est un outil d'aide à la décision pour améliorer, par exemple, la conception des produits, le choix des matières premières, la sélection des options technologiques, la définition de critères spécifiques pour la conception et le recyclage des marchandises, etc.

L'ACV soutient l'**analyse comparative** entre différentes options de produits ou **solutions technologiques** et peut être utilisée dans le processus de prise de décision des investissements dans les achats et la technologie, les systèmes d'innovation de produits/procédés.

En conclusion, le principal avantage de cette approche est donc de fournir un outil unique permettant de mieux comprendre l'impact environnemental d'un produit (bien ou service) et son effet à chaque étape de la chaîne de production et de montrer les avantages concurrentiels d'un système de produit spécifique par rapport à un autre système concurrent ou substitutif.

2.2 LA NORME DE RÉFÉRENCE POUR LE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

La **méthodologie ACV** a été codifiée par les **normes UNI EN ISO 14040:2006 "Analyse du cycle de vie - Principes et cadre" et 14044:2018 "Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices"**, qui constituent donc les normes internationales de référence¹⁸. L'approche ACV prévoit donc:

1. une phase initiale définissant les objectifs et la portée de l'ACV ;
2. une phase d'inventaire du cycle de vie (ICV) ;
3. une phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA) ;
4. une phase finale d'interprétation des résultats, visant à déterminer si les buts fixés dans la définition de l'objectif et du champ d'application peuvent être atteints, qui sont ensuite

¹⁸La norme ISO 14044 combine et remplace les versions précédentes des normes 14041 à 14043..

traduits en recommandations et actions visant à minimiser les impacts environnementaux.

Au niveau européen, l'importance stratégique de l'adoption de la méthodologie ACV comme outil scientifiquement approprié pour l'identification des aspects environnementaux significatifs est clairement exprimée dans le Livre vert COM (2001)68CE et COM (2003)302 CE sur la politique intégrée des produits, et est également suggérée, au moins indirectement, dans les règlements européens : EMAS (Reg. 1221/2009) et Ecolabel (Reg. 66/2010).¹⁹.

En ce qui concerne les différents systèmes d'approvisionnement et de stockage du GNL dans les zones portuaires, l'ACV peut indiquer des synergies qui réduisent l'impact environnemental global en partageant les ressources d'infrastructure et en utilisant des produits et services collatéraux pour réduire l'impact environnemental local cumulé.

Alors que ces dernières années un certain nombre d'études et de recherches ont été développées en général sur la chaîne de valeur du GNL, l'objectif de ce document, comme indiqué dans l'introduction, est de développer un ensemble de critères et d'outils de base pour la définition de lignes directrices spécifiques pour l'application opérationnelle de l'ACV aux différentes configurations de soutage de GNL dans le secteur maritime portuaire de la zone transfrontalière.

En ce qui concerne plus particulièrement le processus d'adoption du GNL comme carburant de substitution pour la navigation, la référence est le "*Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities and Administrations*"²⁰ de 2018 préparé par l'AESM²¹, en étroite collaboration avec la DG Mobilité et Transports de la Commission européenne, les États membres et l'industrie dans le cadre du Forum européen de la navigation durable (FESD), dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2014/94/UE²².

Selon le guide, le GNL en tant que carburant de substitution pour le transport maritime est de plus en plus conçu comme une stratégie de conformité environnementale, tant dans le transport maritime que dans les ports. En effet, grâce à une réduction significative des émissions d'oxydes de soufre (SOx), de particules (PM) et d'oxydes d'azote (NOx) immédiatement

¹⁹ Cfr.: <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/ipp/lca>

²⁰ Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

²¹ Agence européenne pour la sécurité maritime, créée en vertu du règlement CE 1406/2002 (tel que modifié) pour assurer un niveau élevé, uniforme et efficace de sécurité maritime, de prévention et de lutte contre la pollution causée par les navires et la pollution marine causée par les installations pétrolières et gazières.

²² Cfr.: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/news/2018-02-06-Ing-bunkering-guidance_en

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



déTECTABLES, l'utilisation du GNL dans le secteur portuaire maritime est aujourd'hui largement sollicitée par un cadre réglementaire de référence à différents niveaux.

L'adoption du GNL comme carburant de substitution pour la navigation maritime, grâce à l'implication des opérateurs du secteur, des chantiers navals, des organismes représentatifs, des diverses autorités nationales compétentes, y compris la participation active évidente et fondamentale des autorités portuaires, gagne rapidement du terrain grâce aux progrès technologiques considérables qui ont marqué la conception des navires alimentés au GNL et les opérations de soutage du GNL : il est donc essentiel que toutes les parties prenantes maintiennent le même rythme dans ce processus²³.

Conscient, par conséquent, qu'à l'heure actuelle l'adoption du GNL comme carburant de substitution pour le secteur maritime-portuaire est une option techniquement viable, le guide de l'AESM explore le potentiel du GNL dans cette direction, en tant qu'outil supplémentaire au service des autorités/administrations portuaires pour accepter le GNL comme carburant de manière claire et sûre, dans le cadre de la directive 2014/94/UE.

Le guide de l'AESM définit les meilleures pratiques pour les mesures de contrôle du soutage et du stockage de GNL à petite échelle (SSGNL), couvrant les éléments suivants: ²⁴

²³ Cfr.: Guida EMSA 2018, cit.

²⁴ Cfr. : Réglementation-Fonction-Autorisation-Risques et Sécurité-Emergences-Gestion de la qualité-Certification-Formation ; EMSA Guide 2018 cité, § 1.1 "Scope", p. 25.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Regulations

- High level instrument at EU and international levels, relevant for LNG bunkering.
- Standards
- Guidelines
- Industry best practice
- Port Regulations

Operations

- Control Zones
- Safety Distance approval
- Simultaneous Operations (SIMOPS)
- Mooring of the receiving ship and bunker facility.
- Check-lists
- Operational Envelopes (weather conditions, sea state, wind speed and visibility)
- General Procedures for Port Authorities.

Permitting

- Spatial planning
- Approval of bunker locations.
- Definition of simplified
- Overall responsibility for the good governance and framework for LNG bunker operations in the port.

Risk & Safety

- LNG Bunkering Risk Assessment
- Definition of Risk Acceptance Criteria
- Evaluation of Risk Assessment reports – Best practice for the evaluation of Risk Assessment report.

Emergency

- Approval of safety and emergency response plans
- Emergency Preparedness & Response Plan
- Shore side contingency plans, emergency response systems.
- Definition of emergency procedures for the different types of LNG Bunkering.
- Best practice in response to LNG Hazards.

Quality Management

- Several elements considered relevant to ensure the quality of the LNG bunkering process, from a PAA perspective.
- Check-lists updated to include relevant indications for PAAs.
- Incident Reporting.
- Port Bye laws. Best practice in setting up port specific requirements.

Certification

- Accreditation of the Bunker Facility Operator (BFO),
- Qualification of the Person in Charge.
- Applicability of an accreditation scheme for LNG bunker operators in the ports under their authority.
- Certification of LNG bunker barges, non-IGC bunker vessels

Training

- Training Matrix with identification of multiple training requirements in the Bunkering Interface.
- Competencies, Qualifications and Training for LNG Bunkering.
- Qualification for the PIC
- Training Certification

Le guide est applicable de manière complémentaire aux normes et aux outils de bonnes pratiques existants, dans le but de fournir des recommandations de bonnes pratiques aux autorités portuaires (AP, devenues en Italie AdSP, ou Port System Authorities) ou aux

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l’ACV dans les systèmes d’évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



administrations portuaires (PAA) qui les soutiennent lorsqu'elles sont impliquées dans le soutage de GNL dans leurs zones de juridiction portuaire, dans le cadre d'un effort commun pour accroître la sécurité et la durabilité.

En ce qui concerne plus particulièrement les bonnes pratiques environnementales liées à l'avitaillement en GNL²⁵, pertinentes aux fins du présent document, l'impact associé à l'utilisation du GNL comme carburant de transport peut être examiné sous deux angles :

- a) le bénéfice net du remplacement des combustibles traditionnels par le GNL en termes de pollution atmosphérique locale (SOx, NOx et particules),
- b) le fort potentiel d'émission de gaz à effet de serre du méthane (principal composant du GNL).

Si, en fait, par rapport au premier profil, le GNL occupe déjà une position de premier plan en tant que combustible de substitution²⁶, il convient de souligner que les préoccupations relatives aux avantages réels des gaz à effet de serre sur le cycle de vie, y compris le GNL, sont toujours en cours de discussion, ce qui nécessite une attention adéquate et l'élaboration de mesures appropriées pour surveiller et atténuer les émissions de méthane (CH4) dans l'atmosphère.

À cet égard, il convient en effet de rappeler que le GNL est toujours un combustible fossile.

Le défi consiste donc à renforcer les avantages découlant de l'utilisation du GNL comme combustible, tout en réduisant les effets négatifs potentiels sur l'environnement qui découlent de son utilisation.

À cette fin, lors de l'examen des avantages potentiels de l'utilisation du GNL comme carburant pour le transport maritime, le guide de l'AESM considère que les facteurs suivants doivent être pris en compte :

- Technologie des moteurs;
- Qualité et composition du GNL ;
- Analyse du cycle de vie du GNL, prenant en compte la source de gaz naturel, la production, la liquéfaction, la chaîne de transport/distribution et l'efficacité globale de la propulsion d'un navire donné.

²⁵ Cfr.: Guide EMSA 2018, cit.

²⁶ Comme mentionné ci-dessus (§1.1), le GNL ne contient pas de soufre, de sorte que les émissions de SOx sont presque nulles, de même que les émissions de particules ; en outre, comme il présente un rapport hydrogène/carbone plus élevé que les carburants classiques, les émissions spécifiques de CO2 sont plus faibles.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

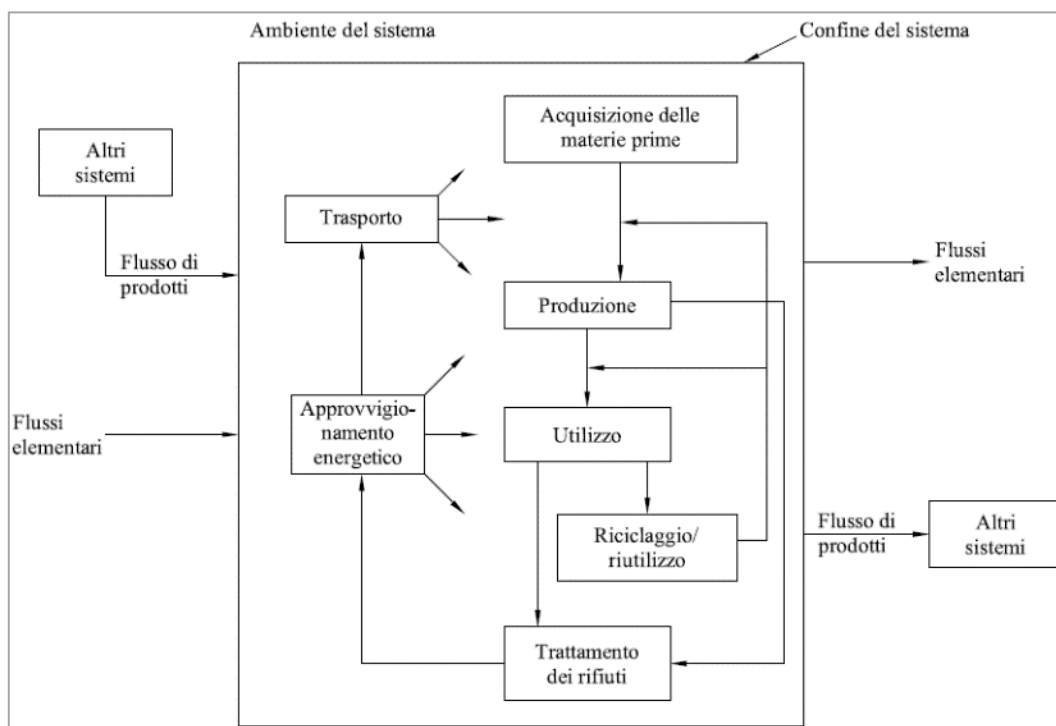


2.3 CADRE CONCEPTUEL DE RÉFÉRENCE À L'ACV DU BUNKERING DU GNL

2.3.1 Le système analysé

Compte tenu de cette méthodologie, l'ACV modélise le cycle de vie d'un produit comme un "système de produits" caractérisé par une ou plusieurs de ses propres fonctions, comme le montre la Figure 5:

Figure 5. Exemple de système de produit pour l'ACV



Source: ISO 14040:2006 - Point 4.4

Comme le montre la Figure 6ci-dessous, les systèmes de produits sont divisés en une série de **processus unitaires** qui permettent d'identifier plus facilement les éléments d'entrée et de sortie du système de produits lui-même.

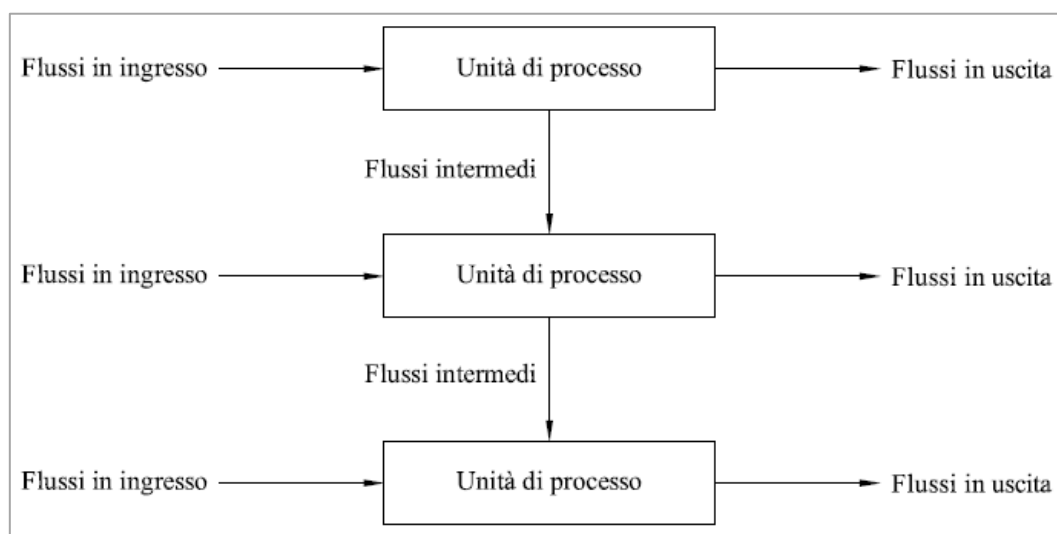
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 6. Exemple d'une série de processus unitaires au sein d'un système de produits



Source: ISO 14040:2006 - Point 4.4

Les **processus unitaires** sont reliés entre eux par des flux intermédiaires, avec d'autres systèmes de produits par des flux de produits et avec l'environnement par des flux élémentaires. Ces derniers peuvent inclure l'utilisation des ressources et les rejets dans l'air, l'eau et le sol associés au système : des interprétations pertinentes peuvent être tirées des données correspondant à ces flux élémentaires, en fonction de l'objectif et de la portée de l'ACV, formant les résultats de la LCI (*Life Cycle Inventory Analysis*) et les éléments d'entrée pour la LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*).

Dans le contexte de ce rapport, le "système de produit" doit être compris comme l'option technologique choisie pour le soutage de GNL dans le cadre des services de GNL à petite échelle. Par conséquent, les unités de traitement seront les opérations individuelles qui configurent, respectivement, ces modes de soutage de GNL.

Ce n'est qu'après avoir identifié le "produit" (système de produit) à modéliser qu'il sera possible de définir, aux fins de leur évaluation, les flux de matières et d'énergie entrants et sortants.

2.3.2 Principes généraux

Selon les normes ISO de la série 14040, comme prévu ci-dessus, une étude ACV comporte quatre phases principales :

- a) Définition de l'objectif et du champ d'application du LCA (*Goal and Scope Definition*) ;

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- b) Analyse de l'inventaire des modes de vie (*LCI – Life Cycle Inventory Analysis*) ;
- c) Évaluation de l'impact du cycle de vie (*LCIA – Life Cycle Impact Assessment*) ;
- d) Interprétation, avec évaluation des résultats et conclusions en termes de recommandations pour améliorer la performance environnementale du système analysé, généralement contenues dans un rapport (*Interprétation*).

Afin d'analyser le cycle de soutage du GNL, il est nécessaire d'examiner non seulement les effets de la production de GNL et de son transport sur de longues distances par bateau, mais aussi l'impact potentiel que les émissions de méthane peuvent avoir sur le GNL en tant que potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Comme nous l'avons vu plus haut, différents processus et matériaux sont en fait nécessaires pour livrer le gaz naturel extrait à son utilisation finale : le gaz naturel extrait est transporté par gazoduc jusqu'aux usines de traitement et de liquéfaction du GNL, qui sont ensuite traitées ; le GNL est ensuite transporté par des navires dédiés au terminal GNL et aux installations de stockage de l'industrie locale ; enfin, la barge ou le camion-citerne de GNL livre le GNL, qui est ensuite stocké dans la cuve du navire alimenté en GNL au terminal.

L'analyse de la chaîne d'approvisionnement du GNL selon une approche ACV prend également en compte l'impact potentiel que les émissions de méthane peuvent avoir sur le GNL en tant que carburant en termes de potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

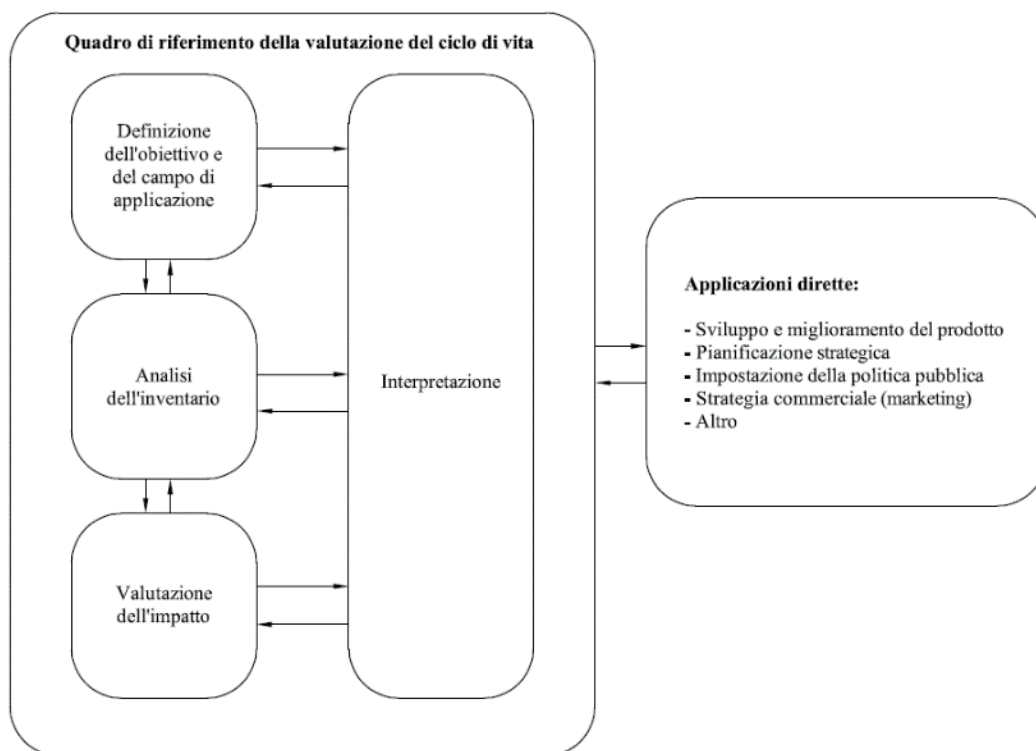
En fait, les rejets de méthane peuvent se produire pendant toutes les phases du cycle de vie du GNL.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet

Figure 7. Phases du LCA



Source: ISO 14040:2006 - Point 4.2.3

Pour la quantification des effets du changement climatique, une analyse ACV de l'ensemble de la chaîne de valeur du GNL quantifie les différentes contributions résultant de la :

- Les émissions de CO₂ provenant de l'énergie dépensée pour l'extraction, la transformation, la liquéfaction, le transport et la distribution du GNL ;
- Émissions de CH₄ liées aux rejets accidentels de méthane tout au long du cycle de vie et de la chaîne d'approvisionnement du GNL.

À cet égard, il est clair que, si le facteur d'émission de carbone du GNL - en termes d'émissions réelles de CO₂ provenant de la combustion du GNL comme carburant - est environ 25 % inférieur à celui du diesel marin, le GNL ayant un potentiel de réchauffement planétaire (PRP) supérieur à 20-25 fois le CO₂ sur un siècle, tout rejet de méthane dans l'atmosphère est susceptible de réduire considérablement l'importance de ce carburant pour le transport maritime.

Ces éléments peuvent être bien mis en évidence par une analyse de type "*Well-to-Wake*" (W-t-W) ("du puits au sillage") qui, en concentrant l'observation sur le vecteur énergétique - compris

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



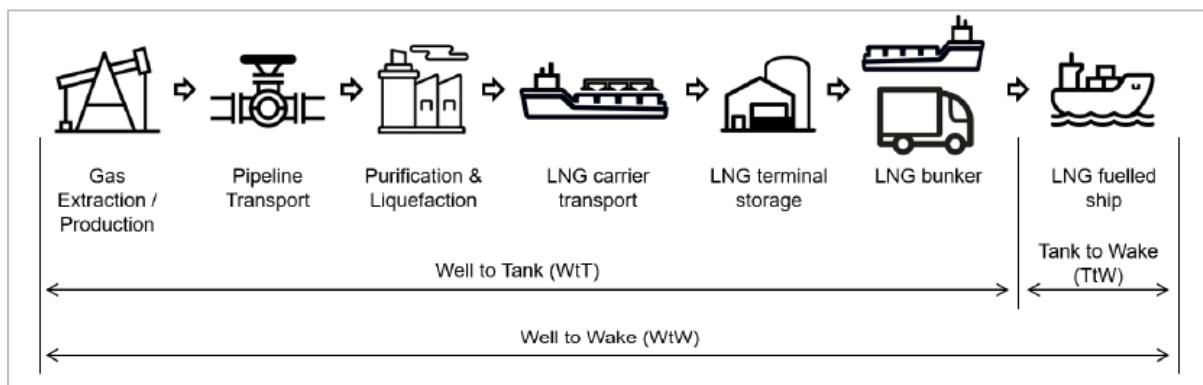
comme le "système de produit" de l'ACV - attire l'attention sur toutes les étapes de l'ensemble de la chaîne de valeur du GNL, dans ce cas, de l'extraction de la source d'énergie, à ses transformations ultérieures, à sa combustion dans les moteurs, pour évaluer sa contribution aux émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale.

Cette analyse du cycle de vie du combustible est divisée en trois phases :

1. Analyse "well-to-tank" des émissions associées aux différentes étapes de l'extraction, de la production, de la fourniture de GNL comme carburant pour la navigation ;
2. Analyse "Tank-to- wake ("du réservoir au sillage") des émissions associées à la combustion du GNL d'une partie des navires et, par conséquent, liée aux options technologiques des moteurs et aux mesures de surveillance et de contrôle mises en place pour éviter les déversements accidentels lors des opérations de soutage et de navigation ;
3. Analyse "Well-to-Wake" ("du puits au sillage") combinant les résultats obtenus à partir d'évaluations en amont afin de quantifier l'impact environnemental global du vecteur énergétique utilisé pour le transport maritime tout au long de son cycle de vie.

Dans l'étude de cas, l'approche W-t-W de l'ensemble de la chaîne de valeur du GNL peut être représentée comme suit :

Figure 8. Phases du cycle de vie du combustible GNL pour la navigation



Source: Hwang S. et al. "Life Cycle Assessment of LNG Fueled Vessel in Domestic Services", Journal of Marine Science and Engineering, 10 October 2019, MDPI Sustainability Foundation

Dans tous les cas, en adoptant une approche globale de type ACV, il est nécessaire, tout d'abord, de bien définir les objectifs à atteindre et le champ d'application de référence de l'analyse. Dans la suite, ces étapes et celles qui sous-tendent les phases ultérieures de l'ACV sont étudiées individuellement, en faisant explicitement et constamment référence aux normes ISO mentionnées à plusieurs reprises.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



A cette fin, compte tenu du fait que le présent rapport est préparatoire à la définition de lignes directrices pour l'identification et l'évaluation des impacts liés aux externalités associées aux différentes configurations de soutage dans une perspective d'ACV, dans le contexte des sections suivantes du chapitre 2, la référence est faite aux principes et au cadre méthodologique indiqués par la norme [ISO 14040](#) ; nous omettons plutôt d'entrer dans le détail des exigences spécifiques de mise en œuvre dictées par la norme ISO 14044, sinon pour approfondir les dispositions de la norme ISO 14040. D'autre part, il convient de noter ici que les lignes directrices élaborées par la norme ISO 14044 concernent essentiellement la production spécifique de biens, même différenciés, dans le cadre de processus industriels, alors que l'étude de cas est inhérente à la production de services.

2.3.3 Définition de l'objectif et du champ d'application

Généralités

Une analyse ACV commence nécessairement par une identification claire des objectifs pour lesquels elle est menée et des limites dans lesquelles elle est développée.

En effet, à partir de ces éléments, il est possible d'identifier le "[système de produit](#)", compris comme l'ensemble des processus unitaires avec des flux élémentaires et de produits, qui remplit une ou plusieurs fonctions définies et modélise le cycle de vie d'un produit, et les processus connexes pour lesquels il faut collecter des données d'entrée et de sortie, délimiter les interrelations et construire le modèle d'évaluation des aspects et des impacts environnementaux et interpréter les résultats obtenus par rapport, précisément, aux éléments de départ.

C'est donc dans cette phase que les destinataires de l'enquête sont identifiés et, si oui, il est établi si l'ACV doit s'interfacer avec d'autres instruments, par exemple d'autres normes de système (règlement EMAS, ISO 14001, etc.), les meilleures pratiques dans le secteur, ou des enquêtes de nature économique, technologique, sociale, etc.

Selon la norme de référence, si l'ACV traite des aspects environnementaux et les impacts d'un système de produits, alors que les aspects et les impacts économiques et sociaux sont généralement en dehors du champ d'application de l'ACV, d'autres instruments peuvent être combinés avec l'ACV pour des évaluations plus approfondies.

En ce qui concerne l'objet du présent rapport, les objectifs de [l'aide à la décision](#) pourraient être du type suivant :

- Comparaison du GNL comme carburant de substitution aux combustibles marins classiques

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- Examen des avantages et des obstacles potentiels du GNL (par rapport aux combustibles marins conventionnels utilisés)
- Choix des méthodes de soutage du GNL (également en ce qui concerne la possibilité réelle de contrôler le rejet de méthane dans l'atmosphère)
- Comment adapter un terminal de regazéification pour permettre également le stockage et le réapprovisionnement des navires en GNL
- Évaluation des points critiques liés aux infrastructures
- Activation des instruments de financement externe pour le développement des services SSLNG
- Vérification de la conformité avec les réglementations technico-environnementales pertinentes
- Implication des acteurs publics et privés
- Évaluation de l'acceptabilité sociale des investissements

En ce qui concerne le champ d'application, dans le cadre de cette étude, il ne couvre pas toutes les phases du cycle de vie du GNL pour la navigation, afin de se concentrer uniquement sur les aspects de soutage de ce combustible, une fois qu'il atteint le terminal par les méthaniers ; l'utilisation du GNL à bord du navire comme combustible est également exclue.

Voici donc les éléments qui peuvent être inclus dans le **champ d'application** du modèle d'ACV :

- Le "système de produit" à l'étude, qui coïncide avec l'option technologique choisie pour le soutage du GNL dans des contextes technologiques à petite échelle
- Les fonctions que le "système de produit" est appelé à remplir ou, dans le cas d'études comparatives visant à identifier les modifications les plus appropriées à apporter au terminal spécifique, les fonctions de plusieurs options technologiques de soutage
- Services supplémentaires visant à mettre en œuvre des infrastructures complémentaires/intégrales de "GNL à petite échelle" (pontons, barrages de déchargement ou autres travaux pour le débarquement, des infrastructures visant à récupérer le gaz d'évaporation, d'autres modifications des installations),
- L'expression quantitative de la performance environnementale du système de produit à déterminer, c'est-à-dire le service que le produit offre à son utilisateur
- Les catégories d'impact à prendre en compte (questions environnementales d'intérêt), lorsque, par exemple, les résultats de l'ACV doivent étayer d'autres évaluations (procédures d'évaluation des incidences sur l'environnement et/ou la santé ; délivrance de permis ; analyse des risques, etc.)
- Les exigences en matière de collecte et de téléchargement des données environnementales dans l'inventaire du cycle de vie

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- La nature et le format du rapport à produire à la fin de l'étude du cycle de vie

Il est important de souligner que, puisqu'il s'agit d'un processus itératif, au cours des activités de collecte et d'analyse des données, le champ d'application peut être remodelé afin d'atteindre les objectifs fixés.

Fonctions, unités fonctionnelles et flux de référence

Par rapport à l'objectif et à la portée assignés à l'ACV, un "produit" peut avoir une ou plusieurs **fonctions**, qui représentent les avantages de son utilisation. Dans le cas en question, les fonctions du soutage de GNL sont les avantages environnementaux dérivés de l'utilisation de ce combustible, par rapport aux combustibles marins traditionnels, également en termes de conformité réglementaire.

L'**unité fonctionnelle** est l'expression quantitative de la performance d'un système de produit à utiliser comme unité de référence, qui est nécessaire à la fois pour disposer d'un paramètre objectif auquel relier les **flux de référence** des processus et pour établir des comparaisons entre les performances de différents systèmes.

Dans le cas présent, par exemple, en supposant, en ce qui concerne la fonction de soutage du GNL, l'étude des différents systèmes d'approvisionnement et de stockage disponibles pour le transport maritime, les unités fonctionnelles pourraient être exprimées selon les paramètres suivants :

- Capacité du réservoir de stockage (m³) ;
- Débit horaire de chargement (m³/h) ;
- Capacité de chargement des navires opérationnels alimentés au GNL (m³) ;
- Navires de même type/débit alimentés en GNL dans un délai donné (n./h - n./jour)
- Pouvoir calorifique (MJ) du combustible fourni à l'utilisateur final, dans le cadre d'une analyse comparative entre différents types de combustibles.

Limite du système

La définition des **limites du système de produits** à modéliser est fondamentale pour identifier les processus unitaires à inclure dans le système et, par conséquent, les flux élémentaires entrant et sortant de ses limites (flux de matière et d'énergie qui, respectivement, sont prélevés ou libérés dans l'environnement sans subir de transformation) à quantifier dans la phase suivante de l'ACV.

Le concept est représenté graphiquement dans la Figure 5 e Figure 6 ci-dessus.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

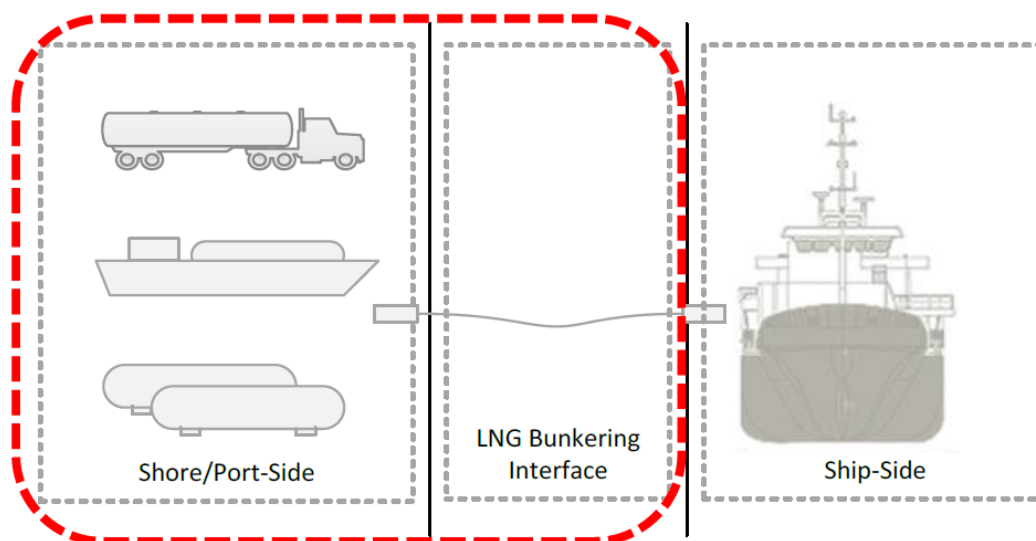
Contribution du partenaire du projet



En d'autres termes, à ce stade de l'analyse, les activités consistent à déterminer quelles phases du cycle de vie, quels processus unitaires et quels flux prendre en compte, sur la base d'un ensemble de critères qui doivent être clairement expliqués.

Aux fins du présent rapport, compte tenu des parties prenantes concernées, des objectifs supposés et du champ d'application identifié, tels que représentés de manière synthétique par la Figure 9, en supposant comme stations de référence du GNSSL.

Figure 9. Champ d'application de ce rapport (dans les hachures rouges)



Source: Guida EMSA 2018, cit.

Ces limites pourraient être exprimées comme l'illustre le Tableau 2:

Tableau 2. Critères possibles pour déterminer les limites du système

INCLUS	EXCLUS
Procédures de chargement du GNL à partir de camions-citernes (solution TTS)	Utilisation du carburant fourni dans les moteurs marins
Procédures de chargement du GNL à partir navires (solution STS)	Services auxiliaires pour démarrer le navire opérationnel propulsé au GNL
Procédures de chargement du GNL à partir de l'installation à terre (solution PTS)	Production et gestion de fin de vie des moyens utilisés pour les différentes solutions de soutage
Procédures de chargement du GNL à partir de réservoirs mobiles ou de conteneurs ISO (solution de réservoir mobile)	Utilisation du GNL stocké dans le terminal pour le Peak Shaving (en cas d'urgence)
Interface de soutage	Rechargement des méthaniers
Émissions provenant des procédures de chargement	Matériaux auxiliaires utilisés pour les systèmes de réduction des gaz d'échappement (épurateurs)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



INCLUS	EXCLUS
Construction d'infrastructures de stockage et de services auxiliaires	Émissions provenant des moyens utilisés pour le chantier
Matériaux et ressources utilisés pour l'exploitation des infrastructures	Carburants utilisés par les véhicules de chantier
Production de déchets et de matériaux d'excavation provenant de l'exploitation du site	Production et gestion de la fin de vie des équipements de chantier
Rejets dans l'atmosphère (émissions polluantes, poussières, bruit, vibrations) du chantier	Les opérations complémentaires liées à la construction navale (éclairage, chauffage, consommation d'eau, déchets assimilés, etc.)
Rejets d'eau provenant des opérations sur les chantiers de construction	Transport de matériel sur place

Exigences en matière de qualité des données

La dernière activité de base de l'ACV concerne la définition des exigences relatives aux données à inventorier, qui doivent être précisées, tant en termes quantitatifs que qualitatifs, afin d'atteindre les objectifs et la portée de l'analyse.

C'est notamment le cas lorsqu'une étude est utilisée dans des évaluations comparatives (analyse des alternatives) pour une diffusion externe.

En général, les **exigences en matière de qualité des données** doivent couvrir les aspects suivants:

- Représentativité par rapport au phénomène à collecter, en termes temporels (période de référence ou intervalle de temps des données à collecter et intervalle de temps dans lequel les données doivent être collectées), géographiques (zone géographique d'origine des données) et technologiques (technologie spécifique ou combinaison de technologies par rapport aux processus unitaires étudiés) ;
- Précision, en termes de mesure de la variabilité des valeurs des données pour chaque élément de données exprimé (par exemple en termes de variance) ;
- L'exhaustivité, en termes de mesure et d'estimations autorisées ;
- La cohérence, en termes d'évaluation qualitative, avec l'application uniforme de la méthodologie de l'étude aux différentes composantes analysées ;
- La reproductibilité, en termes d'évaluation qualitative de la mesure dans laquelle les informations sur la méthodologie et la valeur des données permettraient à un professionnel indépendant de reproduire les résultats présentés dans l'étude ;

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- f) Sources de données ;
- g) la certitude des informations (par exemple, données, modèles et hypothèses).

Ces exigences doivent également documenter la manière dont les données manquantes sont traitées.

Dans l'étude de cas, les exigences de qualité des données de flux élémentaires à collecter aux différentes étapes du cycle de vie du système de produit doivent donc être détaillées pour chaque processus unitaire.

Le niveau de qualité des données est un facteur de discrimination important en ce qui concerne la fiabilité des résultats de l'étude ACV et leur interprétation.

2.3.4 Analyse de l'inventaire du cycle de vie (LCI - Life Cycle Inventory)

Généralités

La deuxième macro-phase de l'ACV concerne les activités de collecte de données et la définition des procédures de calcul des éléments d'entrée et de sortie des processus unitaires du système de produit.

Cela signifie, en d'autres termes, créer le **modèle** de ce que l'on appelle un **éco-bilan du système étudié** (éco-bilan du produit), c'est-à-dire un schéma de comparaison analytique entre les flux élémentaires (flux de masse et flux d'énergie) en entrée et en sortie (matières premières et rejets) liés aux processus unitaires dont le système de produit est composé, dans les limites identifiées dans la phase précédente.

Comme il s'agit d'un processus itératif, au cours des opérations de collecte de données et, par conséquent, de l'acquisition d'une meilleure connaissance du système étudié, il peut s'avérer nécessaire de modifier les procédures de collecte de données afin de répondre aux objectifs fixés.

En termes de schéma, les étapes fonctionnelles pour la construction de l'inventaire sont présentées dans la Figure 10, tirée de la norme ISO 14044, et étudiées dans le paragraphe suivant.

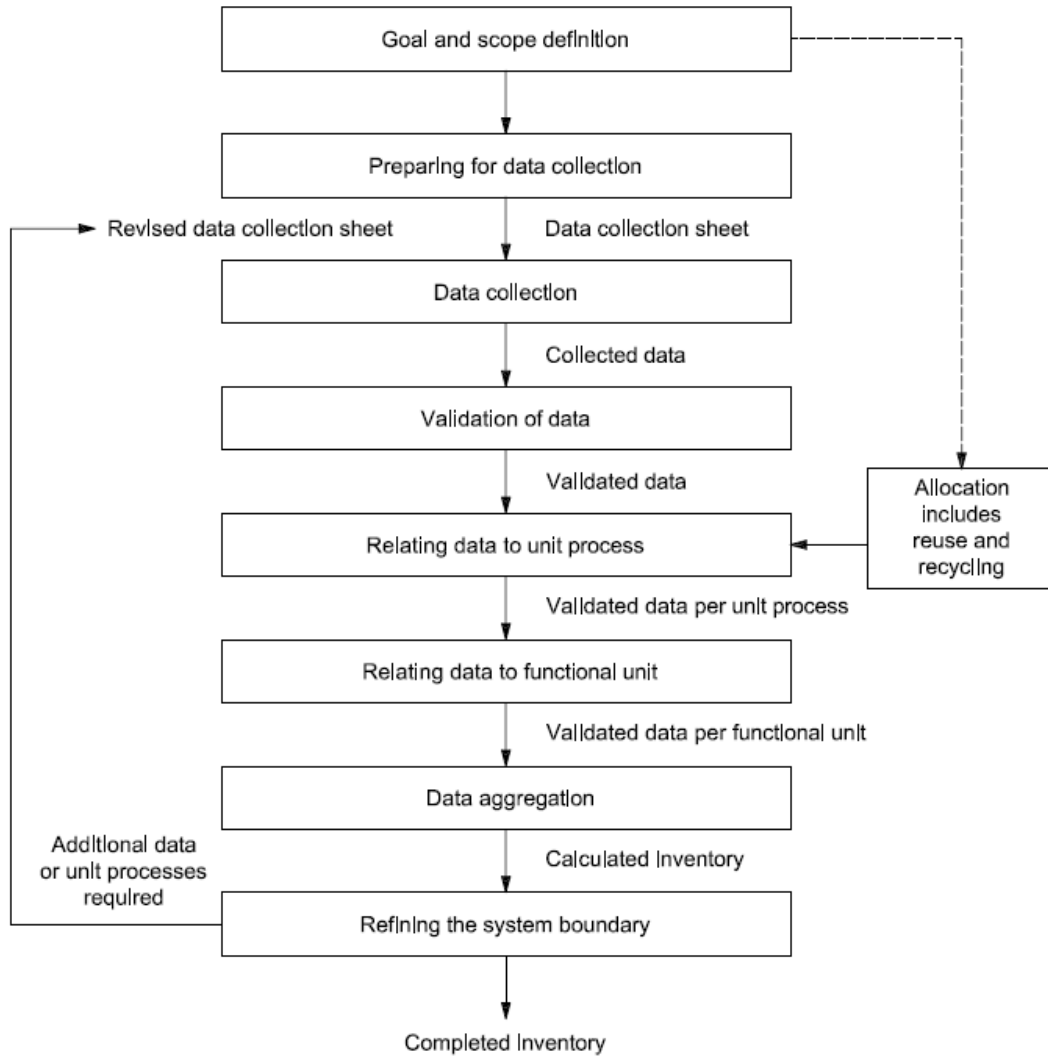
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 10. Exemple de procédures pour l'analyse des inventaires - LCI



Source : ISO 14044:2018 - Point 4.3.2.3

Collecte de Données

Les données à inclure dans l'inventaire, de nature qualitative et quantitative, conformément aux exigences de qualité établies dans la phase précédente, comme mentionné ci-dessus, doivent concerner chaque processus à inclure dans le système : les données acquises, mesurées,

calculées ou estimées²⁷, seront, en effet, utilisées pour quantifier les entrées et les sorties de chaque processus unitaire.

Pour chaque processus unitaire, les **données à collecter** peuvent être liées à des macrocatégories telles que:

- des apports d'énergie, de matières premières, de matières auxiliaires ou d'autres entités physiques ;
- produits, co-produits et déchets ;
- émission dans l'air, les rejets dans l'eau et le sol ;
- autres aspects environnementaux.

Cela montre que le processus de collecte de données peut absorber des ressources importantes et n'est pas sans difficultés opérationnelles, ce qui devrait toujours être pris en compte dans le rapport final d'ACV.

Afin de parvenir à une compréhension uniforme et cohérente du système de produits dont le modèle est construit, certaines **mesures devraient être prises pour la collecte**, notamment les suivantes :

- Tracer des organigrammes génériques décrivant tous les processus unitaires à modéliser, y compris leurs interrelations ;
- Décrire en détail chaque processus unitaire en ce qui concerne les facteurs qui influencent les entrées et les sorties ;
- Énumérer les flux et les données pertinents pour les conditions de fonctionnement associées à chaque processus unitaire ;
- Développer une liste qui précise les unités fonctionnelles utilisées ;
- Décrire les techniques de collecte et de calcul des données nécessaires pour toutes les données ;
- Fournir des instructions pour documenter clairement des cas particuliers, des irrégularités ou d'autres éléments associés aux données fournies.

²⁷ À cet égard, il convient de rappeler que les informations quantitatives sont "*mesurées*" si elles proviennent de mesures réellement effectuées, en utilisant des méthodes normalisées ou officiellement acceptées ; "*calculées*" si elles sont obtenues en utilisant des méthodes d'estimation et des paramètres multiplicatifs acceptés au niveau national ou international, représentatifs des secteurs industriels étudiés ; "*estimées*" si elles sont obtenues à partir de méthodologies non normalisées, fondées sur les meilleures hypothèses ou sur des hypothèses formulées par des experts..

TDI RETE-GNL

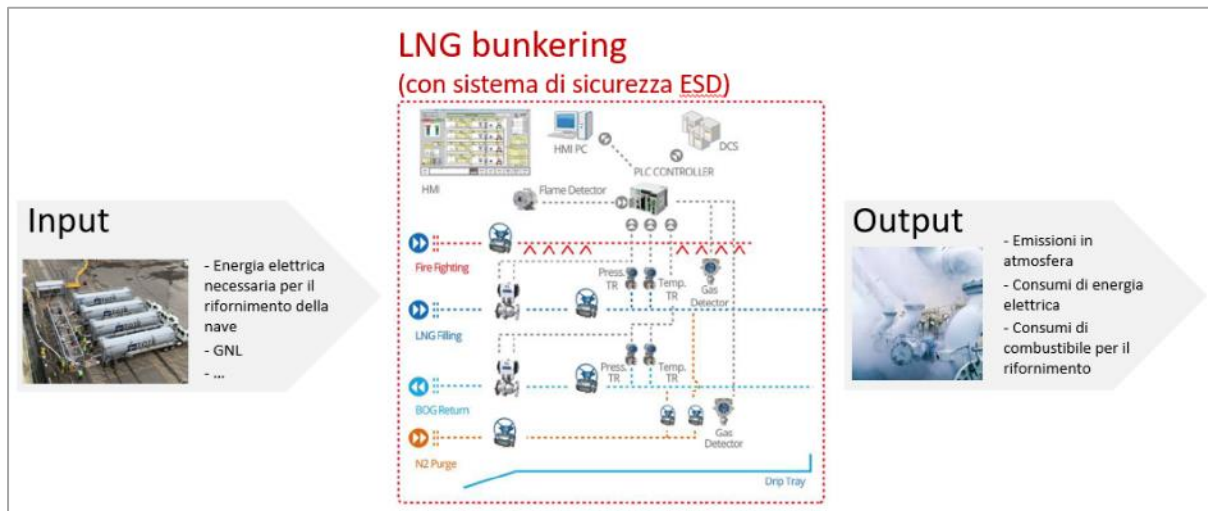
Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



En ce qui concerne le sujet du présent rapport, et plus particulièrement le processus de soutage unitaire, le **schéma du flux** pourrait prendre une configuration du type de celle présentée à la Figure 11.

Figure 11. Exemple de construction d'un LCI - Schéma du processus unitaire de soutage



Source: nt. Elaboration à partir des images tirées du Guide EMSA 2018, cit.

Des **feuilles de calcul ad hoc** peuvent être utilisées pour soutenir la collecte de données, dont la norme ISO 14044 elle-même fournit quelques exemples génériques à l'annexe A (voir Figure 12), en se référant à un processus unitaire tel que le soutage de GNL.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

Figure 12. Exemple de carte de collecte de données par processus unitaire

Completed by:		Date of completion:		
Unit process identification:		Reporting location:		
Time period: Year	Starting month:	Ending month:		
Description of unit process: (attach additional sheet if required)				
Material inputs	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Origin
Water consumption ^a	Units	Quantity		
Energy inputs ^b	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Origin
Material outputs (including products)	Units	Quantity	Description of sampling procedures	Destination
NOTE The data in this data collection sheet refer to all unallocated inputs and outputs during the specified time period.				
^a For example, surface water, drinking water.				
^b For example, heavy fuel oil, medium fuel oil, light fuel oil, kerosene, gasoline, natural gas, propane, coal, biomass, grid electricity.				

Source : ISO 14044:2018 – Annexe A - Point A.4

Calcul des données

Afin d'obtenir les résultats de l'inventaire pour chaque processus unitaire défini et chaque unité fonctionnelle du système de produit dont le modèle est construit, il est nécessaire de lancer certaines procédures de calcul telles que :

- 1) la validation des données collectées ;
- 2) la corrélation des données avec les processus unitaires ;
- 3) la corrélation des données avec le flux de référence de l'unité fonctionnelle.

La première étape opérationnelle consiste à vérifier la validité des données afin de confirmer et de fournir la preuve de la conformité aux exigences de qualité des données pour la demande décrites à la fin de la première phase de l'ACV. Par conséquent, tout en se conformant aux

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



exigences de qualité des données décrites, puisque chaque processus unitaire obéit aux lois de la conservation de la masse et de l'énergie, la validation peut impliquer, par exemple, la création de bilans de masse et d'énergie et/ou l'analyse comparative des facteurs de rejet, qui permettent de contrôler utilement la validité de la description d'un processus unitaire.

Pour la deuxième étape, il est nécessaire de déterminer un flux approprié pour chaque processus unitaire afin que les données quantitatives d'entrée et de sortie du processus unitaire soient calculées par rapport à ce flux. À cet égard, comme indiqué ci-dessus en ce qui concerne la collecte des données, la construction d'un diagramme de flux, avec indication des flux entre les processus unitaires, permet de corréler les flux de tous les processus unitaires au processus de référence.

Enfin, le calcul des données doit impliquer la référence de toutes les données d'entrée et de sortie du système à l'unité fonctionnelle préfixée.

Pour aller plus en détail sur les questions en discussion, par exemple, la Figure 13 montre les principales émissions provenant du processus de ravitaillement de l'unité fonctionnelle établie à 1Mj de GNL, où l'intérêt aux fins du présent rapport, dans l'ensemble de la chaîne de valeur, est le seul processus de distribution de carburant aux navires (en pointillé rouge).

Figure 13. Exemple de résultats d'inventaire pour les émissions atmosphériques (flux de sortie de polluants) du processus de soutage de GNL de 1Mj

	Extraction and drying	Sweetening	Natural gas liquefaction	Transport of LNG	LNG evaporation	Natural gas distribution at long-distance pipeline	Natural gas distribution at high pressure to the consumer	Natural gas distribution at low pressure to the consumer	Total
CO ₂	Kg 2.3E-03	5.9E-03	5.5E-03	6.8E-03	2.4E-03	6.6E-04	4.1E-04	1.8E-04	2.4E-02
CO	Kg 6.3E-06	1.4E-05	8.6E-06	6.4E-06	3.8E-06	8.7E-07	6.2E-07	1.3E-06	4.2E-05
H ₂ S	Kg 2.8E-09	1.3E-09	2.3E-09	9.9E-09	2.2E-09	2.7E-10	4.2E-09	1.0E-09	2.4E-08
N ₂ O	Kg 3.9E-08	9.0E-09	3.6E-09	1.2E-07	3.2E-08	1.0E-08	6.2E-09	2.6E-09	2.2E-07
S ₂ O	Kg 1.4E-06	1.4E-04	1.3E-05	3.6E-06	4.3E-07	9.0E-07	3.0E-07	4.1E-07	1.6E-04
Group NMV-OC to air	kg 5.8E-06	1.1E-04	1.2E-05	1.4E-06	1.4E-07	7.3E-07	2.8E-06	1.1E-05	1.4E-04

Source: Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al. "Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment", Int J Life Cycle Assess 22, 1944–1956 (2017)

Allocation des flux et des rejets

Lorsque des procédés à partir desquels plus d'un produit est obtenu comme produit final, éventuellement par le recyclage/la réutilisation d'intermédiaires comme matières premières

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



secondaires, sont étudiés, la nécessité de disposer de procédures documentées claires et bien définies pour l'attribution des intrants et des extrants aux différents produits doit être prise en compte.

Dans l'étude de cas, lorsque l'on construit le modèle pour la production de services uniquement, où la chaîne de valeur d'intérêt se limite aux seules opérations de soutage, cette étape opérationnelle devrait être assez linéaire.

De toute évidence, l'analyse devient plus complexe car les limites du système incluent également la construction navale, par exemple les infrastructures de stockage et d'approvisionnement.

Dans tous les cas, le processus d'agrégation des entrées et des sorties doit être bien résolu lors de la conception des organigrammes mentionnés ci-dessus.

2.3.5 Évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA-Life Cycle Impact Assessment)

Généralités

Cette phase de l'ACV vise à comprendre et à évaluer l'intensité et l'ampleur des impacts potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie, en utilisant les résultats de LCI et en fournissant des informations pour la phase d'interprétation de l'ACV du système modélisé.

En termes généraux, cela implique d'associer les données d'inventaire à des catégories spécifiques d'impacts environnementaux - c'est-à-dire des ensembles de questions environnementales d'intérêt - et à des indicateurs de catégorie - c'est-à-dire une représentation quantifiable des catégories d'impact - et d'approfondir la compréhension des impacts émergents.

La LCIA est différente des autres techniques telles que l'évaluation des performances environnementales, l'évaluation de l'impact environnemental ou l'évaluation des risques car il s'agit d'une approche relative basée sur une unité fonctionnelle ; cependant, elle peut interagir avec ces autres techniques, en utilisant ou en fournissant des informations.

La LCIA est composée d'**éléments obligatoires** et **facultatifs** dans le cadre d'un processus itératif que la norme ISO 14040 schématise comme suit :

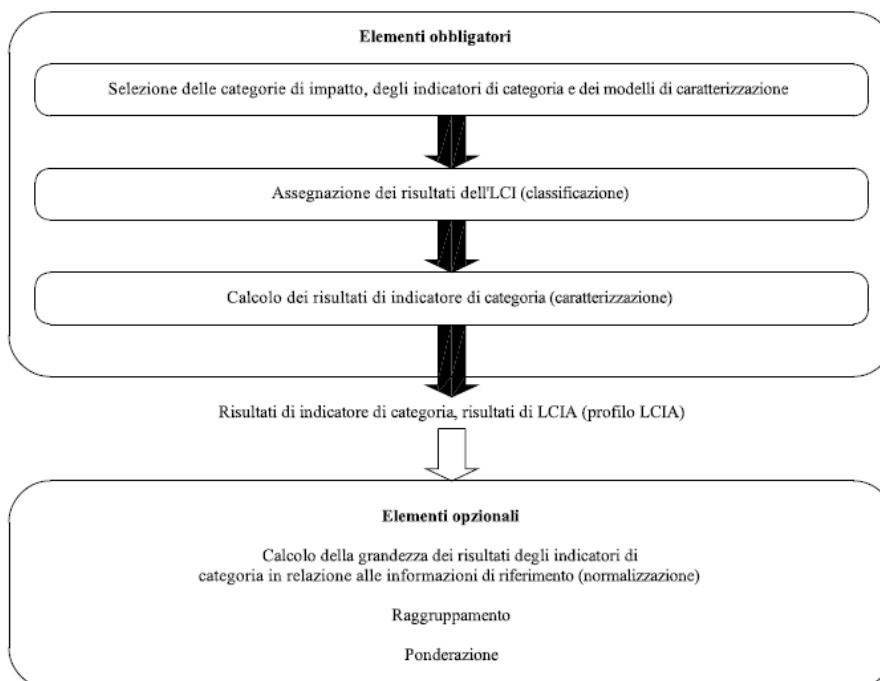
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 14. Éléments de la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie - LCIA



Source : ISO 14040:2006 – Punto 5.4.2

La norme ISO 14044 développe ces éléments et définit les exigences et les recommandations qui doivent être prises en compte pour leur développement pratique.

Nous aimerions ici mettre en évidence certaines questions liées à la LCIA. Tout d'abord, il faut garder à l'esprit que la LCIA n'aborde que les problèmes environnementaux spécifiés dans l'objectif et la portée de l'étude, et qu'il ne s'agit donc pas d'une évaluation complète de tous les problèmes environnementaux du système de produit modélisé. En ce sens, l'analyse d'impact du cycle de vie peut inclure un processus de révision à rebours de l'objectif et du champ d'application afin :

- déterminer quand les objectifs de l'étude ont été atteints,
- modifier l'objectif et le champ d'application si l'évaluation indique qu'ils ne peuvent être atteints.

Cependant, le LCIA est fortement conditionné par la phase précédente d'inventaire du cycle de vie, de sorte que des facteurs tels que la définition inadéquate des limites du système, la négligence de certains processus unitaires ou des éléments d'entrée et de sortie de chaque processus unitaire, la qualité insuffisante des données de LCI, due à une faible représentativité

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



(spatiale, temporelle ou technologique), l'exhaustivité ou la cohérence avec le système de produits étudié et ses processus unitaires, peuvent affecter l'évaluation des résultats de LCI.

En outre, l'un des principaux facteurs critiques de cette phase d'évaluation est l'objectivité associée au choix du modèle d'évaluation lui-même qui, contrairement à la phase d'analyse de l'inventaire, n'a pas encore atteint un bon niveau de standardisation. À cet égard, il sera essentiel d'assurer une extrême clarté dans la définition des hypothèses formulées, qui seront bien documentées dans le rapport d'étude final.

La Figure 15 donne un exemple de la manière dont la phase LCIA inclut la collecte des résultats des indicateurs pour les différentes catégories d'impact, qui, dans leur ensemble, constituent le profil LCIA du système de produits.

En particulier, les indicateurs de l'exemple représentent, en termes quantitatifs, la contribution de la chaîne GNL au phénomène du réchauffement climatique : il convient de noter que dans ce cas également, comme dans la Figure 13, prise à partir de la même source, c'est toute la chaîne de valeur du GNL qui est prise en considération et pas seulement les systèmes de distribution.

Des exemples d'indicateurs associés aux différentes catégories d'impact pour cette étude de cas seront fournis au chapitre 4 ci-dessous.

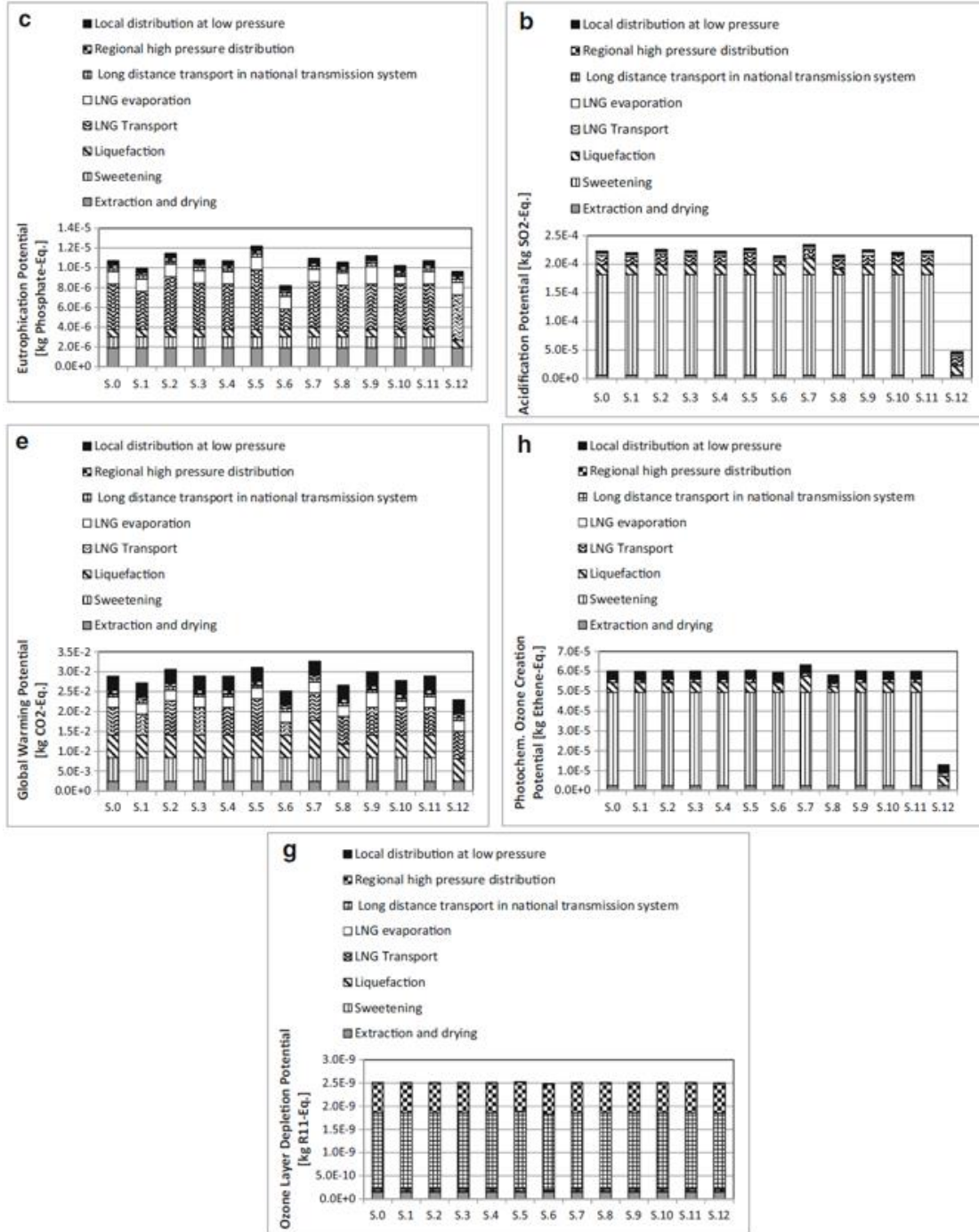
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 15. Analyse du cycle de vie de la chaîne d'approvisionnement en GNL pour l'utilisateur final (valeurs par unité fonctionnelle égales à 1 MJ de GNL livré à l'utilisateur final)



TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Source : Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al “Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment”, cit.

2.3.6 Interprétation du cycle de vie (Life Cycle Interpretation)

L'interprétation du cycle de vie est la phase finale de l'étude ACV, dans laquelle les résultats de la phase d'analyse de l'inventaire (LCI) et de l'évaluation du cycle de vie (LCIA) sont combinés et étudiés d'une manière qui est cohérente avec l'objectif et le champ d'application définis, de sorte que des conclusions et des recommandations puissent être tirées, fournissant ainsi une aide à la décision.

Les résultats de l'interprétation du cycle de vie doivent refléter les résultats de l'élément de désinvestissement. Il convient de considérer que cette dernière étape peut également générer un processus itératif de révision et de réexamen de la portée de l'ACV, ou de la nature et de la qualité des données collectées pour atteindre l'objectif défini. En fait, alors que les phases de définition de l'objectif et de la portée et d'interprétation de l'ACV déterminent le cadre de l'étude, les autres phases de LCI et LCIA produisent des informations sur le système de produit.

Les interrelations entre la phase d'interprétation et les autres phases de l'ACV sont illustrées schématiquement dans la Figure 16.

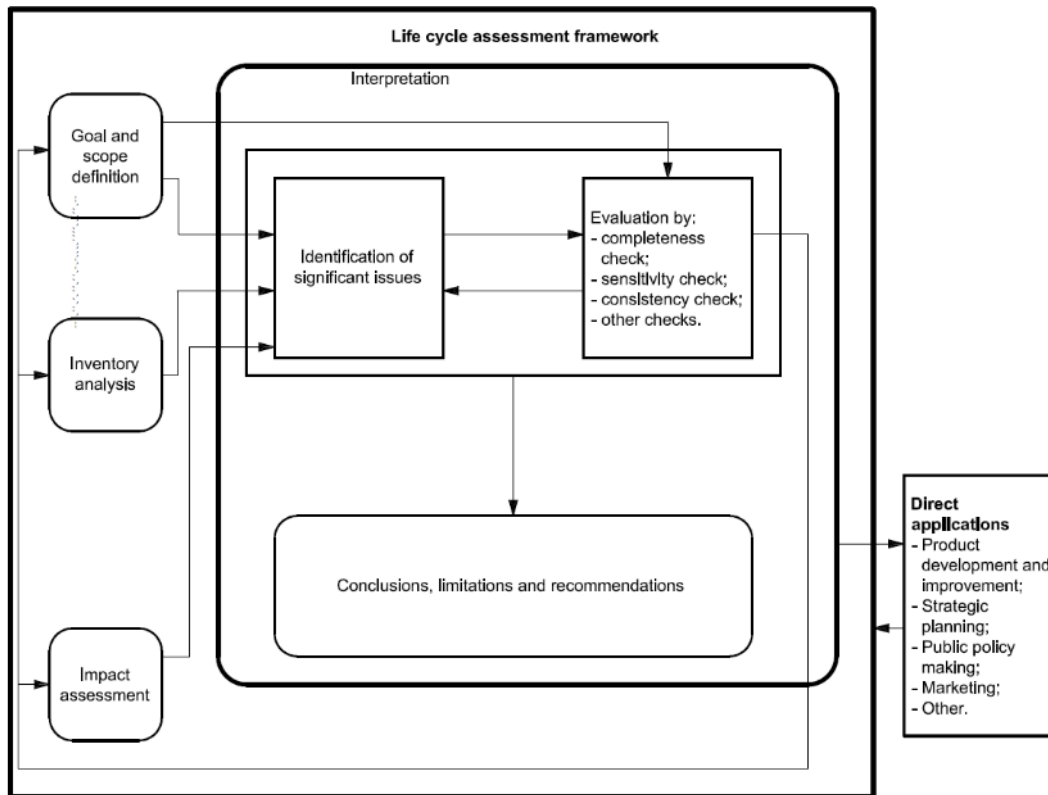
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



Figure 16. Relation entre les éléments de la phase d'interprétation et les autres phases de l'ACV



Source : ISO 14044:2018 – Point 4.5.1.1

Dans certains cas, l'objectif de l'ACV peut être atteint en effectuant une analyse de l'inventaire et de l'interprétation, à l'exclusion de la phase LCIA. Cette étude est généralement connue sous le nom d'inventaire du cycle de vie (ICV), à ne pas confondre avec la phase d'analyse de l'inventaire d'une étude ACV.

La série de normes de référence ISO 14040 couvre les deux types d'études.

La norme ISO 14044 fournit plus de détails sur chacun des éléments inclus dans la phase d'interprétation, comme le montre la Figure 16, qui doivent être respectés, en particulier si les résultats doivent être utilisés pour faire des allégations comparatives en vue d'une divulgation publique.

Comme mentionné ci-dessus, la phase d'interprétation est également fonctionnelle à la **communication** des résultats de l'ACV.

Un **rapport** efficace doit aborder les différentes phases de l'étude : le type et le format du rapport doivent être définis au stade de l'identification de la portée de l'étude.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

Une **transparence** maximale en termes de choix de valeur, de résultats, de données, de méthodes, d'hypothèses et de limites, d'inférences logiques et de jugements d'experts doit être strictement respectée lors de la rédaction du rapport final.

Le rapport doit **communiquer** les résultats et les conclusions de l'ACV au **public** cible sous une forme appropriée, compréhensible, complète et précise, sans parti pris, et avec suffisamment de détails pour permettre au lecteur de prendre connaissance des complexités et des compromis inhérents à l'ACV.

TDI RETE-GNL

**Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation
environnementale”**

Contribution du partenaire du projet



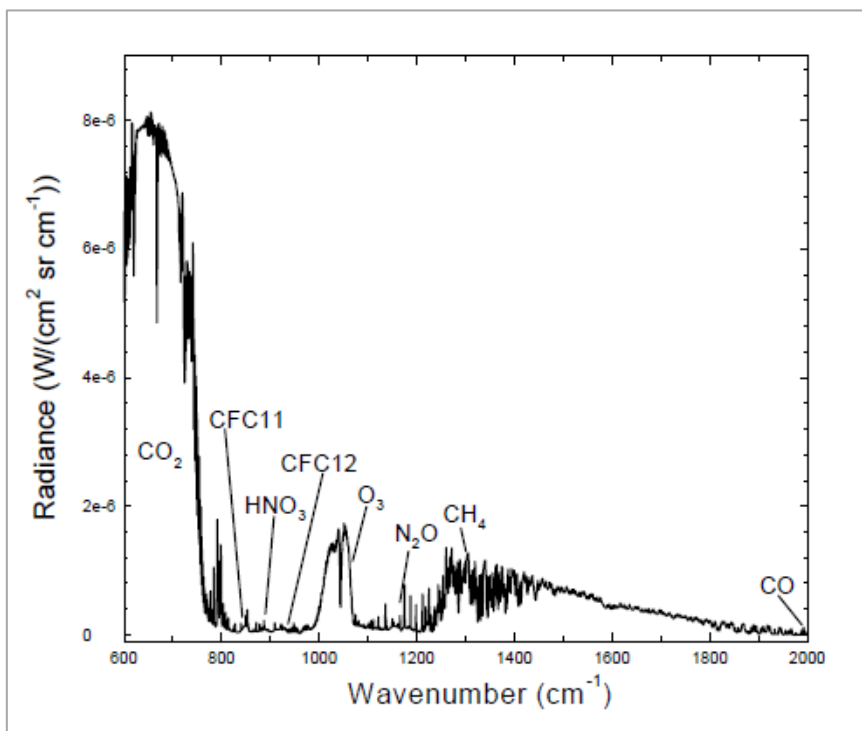
3 ÉLÉMENTS D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL LIÉS À L'UTILISATION DU GNL

3.1 LE MÉTHANE COMME GAZ À EFFET DE SERRE

Il est bien connu que le méthane et, en particulier, sa molécule constitutive CH₄, a un potentiel "d'effet de serre" loin d'être négligeable, surtout si on le compare à la molécule du gaz qui modifie le climat par excellence, à savoir le dioxyde de carbone (CO₂).

Une fois présents dans l'atmosphère, les gaz, en fait, et les "gaz à effet de serre" ne font pas exception, ils se comportent différemment les uns des autres en raison de la manière différente dont ils absorbent, réfléchissent et transmettent le rayonnement et, par conséquent, ont une capacité différente de retenir la chaleur en fonction de leur capacité à protéger ou à laisser passer déterminer la longueur d'onde du rayonnement émis par la surface de la Terre.

Figure 17. Absorption des gaz à effet de serre



Source: Evans W.F.J., Puckrin E., "Measurements of the radiative surface forcing of climate"

De même, les gaz se comportent différemment les uns des autres également en ce qui concerne les réactions et transformations chimiques, et il est donc normal qu'ils aient un cycle de vie différent ou, plutôt, un temps différent dans l'atmosphère elle-même.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



En résumé, il est important de souligner que l'impact d'un gaz à effet de serre particulier sur le réchauffement climatique dépend non seulement de l'efficacité avec laquelle il peut piéger le rayonnement infrarouge, mais aussi de sa concentration en termes de présence et de persistance dans le temps..

Afin de tenir compte de la première caractéristique, pour la mesure du réchauffement climatique causé par l'effet de serre d'un gaz, la communauté scientifique utilise le dioxyde de carbone (CO₂) comme unité de comparaison, de sorte que l'un des indicateurs couramment utilisés est le **Global Warming Potential (GWP)**, c'est-à-dire le rapport entre l'impact causé par un gaz au cours d'une période donnée, et celui causé au cours de la même période par la même quantité de dioxyde de carbone.

Toutefois, pour tenir compte du cycle de vie de la substance dans l'atmosphère, le GWP est rapporté à une période (égale à 20, 50, 100 ans) suffisamment représentative pour permettre une comparaison avec le dioxyde de carbone (voir tableau ci-dessous).

Tableau 3. GWP comparé au CO₂ de certaines substances

GAS	GWP-20ANNI	GWP- 100 ANNI	GWP - 500 ANNI
Biossidodicarbonio(CO ₂)	1	1	1
Metano (CH ₄)	72	25	7,6
Protossidod'azoto(N ₂ O)	289	298	153
Idrofluorocarburo (HFC-23)	12.000	14.800	12.200
Idrofluorocarburo (HFC-125)	6.350	3.500	1.100
Perfluorocarburo (PFC1-4)	5.210	7.390	11.200
Perfluorocarburo (PFC-116)	8.630	12.200	18.200
Esafluorurodiolfo(SFs)	16.300	22.800	32.600

Source: IPCC AR4 2007

Le concept de temps est fondamental car il décrit la deuxième caractéristique fondamentale et illustrative du comportement des gaz dans l'atmosphère : la persistance de la molécule dans l'atmosphère. En revanche, bien que le GWP du méthane soit élevé, ce qui rend le méthane dans l'atmosphère plus acceptable que les autres gaz à effet de serre est sa persistance réduite dans l'environnement. En fait, le GWP du méthane en 100 ans semble être égal à 25, et donc, aux fins du réchauffement climatique provoqué, une tonne de méthane devrait être équivalente

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



à 25 tonnes de CO₂ : cependant, comme le méthane a une demi-vie plus courte, il est en fait moins critique que les autres gaz à effet de serre.

Si l'on se souvient en effet que le terme "demi-vie" indique le temps nécessaire pour que la quantité ou la concentration ou l'activité d'une substance, soumise à transformation, décomposition ou dégradation, dans un environnement, dans une substance ou dans un organisme vivant, soit réduite à la moitié de la valeur initiale²⁸, le concept relatif à la criticité inférieure apparaît clairement : le méthane reste dans son état chimique moins longtemps que d'autres gaz modifiant le climat et donc, bien que le GWP soit plus élevé et qu'il soit possible, à moyen-long terme, de considérer comme acceptable la présence de quantités plus élevées dans l'atmosphère.

Ce concept reste valable uniquement et seulement si les concentrations de méthane n'augmentent pas à des niveaux significatifs. Le tableau ci-dessous illustre, pour certains gaz à effet de serre typiques, les niveaux de concentration à certains moments historiques précis (en 1750 - ère préindustrielle et 2005 - époque moderne).

Tableau 4. Niveau de concentration de certains GES dans les années 1750 e 2005

Gaz	Quantité année 1750	Quantité année 2005
Dioxyde de carbone - CO ₂	280 ppm	379 ppm
Méthane - CH ₄	700 ppb	1774 ppb
Oxyde d'azote- N ₂ O	270 ppb	319 ppb
CFC11 CFC13	0	251 ppt
CFC12 CF2Cl2	0	538 ppt

Source: IPCC, cit.

Les tendances résumées dans le tableau ont été confirmées par diverses études sur l'évolution des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (voir figure page suivante).

L'examen de ces publications permet d'apprécier de façon assez claire l'augmentation significative au cours des dernières décennies de l'ensemble des GES, et ce qui est encore plus intéressant, c'est que les gaz ou substances soumis, au cours des vingt dernières années, à des politiques efficaces de réduction, de substitution ou de dissuasion, les courbes ont progressivement réduit leur coefficient angulaire.

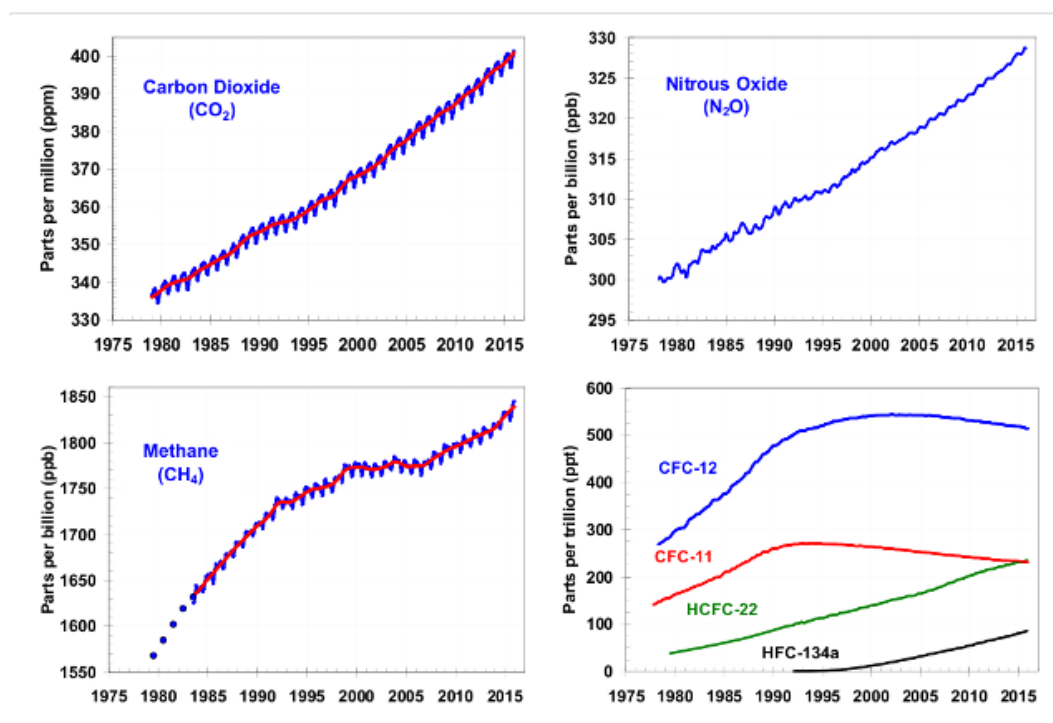
Par conséquent, si, d'une part, il peut être considéré comme raisonnable que si la concentration de méthane dans l'atmosphère n'augmente pas ou si les augmentations, par ordre de grandeur, restent comparables aux quantités spontanément oxydées (environ 2%) et que son "effet de serre" est maîtrisé, d'autre part, il est tout aussi évident que dans un scénario qui est loin d'être

²⁸ Cfr.: Encyclopédie Traccani, in: <http://www.treccani.it/enciclopedia/emivita/>

prospectif, dans lequel l'utilisation du méthane est constamment encouragée, l'augmentation de la concentration dans l'atmosphère peut atteindre des valeurs encore plus élevées, au point que les considérations sur sa durabilité environnementale sont totalement dépassées.

C'est pourquoi, depuis les années 1990, l'accent a été mis principalement sur l'élimination de certains gaz (fluorés) dans les processus industriels ou sur la croissance continue des émissions de CO₂, par rapport auxquelles, par exemple, le méthane, tout en jouant son rôle de "coupable" parmi les combustibles fossiles, se présente toujours comme "le plus propre".

Figure 18. Concentration des substances dans le temps



Source: Publication 2016 - "Annual Greenhouse Gas Index" - NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Avec le même apport énergétique, le méthane est en fait responsable de moins d'émissions de dioxyde de carbone que le pétrole (environ 25% de moins) et le charbon (environ 50% de moins), mais dans le futur scénario mentionné ci-dessus, il reste à évaluer comment et dans quel pourcentage les pertes de méthane tout au long de la chaîne de production (de l'extraction

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



à l'utilisation) peuvent contribuer négativement, réduisant les avantages climatiques de ce combustible fossile par rapport aux autres.

Tout en considérant, en effet, que tout combustible implique des rejets et des fuites dans l'atmosphère au cours de son cycle de vie, et donc pas seulement le méthane, il est incontestable que les avantages connus en phase de combustion du CH₄ (-20% des émissions de pétrole et -40% du charbon pour la même quantité d'énergie produite) doivent être réduits et dépendent fortement de l'origine (système de dépôt et d'extraction), de la transformation de l'énergie (technologie et efficacité du service utile généré) et aussi de la résistance aux fuites des systèmes de l'installation.

L'évaluation ou la définition correcte de la performance écologique globale du GNL ne peut donc être séparée d'une ACV correcte et soigneuse, capable de prendre en compte tous les aspects environnementaux et technologiques de la chaîne d'approvisionnement, qui se concentrera nécessairement sur toutes les phases de la chaîne d'approvisionnement : extraction, traitement, transport, soutage et combustion.

Une évaluation correcte et utile de la performance environnementale d'un combustible marin doit donc inévitablement se fonder sur une approche globale, appelée Well-to-Wake (WtW) (comme nous l'avons déjà examiné).

Comme souligné ci-dessus, les facteurs importants qui contribuent à l'empreinte de gaz à effet de serre en ce qui concerne le GNL pour le transport maritime sont :

- Les émissions de CO₂ provenant de l'énergie dépensée pour l'extraction, la transformation, la liquéfaction, le transport et la distribution du GNL ;
- Les émissions de CH₄ résultant des rejets de méthane au cours du cycle de vie et de la chaîne d'approvisionnement en GNL.

En rapprochant ces considérations du sujet de ce rapport, à savoir le soutage, il est clair que l'ACV sur ces activités devra nécessairement analyser à la fois les émissions de CO₂ et de CH₄. Mais s'il existe une approche beaucoup plus consolidée sur le premier, sur le second, ils ne sont pas encore aussi solides et appliqués.

Il est impossible d'éviter les émissions de CO₂ dans l'ensemble de la chaîne de production et de logistique du GNL, comme dans toute autre chaîne de production. Ils doivent et devraient être comptabilisés pour tous les combustibles fossiles et biologiques, et pas seulement pour le GNL. En outre, il faut considérer que selon l'origine, entendue précisément comme le lieu d'extraction, le type et le degré de technologie des usines de liquéfaction, la distance parcourue par les navires à gaz, la contribution totale réelle des GES sera profondément différente même avec le même vecteur énergétique.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Le GNL issu de la production locale de gaz naturel aura donc une empreinte carbone plus faible que celui provenant d'un point éloigné du globe. Mais ces variables doivent nécessairement rester en dehors du champ d'application du rapport.

3.2 ÉMISSIONS DE CH₄

Dans une perspective de cycle de vie allant de l'extraction du gaz naturel à l'approvisionnement pour les différentes utilisations finales, des indications significatives peuvent être tirées d'études récentes²⁹ qui ont évalué l'impact, en termes d'émissions liées au changement climatique, du GNL en tant que combustible marin en considérant les émissions directes dues aux fuites de méthane dans l'atmosphère dans la chaîne de distribution du GNL.

En ce qui concerne les émissions de méthane, les pertes systémiques peuvent être globalement mais effectivement réparties en :

- *Methane slip*³⁰, c'est-à-dire les fuites de méthane ou plus exactement les quantités de méthane non brûlé trouvées dans les gaz d'échappement des moteurs à la suite d'une combustion inefficace dans les cylindres.
- *Methaneleakage*, c'est-à-dire toutes les émissions de méthane dans l'atmosphère dues à des fuites de tous les éléments du système (joints, vannes, tuyaux ou événements) qui peuvent se produire lors de l'utilisation normale du système.

3.2.1 *Methane slip*

Bien que cette étude ne soit pas incluse dans la présente étude, pour la première contribution, attribuable à l'utilisation du GNL dans les navires récepteurs et non à son soutage, il convient de noter que dans les moteurs, il existe sans aucun doute encore la possibilité d'une intervention technologique pour réduire de manière significative la valeur absolue de cette émission, à la fois par des systèmes actifs (contrôle du processus de combustion) et des systèmes passifs (introduction de catalyseurs sur les gaz d'échappement).

Bien qu'il ait été possible à ce jour de tester certains types de moteurs (deux - LBSI et LPDF 4 temps - des 4 principaux types), la mesure des émissions de méthane a montré une grande variabilité.

En outre, les mesures et les essais n'ont porté que sur les émissions de gaz d'échappement qui, s'il est légitime de supposer qu'elles constituent la majorité des émissions de méthane des

²⁹Cfr.: ICCT - *The International Council on Clean Transportation*

³⁰Cfr.: P.Pospiech, "Is Internal Combustion Engine Methane Slip Harmful to the Environment?", *Maritime Reporter and Engineering News*, April 2014, in:
<http://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter#archive>.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



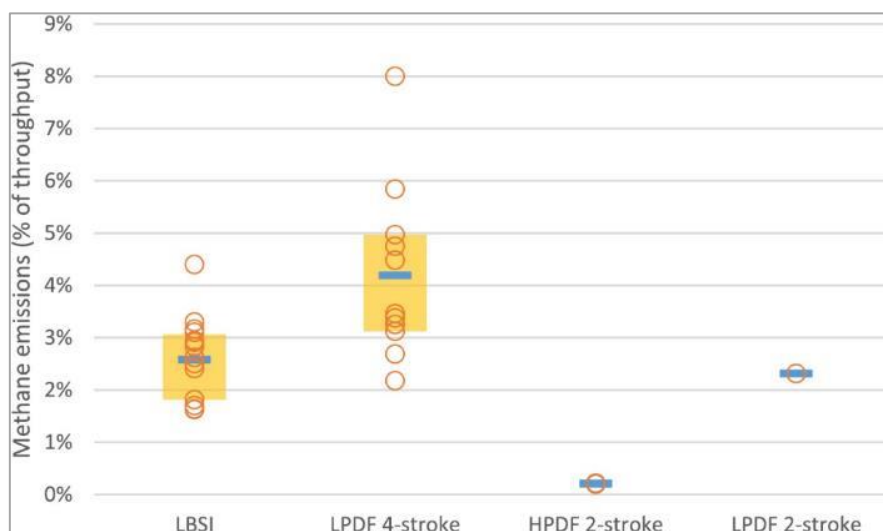
navires, ne représentent certainement pas la totalité (par exemple les événements des systèmes de stockage, plus généralement les émissions fugitives).

Dans les publications antérieures à 2015, le méthane slip imputé aux moteurs de navire était estimé entre 1,9 % et 2,6 %³¹, mais des mesures plus récentes³²(2017) ont permis de vérifier des variations plus importantes et même plus grandes, 2,3 % (1,6 % -3,3 %) et 4,1 % (2,7 % - 5,8 %) pour les moteurs à 4 temps LBSI et LPDF respectivement.

Il faut également rappeler que seuls les moteurs construits depuis 2010 sont inclus dans les études et que malgré les améliorations apportées par les constructeurs dans la conception et la construction de la chambre de combustion, les valeurs suggèrent qu'il y a encore beaucoup de place pour l'amélioration.

La figure montre les estimations et les mesures des émissions de méthane des quatre différents moteurs GNL.

Figure 19. Estimations des émissions de méthane provenant de divers moteurs et carburants (les cercles représentent les estimations individuelles de la littérature, les barres les estimations moyennes, la barre jaune l'intervalle)



³¹Cfr.:Lowell D., Wang H. and Lutsey N. "Assessment of the Fuel Cycle Impact of Liquefied Natural Gas as used in International Shipping ed (Washington, DC: MJ Bradley and Associates & International Council on Clean Transportation)"Stenersen D, and Thonstad O, 2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies (Trondheim: SINTEF Ocean AS),pp 1–52, 2013 –Verbeek R, Kadijk G., Mensch P.V., Wulfers C., Beemt B.V.D. and Fraga F. "Environmental and Economic Aspects of Using LNG as a Fuel for Shipping in The Netherlands", 2011 (Delft: TNO), pp 1–48

³²Cfr.: Stenersen D. and Thonstad O., "2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies"(Trondheim: SINTEF Ocean AS), pp 1–52

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

Source: “Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships” - Jamie Speirs, Paul Balcombe, Paul Blomerus, Marc Stettler, Pablo Achurra-Gonzalez, Mino Woo, Daniel Ainalis, Jasmin Cooper, Amir Sharafian, Walter Merida- 1 January 2020

3.2.2 Methaneleakage

En ce qui concerne le deuxième facteur, ce n'est qu'en limitant drastiquement ces pertes que le bilan des émissions de gaz à effet de serre du GNL peut être considéré comme pleinement avantageux par rapport au fioul lourd ou au diesel dans le transport maritime³³, et dans cette perspective, bien que le dégagement de méthane puisse se produire pendant toutes les phases du cycle de vie du GNL, la phase de soutage est intrinsèquement une phase de la chaîne d'approvisionnement à laquelle il faut accorder une grande attention.

L'approche "Well-to-Wake" permet d'effectuer une analyse plus complète, en observant chacune des phases du cycle de vie du combustible.

Selon certaines hypothèses initiales, par exemple le rendement du moteur (50%), en comparant de manière paramétrique les phases du cycle de vie du GNL, selon une approche W-t-W, avec celles du Marine Fuel Oil (MDO), il est confirmé que le GNL, d'après les données initiales optimistes (environ 20% d'émissions de CO₂ en moins par rapport au MDO) produit en fait un avantage beaucoup plus modeste (environ 10%).

³³Sur la base du pouvoir calorifique, la combustion du méthane produit 28% de CO₂ en moins que le diesel. Malheureusement, il s'agit là d'un potentiel technologique théorique plutôt que de la valeur standard actuellement atteinte : aujourd'hui, l'avantage moyen de l'utilisation du GNL comme combustible marin, en termes d'émissions de gaz à effet de serre, est d'environ 8%. Dans certains cas, le bilan global peut même être négatif (environ 5 %) par rapport aux OGM et aux huiles résiduelles.

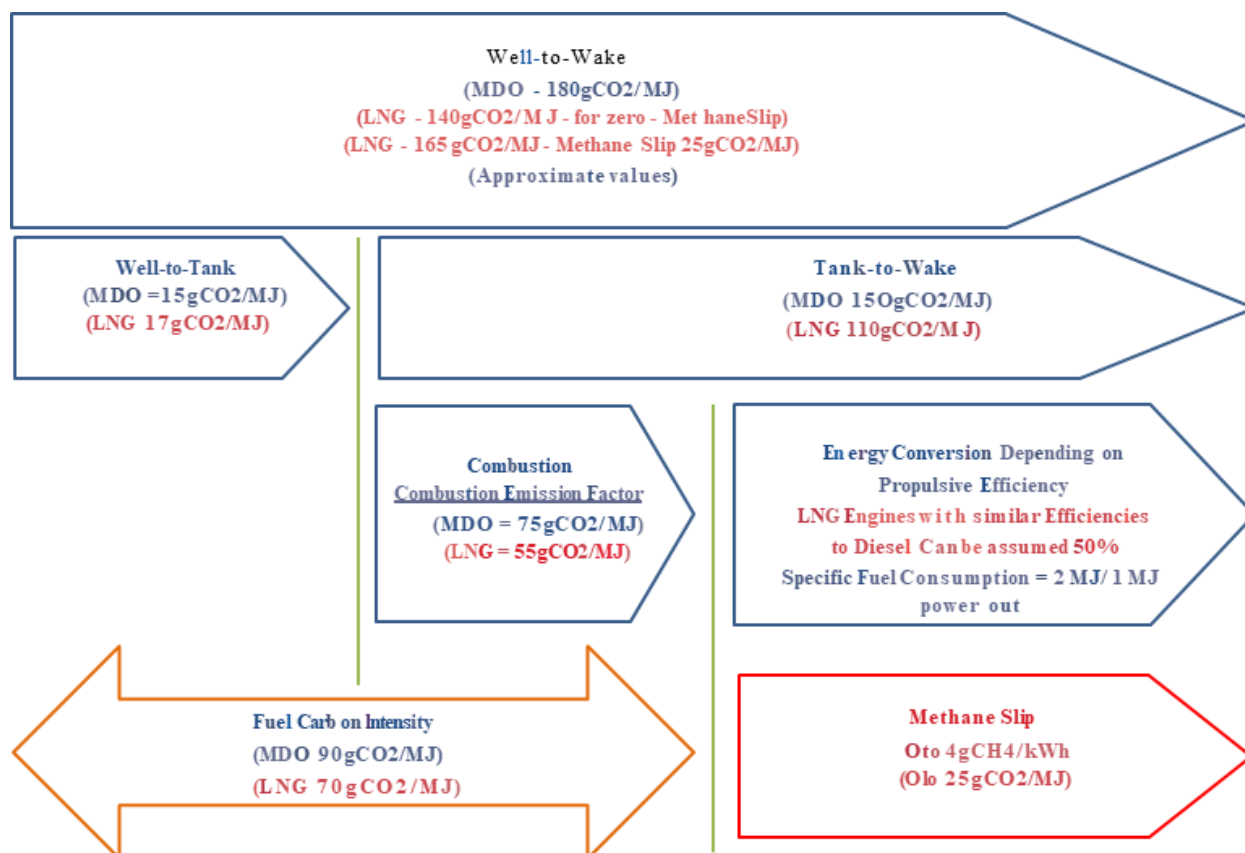
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



Figure 20. Comparaison de l'analyse WtW entre le GNL et le combustible marin conventionnel



Source: M. Kofod&S.Hartman, T. Mundi "Review of Recent Well-to-Wake Greenhouse Gas Studies evaluating the use of LNG as a marine Fuel", submitted to IMO at MEPC67 as MEPC67/INF.15 by Germany

Les considérations Well-to-Wake (W-t-W) sont une prémisses importante pour traiter avec la pertinence nécessaire tout rejet potentiel de GNL/PNL dans l'atmosphère, en le considérant comme un événement similaire à un danger environnemental réel, ayant un impact négatif certain comme les émissions de gaz à effet de serre.

Le rôle des rejets de méthane dans l'atmosphère devient encore plus évident si l'on considère que pour la partie purement minière et de distribution (c'est-à-dire Well-to-Tank), les deux vecteurs énergétiques restent très comparables en termes de gCO₂ émis par MJ.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

Tableau 5. Comparaison entre le GNL et le MDO

Processus Well to Tank	LNG[gCO2/MJ]	MDO[gCO2/MJ]
Production	3.5	5.3
Transport	3.4	0.9
Refining (including desulphurization effortto 0.5% sulphur)	-	8.1
Liquefaction	6	
Distribution	4.4	0.5
TOTAL	17.3	14.8

Source: M. Kofod&S.Hartman, T. Mundi, cit.

3.3 ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION DES REJETS DANS L'ATMOSPÈRE

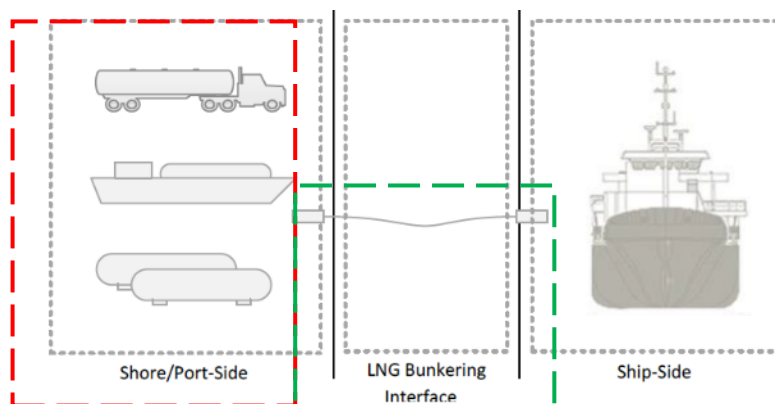
En concentrant l'analyse uniquement sur les aspects relatifs aux activités de soutage du GNL, c'est-à-dire tous les aspects depuis l'arrivée au port (Port Side) jusqu'à la livraison à la bride du navire destinataire (Ship Side), on définira un ensemble de mesures techniques et opérationnelles qui pourront être évaluées pour définir le degré de réduction, dans des conditions normales d'exploitation, des pertes de GNL. Il est également clair qu'à l'intérieur de ce périmètre, le risque de rejet de méthane dans l'atmosphère est plus élevé lors des opérations de transfert de GNL (chargement depuis/vers des camions de GNL, des barges ou des gazoducs de soutage) et dans toute situation où aucun système de gestion des vapeurs résiduelles n'est utilisé.³⁴

Deux sous-domaines technologiques doivent donc être abordés:

- les systèmes de transfert et les opérations de raccordement, d'une bride à l'autre ; du tuyau (surligné en vert) ;
- les éléments statiques au port (surlignés en rouge), c'est-à-dire les systèmes de stockage temporaires et mobiles avec lesquels le GNL est mis à disposition au port.

³⁴Considérations faites sur la base des données rapportées dans "10th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970 – 2016), Handbook off reliability prediction procedure for mechanical equipment, Failure frequency guidance – DNV 2013".

Figure 21. Schématisation des domaines technologiques



3.3.1 Système d'interface entre le port et le navire

L'atténuation du dégagement de méthane dans l'interface de soutage du GNL est presque exclusivement liée à la mise en œuvre de procédures opérationnelles robustes, plutôt qu'à l'innovation dans les systèmes d'interconnexion.

Pour ces systèmes, en effet, on peut considérer que l'accouplement mécanique et le choix des matériaux utilisés ont atteint un niveau d'efficacité tel que les pertes réelles sont inférieures à celles habituellement utilisées pour la sécurité dans les études et les modèles d'analyse de défaillance.

De plus, à l'intérieur des stations de stockage ou même sur le navire récepteur, l'introduction de systèmes technologiquement avancés et automatisés, tant opérationnels que de contrôle, est certainement facilitée et réalisée dès les phases de conception. Les équipements et les dispositifs d'interface, au contraire, restent sensiblement les mêmes, mais dans ce domaine jouent un rôle fondamental pour le rejet de méthane dans l'atmosphère ; les activités de gestion des conduites, de purge, de drainage et d'inertisation, qui sont et restent des opérations étroitement liées à la formation et à l'expérience du personnel employé. La conclusion la plus évidente est que la mesure d'atténuation la plus efficace est de disposer de procédures claires et d'opérations de soutage simplifiées.

Il est également évident que, quelle que soit la source, qu'il s'agisse d'un camion, d'un camion-citerne ou d'une station fixe, le système d'interconnexion présente des aspects et des problèmes de procédure similaires : les procédures d'inertage, de purge, de refroidissement et d'évacuation du carburant résiduel restent pratiquement les mêmes, tant en termes fonctionnels que techniques, pour tous les modes de soutage.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Le diagramme synoptique suivant illustre comment les différentes phases d'une procédure/opération de soutage de GNL sont liées aux différents risques potentiels de dégagement de méthane. De la connexion des tuyaux à leur déconnexion, il est essentiel de pouvoir gérer le moment particulier où la libération de méthane est potentiellement plus probable, en mettant en œuvre toutes les mesures capables d'atténuer cette menace.

Tableau 6. Risques potentiels d'émissions de méthane liés au soutage du GNL

Phase de soutage	Objectif de l'activité	Substance présente à la fin	Température présente à la fin	Événement de rejet potentiel	Actions à mettre en œuvre
Raccordement des tuyaux de soutage	Après les vérifications préliminaires, les tuyaux de soutage sont raccordés. Les tubes de transfert principaux et les tubes de retour de vapeur peuvent être pris en compte.	Air	Environnement	Aucune émission potentielle de méthane	Les tuyaux d'avitaillement doivent être correctement raccordés. Norme QC / DC à utiliser Inspection des brides avant le raccordement pour vérifier l'absence de saleté, d'humidité ou de condensation
Inertage de la tuyauterie (pour l'élimination de l'oxygène)	Inertisation des lignes de soutage pour déplacer l'oxygène de l'intérieur de la ligne de soutage - évitant la formation d'une atmosphère explosive. Gaz inerte utilisé	Gaz inerte	Environnement	Aucune émission potentielle de méthane	Vérifiez les connexions pour détecter les fuites. Si vous soupçonnez une fuite, arrêtez l'inertage pour le resserrage / la réparation. Test de pression pour ligne de soutage
Purge et refroidissement à la vapeur de GNL	Également connu sous le nom de "Gassing-up" ou "Gas Filling". Il peut être réalisé avec une ligne de purge ou avec de petits volumes de nouveau GNL. Aide à éviter les chocs thermiques	Gaz méthane	Environ 160°C en dessous de zéro	Libération potentielle de méthane si les connexions ne sont pas assez serrées	Vérifiez les connexions pour détecter les fuites. Si vous soupçonnez une fuite, arrêtez le refroidissement en resserrant / réparant. Test de pression pour la ligne de soutage et d'inertage.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase de soutage	Objectif de l'activité	Substance présente à la fin	Température présente à la fin	Événement de rejet potentiel	Actions à mettre en œuvre
Démarrer le transfert de GNL	Avec des conduites et des réservoirs froids des deux côtés du système de soutage, le transfert à des températures similaires commence.	GNL	LNG	Augmentation potentielle de la pression si le réservoir de réception n'est pas assez froid Libération potentielle de méthane si les connexions ne sont pas assez serrées.	Le transfert de soutage ne commence que lorsque les températures sont contrôlées et convenues pour un transfert stable. Vérifiez soigneusement la pression à la réception
Le remplissage a eu lieu	Lorsque le réservoir de la cuve de réception est rempli et approche de son plein niveau, la vitesse doit être réduite et la pression constamment surveillée. Procédure à convenir entre le donneur et le receveur.	GNL	LNG	Le dégagement de méthane peut se produire si la vitesse de remplissage n'est pas ajustée / réduite lorsque le remplissage du réservoir est supérieur à 90%. Surremplissage de la cuve entraînant la libération de la soupape de sécurité.	Les deux unités s'accordent sur le niveau du réservoir atteint. Surveillance attentive de la pression et du niveau du réservoir pendant le transfert N'utilisez pas de système d'arrêt d'urgence pour vous arrêter automatiquement en cas de niveau élevé de la cuve
Interruption du transfert	Une fois qu'il a été établi qu'il ne reste plus de GNL dans les lignes de soutage, le transfert est interrompu. Le système de verrouillage d'urgence ne doit pas être utilisé pour interrompre le transfert de soutage.	Gaz méthane	Vapeurs LNG	Libération potentielle de méthane due à la surpression dans la ligne de transfert de soutage (volume piégé). Le risque de rejet est plus élevé si un système d'arrêt d'urgence est utilisé pour arrêter le soutage.	La vanne côté navire doit rester ouverte pour la purge. Contrôle bâbord nécessaire pour garantir que le réservoir d'alimentation reste à la température et à la pression appropriées.
Drainage des lignes	Le drainage / purge des conduites de soutage pour	Gaz méthane	Environ 160°C en dessous de zéro	le GNL liquide dans la ligne de soutage pour être	La procédure de déchargement doit être correctement vérifiée.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase de soutage	Objectif de l'activité	Substance présente à la fin	Température présente à la fin	Événement de rejet potentiel	Actions à mettre en œuvre
	<p>permettre à tout le GNL liquide d'être retiré de la conduite de soutage vers le réservoir de réception.</p> <p>Le GNL se vaporise dans les conduites tandis que les vannes menant au réservoir de carburant du navire restent ouvertes</p>			<p>utilisé pour la vaporisation dans le réservoir de réception.</p> <p>Si la pression dans le réservoir de réception a été dépassée (en raison d'un excès de vapeur de GNL), la soupape de sécurité peut être libérée</p>	<p>Veiller à ce que la quantité maximale de GNL soit déchargée sous forme liquide, en minimisant la nécessité de la vaporiser.</p> <p>Évitez les tracés non rectilignes pour éviter l'accumulation de GNL.</p>
Inertisation (pour la purge du gaz naturel)	<p>Inertiser les conduites de soute du GNL pour éviter l'accumulation d'un mélange gazeux inflammable dans les tuyaux ou les flexibles d'interconnexion.</p> <p>L'azote est généralement utilisé.</p> <p>Activité également connue sous le nom de "Purging"</p>	Gaz inerte	Environnement	<p>C'est l'opération qui présente le plus fort potentiel de libération de méthane.</p> <p>En déplaçant la vapeur de GNL des conduites de soutage avec de l'azote, il y a un risque d'envoyer des mélanges dans l'atmosphère.</p>	<p>Les navires et les soutes doivent s'entendre sur la manière de manipuler et d'éliminer correctement le mélange d'inertage restant afin d'éviter le dégagement de méthane.</p> <p>Le mélange N2/NG doit de préférence être comprimé dans un réservoir ou brûlé dans un système approprié.</p>
Déconnexion des pipelines	<p>Les conduites de soutage ne sont déconnectées qu'après avoir vérifié et confirmé la présence de moins de 2% de méthane à l'intérieur des lignes d'interconnexion</p>	Air	Environnement	<p>La libération de méthane dans l'atmosphère est possible si la lecture du gaz <2% de méthane n'a pas été confirmée correctement.</p>	<p>Mesure minutieuse de la concentration de méthane avant de débrancher les tuyaux.</p> <p>Répétez la procédure d'inertage si la concentration est > 2 %.</p>

Dans les paragraphes suivants, les éléments potentiels de libération de méthane dans l'atmosphère seront mis en évidence en fonction des différents systèmes technologiques qui peuvent être utilisés.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



3.3.2 Installation côté port (Port Side)

Dans les paragraphes suivants, nous définirons toutes les actions visant à atténuer et à réduire les pertes par rejet qui peuvent être évaluées et analysées en leur présence ou dans leur niveau d'applicabilité dans le processus d'ACV.

Il est clair que si les événements et les actions énumérés sont également importants pour la protection de l'environnement, l'approche appropriée des bonnes pratiques est également requise et mise en œuvre dans le cadre des questions de sécurité. C'est pourquoi on suppose que l'entretien (tant planifié que conditionnel) est effectué avec expertise et régularité.

Les procédures opérationnelles utilisées pour limiter les fuites de méthane sont basées sur l'expérience qui a été faite ces dernières années avec plus de pertinence, à savoir le système TTS. Dans le cas des STS, la principale différence par rapport au système TTS réside dans la plus grande capacité et rapidité de transfert offerte. Par conséquent, plus les volumes de GNL stockés à bord sont importants et plus les vitesses de transfert sont élevées, plus la quantité de GNL qui peut théoriquement être libérée dans l'atmosphère en cas d'événements négatifs est importante.

Figure 22. Exemples d'équipements et de systèmes sur le port



TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet





Source : Guide EMSA2018, cit.

Lorsqu'un système de TTS est utilisé, la caractéristique la plus pertinente est inhérente au type de contrôle qui est effectué sur place. Très souvent, en effet, ces installations ne sont pas habitées ou le sont avec très peu de personnel qui se trouve sur place presque exclusivement pour les opérations de maintenance ou de déchargement. La plupart des petites installations de stockage et de reliqufaction sont construites avec des équipements préfabriqués et, au lieu de systèmes de pompage, prévoient l'accumulation préventive de méthane sous pression dans les réservoirs.

Très souvent, le gaz bouillant naturellement généré lors du transfert est traité dans le réservoir pressurisé jusqu'à ce qu'il soit condensé avec le GNL (sous-refroidi) ou par l'utilisation d'azote liquide de réserve. Afin d'atténuer le dégagement de méthane, en plus des aspects liés à l'exploitation, il est donc important de se concentrer sur la gestion du BOG, qui est le facteur clé dans ce type d'installation pour atténuer le risque d'émission de méthane dans l'atmosphère (pensez, par exemple, aux lignes de récupération pour drainer le BOG qui se forme pendant toutes les opérations).

Dans le cas de TTS - Mobile Fuel Tank to Ship, il est clair que la clé du succès est la modularité des conteneurs normalisés ISO typiques combinée à la facilité d'installation dans les réalités où les projets de modification et de conversion exigent une évolutivité dans le temps. À cela s'ajoute la simplicité de mise en œuvre : les "conteneurs" sont généralement des réservoirs de stockage sous pression de GNL contenus dans un cadre ISO qui permet de les transporter à travers une chaîne logistique bien établie. Pour ces raisons, les conteneurs de GNL offrant une grande flexibilité aux navires ou aux ports qui utilisent le GNL comme carburant pourraient donc jouer un rôle important dans un avenir proche. En ce qui concerne les rejets éventuels, la solution présente les mêmes points critiques qu'un système TTS.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



3.3.2.1 Ship-To-Ship (STS)

Le tableau suivant montre, en ce qui concerne les phases les plus critiques de l'exploitation d'un système de soutage de Ship to Ship, les situations possibles (définies comme des scénarios) dans lesquelles un rejet de méthane dans l'atmosphère est possible.

Pour chaque phase, dans certains cas, plusieurs scénarios ont été identifiés, fournissant une brève description du phénomène, puis ont indiqué ce qui peut raisonnablement être considéré comme un système ou une action visant à atténuer ou à réduire la probabilité d'occurrence de l'événement de rejet.

Les interventions ont été divisées en interventions d'ingénierie des installations, y compris tous les dispositifs "matériels" possibles sur les systèmes de transfert, de contrôle et de gestion de l'installation de soutage et en interventions de gestion, y compris toutes les actions de planification et d'organisation possibles relatives, par exemple, à la définition de procédures, de matrices de responsabilité, etc.

Phase envisagée pour le soutage de GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
Ravitaillement du navire à partir d'une installation fixe de stockage de GNL	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température de BOG <120°C), le remplissage avec le nouveau GNL générera une production supplémentaire de BOG. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote.	Planifier\programmer le chargement de GNL uniquement après avoir vérifié l'état. Évitez les temps d'attente à des températures plus chaudes du réservoir.
	Lors d'un ravitaillement en carburant à des volumes plus élevés, si la pression du BOG n'est pas vérifiée, elle peut dépasser la valeur seuil de sécurité. Le GNL peut être rejeté si le niveau d'intervention du sseau de sécurité est dépassé.	Système de contrôle de la pression des réservoirs Système de communication entre les appareils des deux navires.	Remplir le réservoir de GNL par le haut pour permettre au côté vapeur supérieur du réservoir de refroidir.
	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification.	Suivre les mesures techniques SIGTTO: <i>Guidance for</i>	Définition de procédures claires à bord pour les actions correctives une

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



	<p>Probabilité de "roll over " avec un pic excessif de génération de BOG.</p>	<p><i>the Prevention of Rollover in LNG Ships</i></p>	<p>fois que la stratification est détectée.</p> <p>Suivre les mesures techniques SIGTTO: <i>Guidance for the Prevention of Rollover in LNG Ships</i></p>
	<p>Si le réservoir de carburant est chargé d'un mélange de GNL et d'azote, il y aura une possibilité d'auto-stratification.</p> <p>Probabilité de "rollover" avec un pic excessif de génération de BOG.</p>		
Ravitaillement du navire à partir du pétrolier	<p>Pendant le transfert du soutage de GNL vers le navire de réception, en particulier pour de grands volumes de soutage à des taux de transfert plus élevés, une grande quantité de BOG peut être générée.</p> <p>Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle qu'elle dépasse la valeur seuil.</p>	<p>Utilisation d'une ou de plusieurs des solutions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réservoir de stockage en surpression • Système de mesure de la vapeur de GNL de retour • Combustion de BOG dans une unité de combustion (torche, moteur diesel, etc.) • Refroidissement de la charge de GNL 	<p>Convenir d'un plan de remplissage approprié pour éviter la surpression et l'ouverture des systèmes de sécurité.</p> <p>Liste de contrôle spécifique à effectuer lors de chaque ravitaillement</p>
	<p>Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température du BOG <120°C), le remplissage avec du GNL neuf générera un volume important de gaz de retour.</p> <p>Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.</p>		
	<p>Si la ligne de soutage de GNL est excessivement longue (par exemple lorsque les brides de livraison et de réception sont éloignées), une pression de vapeur de GNL excessive peut s'accumuler dans la ligne de soutage.</p> <p>Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé. La pression de vapeur générée</p>		

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



	dans la conduite de soutage reviendra par la conduite de retour de la vapeur de GNL.		
	<p>Si la procédure de vidange / purge / inertage n'est pas effectuée correctement, une partie du GNL peut rester dans la ligne de soutage.</p> <p>Le dégagement de vapeur de GNL peut se produire si les tuyaux de soutage sont déconnectés alors que le GNL / GN est encore quelque part sur la ligne.</p>	<p>Mesurez le gaz à effectuer avant de débrancher le tuyau.</p> <p>Évitez la formation de tuyaux en forme de «U» «où le GNL pourrait stagner.</p>	<p>Des procédures adéquates pour s'assurer que les opérations de drainage et de purge ont été efficaces.</p> <p>Vérifier l'existence de la calotte glaciaire extérieure (comme indicateur de la présence de GNL à l'intérieur de la ligne).</p>

3.3.2.2 Truck-to-Ship (TTS)

Le tableau suivant montre, en ce qui concerne les phases les plus critiques du fonctionnement d'un système de soutage Truck to Ship, les situations possibles (définies comme des scénarios) dans lesquelles un rejet de méthane dans l'atmosphère est possible.

Dans certains cas, plusieurs scénarios ont été identifiés pour chaque phase, fournissant une brève description du phénomène et indiquant ensuite ce qui peut raisonnablement être considéré comme un système ou une action pour atténuer ou réduire la probabilité que l'événement de rejet se produise.

Les interventions ont été divisées en interventions d'ingénierie des installations, y compris tous les dispositifs "matériels" possibles sur les systèmes de transfert, de contrôle et de gestion de l'installation de soutage et en interventions de gestion, y compris toutes les actions de planification et d'organisation possibles relatives, par exemple, à la définition de procédures, de matrices de responsabilité, etc.

Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
	Pendant le remplissage, sur place. Un rejet de GNL peut se produire	Possibilité de pulvériser du GNL pour refroidir la	Surveiller la pression et la température

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
Chargement du GNL dans le camion	si un système de gestion BOG adéquat n'est pas mis en œuvre.	vapeur de GNL sur le dessus du réservoir. Le camion GNL sera équipé d'un économiseur.	Système de remplissage supérieur et inférieur.
	Le temps passé dans le réservoir de la remorque du camion GNL est limité. Lorsque le GNL est stationnaire, le BOG est généré et la pression à l'intérieur augmente. Le GNL peut être libéré si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé	Une isolation adéquate pour augmenter le temps de maintenance. Préférer l'utilisation de camions à double paroi Possibilité de pulvériser du GNL pour refroidir la vapeur de GNL sur le dessus du réservoir.	Planifier et programmer les réapprovisionnements pour éviter les temps d'attente inutiles pendant les activités.
	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température de BOG <120°C), le remplissage avec du nouveau GNL générera une production supplémentaire de BOG. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote.	Planifier \ planifier le chargement de GNL uniquement après avoir vérifié l'état. Évitez les temps d'attente à des températures plus chaudes du réservoir.
	Le coefficient de remplissage doit être ajusté (au-dessus de 90%,). Un taux de remplissage insuffisant peut entraîner le remplissage excessif du camion de GNL.	Surveillance du niveau des réservoirs de GNL. Moniteur de pression GNL. Mécanisme de contrôle de la vitesse de remplissage approprié à la station de remplissage des camions de GNL.	Convenir d'un plan adapté au système de remplissage pour éviter la surpression et les ouvertures des systèmes de sécurité.
Camions GNL Déchargement\ de remplissage	Les camions peuvent utiliser des systèmes d'accumulation de pression pour le transfert vers l'interconnexion et le navire. Si la pression d'accumulation dépasse les seuils de sécurité, elle	Moniteurs de pression pour le GNL Régulateur de pression du système de stockage de la pression	Des procédures opérationnelles de gestion précises.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
	est relâchée dans l'atmosphère en raison de l'ouverture des joints..		
	<p>Dysfonctionnement du système de stockage côté navire, de sorte que les systèmes de sécurité du navire sont déclenchés par la fermeture de la vanne d'admission.</p> <p>Il peut en résulter une accumulation de gaz dans l'interconnexion et, par conséquent, l'activation de la soupape de sécurité côté camion (contre-pression).</p>	<p>Vérifiez la compatibilité des spécifications des systèmes de navire et de camion.</p> <p>Surveillance de la pression pour s'assurer qu'aucun excès de BOG n'est généré dans le réservoir de camion de GNL après que le soutage a été bloqué par le système du navire.</p> <p>Insertion d'un régulateur spécifique pour la contre-pression dans le circuit.</p>	<p>Procédures adéquates à adopter pour éviter la génération excessive de BOG et la libération de méthane, suite à l'arrestation du soutage.</p>
	<p>Pendant le soutage du GNL, si le réservoir de réception est à une température plus élevée que le réservoir initial, il y aura une production excessive de BOG.</p> <p>Si le camion reçoit de la vapeur de GNL en retour, il en résultera une augmentation de la pression dans le réservoir du camion avec activation éventuelle des soupapes de sécurité..</p>	<p>Système de surveillance pour la bonne égalisation thermique des deux systèmes de stockage et d'interconnexion.</p>	<p>Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la dérive thermique des systèmes.</p> <p>Des procédures d'étalonnage et de validation appropriées pour les systèmes de surveillance de la température</p>
	<p>Si la procédure de vidange / purge / inertage n'est pas effectuée correctement, une partie du GNL peut rester dans la ligne de soutage.</p> <p>Le dégagement de vapeur de GNL peut se produire si les tuyaux de soutage sont déconnectés alors que le GNL / GN est encore quelque part sur la ligne.</p>	<p>Mesurez le gaz à effectuer avant de débrancher le tuyau.</p> <p>Évitez la formation de tuyaux en forme de U où le GNL pourrait stagner.</p>	<p>Des procédures adéquates pour s'assurer que les opérations de drainage et de purge ont été efficaces</p> <p>Vérifier l'existence de la calotte glaciaire extérieure (comme indicateur de la présence de GNL à l'intérieur de la ligne).</p>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



3.3.2.3 Port-to-Ship (PTS)

Le tableau suivant montre, en ce qui concerne les phases les plus critiques du fonctionnement d'un système de soutage de Port to Ship, les situations possibles (définies comme des scénarios) dans lesquelles un rejet de méthane dans l'atmosphère est possible.

Pour chaque phase, dans certains cas, plusieurs scénarios ont été identifiés, fournissant une brève description du phénomène, puis ont indiqué ce qui peut raisonnablement être considéré comme un système ou une action visant à atténuer ou à réduire la probabilité d'occurrence de l'événement de rejet.

Les interventions ont été divisées en interventions d'ingénierie des installations, y compris tous les dispositifs "matériels" possibles sur les systèmes de transfert, de contrôle et de gestion de l'installation de soutage et en interventions de gestion, y compris toutes les actions de planification et d'organisation possibles relatives, par exemple, à la définition de procédures, de matrices de responsabilité, etc.

Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
Utilisation du stockage \ dépôts fixes	Si le réservoir de carburant contient déjà du GNL plus ancien, il existe une possibilité de stratification. Probabilité de "rollover" avec un pic excessif de génération de BOG.	Suivre les mesures préventives et les évaluations pour la détection et la prévention de la stratification également dans la phase de conception.	Définition de procédures claires à bord pour les actions correctives une fois que la stratification est détectée.
	Si le réservoir de carburant est chargé d'un mélange de GNL et d'azote, il y aura une possibilité d'auto-stratification. Probabilité de "rollover" avec un pic excessif de génération de BOG.		Suivre des mesures opérationnelles préventives de détection et de prévention dans les tâches opérationnelles pertinentes afin d'éviter la stratification du GNL dans les réservoirs de stockage.
	Pour les réservoirs atmosphériques, si la gestion de la vapeur de GNL ne répond pas au taux de liquéfaction (ou de condensation/réfrigération)	Le réservoir de stockage doit être conçu de manière à obtenir un temps de rétention adéquat (temps entre le	Une planification adéquate pour éviter le dépassement de la durée limite d'exploitation.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
	<p>requis, un excès de BOG sera généré.</p> <p>À la pression atmosphérique, le réservoir n'a pas la capacité de supporter une augmentation de la pression.</p> <p>Le dégagement de vapeur de GNL se produira si la soupape de sécurité est actionnée.</p>	<p>chargement et le déchargement).</p> <p>Isolation, reliquéfaction et réfrigération pour une gestion adéquate de la vapeur de GNL.</p>	
	<p>Pour les réservoirs sous pression, si un excès de BOG s'accumule, cela entraîne une augmentation de la pression du réservoir.</p> <p>(Le BOG peut être causé ici soit par le chargement, le déchargement ou pendant la période de maintenance).</p> <p>Les réservoirs sous pression auront une certaine capacité (limitée) à supporter des pressions de vapeur plus élevées.</p> <p>Le dégagement de vapeur de GNL se produira si la soupape de sécurité est actionnée.</p>	<p>Mesures techniques possibles pour limiter la production de gaz naturel liquéfié dans les réservoirs de GNL sous pression :</p> <p>Isolation (isolation sous vide)</p> <p>Vaporiser par le haut pour refroidir / condenser la vapeur de GNL</p> <p>Réfrigération avec des batteries internes.</p>	<p>Contrôle adéquat des propriétés du GNL à l'intérieur du réservoir.</p> <p>Procédure mise en place pour empêcher la libération de BOG par les soupapes de sécurité.</p> <p>Planification d'une consommation adéquate de GNL pour éviter les longs temps de stationnement.</p>

3.3.2.4 Mobile Fuel Tank to Ship

Le tableau suivant montre, en ce qui concerne les phases les plus critiques de l'exploitation d'un système de soutage "Mobile Fuel Tank" to Ship", les situations possibles (définies comme des scénarios) dans lesquelles un rejet de méthane dans l'atmosphère est possible.

Pour chaque phase, dans certains cas, plusieurs scénarios ont été identifiés, fournissant une brève description du phénomène, puis ont indiqué ce qui peut raisonnablement être considéré comme un système ou une action visant à atténuer ou à réduire la probabilité que l'événement de rejet se produise.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Les interventions ont été divisées en interventions d'ingénierie des installations, y compris tous les dispositifs "matériels" possibles sur les systèmes de transfert, de contrôle et de gestion de l'installation de soutage et en interventions de gestion, y compris toutes les actions de planification et d'organisation possibles relatives, par exemple, à la définition de procédures, de matrices de responsabilité, ecc.

Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
Chargement du conteneur	Si le réservoir n'est pas dans les bonnes conditions thermiques (température du BOG <120°C), le remplissage avec du GNL neuf générera un volume important de gaz de retour. Le dégagement de GNL peut se produire si le niveau d'intervention des scellés de sécurité est dépassé.	Fournir des moyens techniques pour refroidir en utilisant directement le GNL à bord ou le gaz inerte/azote. Refroidissement à l'azote avant les opérations de remplissage	Planifier \ planifier le chargement de GNL uniquement après avoir vérifié l'état. Évitez les temps d'attente à des températures plus chaudes du réservoir.
	Pendant le transfert du soutage de GNL vers le navire de réception, en particulier pour de grands volumes de soutage à des taux de transfert plus élevés, une grande quantité de BOG peut être générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle qu'elle dépasse la valeur seuil.	Système de surveillance du niveau de pression du réservoir à l'intérieur du conteneur.	Remplir le réservoir de GNL par le haut pour permettre le refroidissement du côté vapeur supérieur du réservoir
Stationnement des conteneurs	Si les réservoirs ISO LNG sont maintenus pleins, en attendant plus longtemps que le temps spécifié, une vapeur de GNL excédentaire sera générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle que la valeur seuil est dépassée.	Mesures techniques possibles pour limiter la production de gaz naturel liquéfié dans les réservoirs de GNL sous pression : Isolation (isolation sous vide) Vaporiser par le haut pour refroidir / condenser la vapeur de GNL	Contrôle adéquat des propriétés du GNL à l'intérieur du réservoir. Procédure mise en place pour empêcher la libération de BOG par les soupapes de sécurité. Planification d'une consommation adéquate de GNL pour éviter les

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
		Réfrigération avec batteries internes.	longs temps de stationnement.
Ravitaillement du navire destinataire à partir de conteneurs	Pendant le soutage du GNL, si le réservoir de réception est à une température plus élevée que le réservoir initial, il y aura une production excessive de BOG. Si le conteneur reçoit de la vapeur de GNL en retour, il en résultera une augmentation de la pression dans le réservoir intérieur avec activation éventuelle des soupapes de sécurité..	Système de surveillance pour la bonne égalisation thermique des deux systèmes de stockage et du système d'interconnexion.	Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la dérive thermique des systèmes. Des procédures d'étalonnage et de validation appropriées pour les systèmes de surveillance de la température
	Si les réservoirs ISO LNG sont maintenus pleins, en attendant plus longtemps que le temps spécifié, une vapeur de GNL excédentaire sera générée. Le méthane peut être libéré si la pression de retour du GNL est telle que la valeur seuil est dépassée.	LNG pressure monitor LNG regulator before pressure build-up unit.	Procédure d'exploitation adéquate pour le transfert de GNL par montée en pression
	Dysfonctionnement du système de stockage côté navire, de sorte que les systèmes de sécurité du navire sont déclenchés par la fermeture de la vanne d'admission. Il peut en résulter une accumulation de gaz dans l'interconnexion et, par conséquent, l'activation de la soupape de sécurité côté camion (contre-pression).	Vérifiez la compatibilité des spécifications des systèmes de navire et de camion. Surveillance de la pression pour s'assurer qu'aucun excès de BOG n'est généré dans le réservoir de camion de GNL après que le soutage a été bloqué par le système du navire. Insertion d'un régulateur	Des procédures appropriées doivent être adoptées pour éviter la production excessive de BOG et le rejet de méthane après l'arrêt du soutage.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Phase envisagée pour le soutage du GNL	Scénario de rejet potentiel	Actions et/ou systèmes de réduction des menaces	
		D'ingénieries	De Gestion
		spécifique pour la contre-pression dans le circuit.	

3.3.3 BREF - Best Available Techniques Reference

Vous trouverez ci-dessous la comparaison entre les techniques qui seront mises en œuvre pour le projet proposé et les indications des Lignes Directrices Italiennes et “Best Available Techniques Reference Documents” européens sur les meilleures techniques disponibles (MTD/BAT).

La comparaison est effectuée en analysant différents BREF et lignes directrices, ainsi qu'en recherchant des informations sur les MTD/MPT liées aux différentes sections des plantes. Les résultats de cette comparaison sont donc présentés avec les références suivantes:

- “Reference Document on the Application of Best Available Techniques on Emissions from Storage” (IPPC, 2006), en ce qui concerne le Système de réception et de stockage du GNL
- Lignes directrices fixant des critères pour l'identification et l'utilisation des meilleures techniques disponibles - gestion des déchets - installations de traitement physico-chimique des liquides (Gruppo Tecnico Ristretto, 2007), pour le système de collecte et de traitement des eaux usées.

Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre les techniques couramment utilisées en matière de stockage du GNL et le BREF "Emission from Storage" (IPPC, 2006).

ASPECT	DISPOSITION BREF
Équilibrage de la vapeur	Équilibrage de la vapeur pendant les opérations de déchargement
Principes généraux pour la prévention et la réduction des émissions (contrôle et entretien)	La MTD consiste à appliquer un outil permettant de déterminer les plans de maintenance et d'élaborer des plans de contrôle des risques
Principes généraux pour la prévention et la réduction des émissions et des rejets dans le sol	En ce qui concerne les sols, l'objectif est d'appliquer des mesures techniques appropriées aux réservoirs présentant un risque potentiel de pollution du sol
Considérations spécifiques sur les réservoirs - réservoirs réfrigérants	Émissions non significatives des réservoirs réfrigérants
Prévention des accidents et des incidents	C'est la MTD pour appliquer un système de gestion de la sécurité

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



ASPECT	DISPOSITION BREF
Gestion de la sécurité et des risques	
Prévention des accidents et des blessures Procédures opérationnelles et formation	C'est la MTD d'appliquer un outil pour déterminer les plans de maintenance et développer des plans de contrôle des risques
Prévention des accidents et des blessures Procédures d'exploitation et instruments pour éviter le "surremplissage"	La MTD consiste à mettre en œuvre et à maintenir des procédures opérationnelles pour éviter le " surremplissage ".
Prévention des accidents et des blessures Instrumentation et automatisation pour détecter les fuites	La MTD consiste à appliquer un système de détection des fuites dans les réservoirs de stockage contenant des liquides susceptibles de polluer le sol.
Considérations sur les techniques de transfert et de Manutention des pipelines	C'est la MTD pour fournir des tuyauteries hors sol dans les nouvelles constructions.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

4 LIGNES DIRECTRICES POUR L'APPLICATION DE LA MÉTHODE LCA AU SOUTAGE DE GNL

Sur la base des considérations générales exposées ci-dessus concernant l'utilisation d'une **approche ACV** du GNL pour le transport maritime, en ce qui concerne le **système de soutage** du GNL et compte tenu des **incidences potentielles** sur l'environnement de l'utilisation de ce combustible de substitution, une application pratique de cette méthode est envisagée ci-dessous.

L'intention est d'introduire certains outils opérationnels utiles pour une étude LCA (ou LCI, lorsque la phase d'évaluation de l'impact du cycle de vie (LCIA) est omise), en ce qui concerne les étapes initiales de définition de l'objectif et du champ d'application, de configuration des processus unitaires et des flux de référence pour l'analyse de l'inventaire et de sélection des indicateurs clés de performance (KPI).

À cet égard, il convient de mentionner ici ce qui a été dit au point § 2.3.6 sur le fait que les phases de définition de l'objectif et du champ d'application, puis d'interprétation de l'ACV déterminent le cadre de l'étude, tandis que les phases de LCI et LCIA produisent des informations sur le système de produit.

4.1 LE SYSTÈME DE PRODUITS

Le système de produits en cours de modélisation comprend l'infrastructure pour le soutage du GNL, dont la mise en œuvre est requise par la directive 2014/94 / UE et par le décret législatif n ° 257/2016 : la configuration de base de ce système est représentée sur la Figure 23..

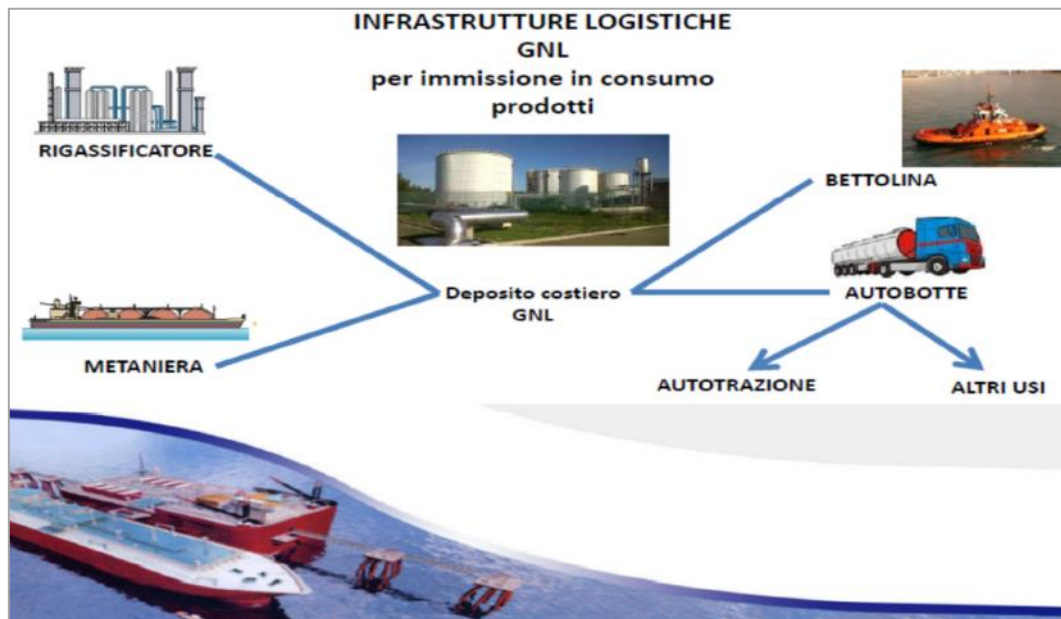
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 23. La chaîne d'approvisionnement côtière du GNL



Source : D.Soria, Dir. Gen. Assocostieri, "L'utilisation du GNL comme combustible pour le soutage maritime" 4e conférence Isola dell'Energia, Cagliari, 13 avril 2018

4.2 L'OBJECTIF, LE CHAMP D'APPLICATION ET LES LIMITES DU SYSTÈME

Dans le cadre de ce rapport, l'objectif de la présente étude de cas LCA est d'identifier les **principaux impacts environnementaux et les problèmes critiques associés aux technologies de soutage du GNL dans la zone portuaire au sein d'une chaîne logistique à petite échelle (SSLGN)**, en tenant compte en particulier de la réalité des ports de l'espace maritime transfrontalier IT-FR de la Méditerranée du Nord qui adhèrent au projet Interreg IT-FR "TDI RETE-GNL"..

Le **champ d'application** de l'étude de cas couvre donc le système de produits et ses processus unitaires, les fonctions du système, la frontière du système, les catégories d'impact sélectionnées et la méthodologie d'évaluation d'impact proposée, à travers une série de matrices et indicateurs de performance.

Les résultats analytiques s'adressent aux bénéficiaires de l'ensemble du projet "TDI RETE-GNL", tels que les **Autorités portuaires** et les **Organismes publics territoriaux** intéressés par la construction d'installations de ravitaillement en GNL.

Compte tenu du schéma de la **chaîne d'approvisionnement en GNL**, la **limite du système** est comprise entre les cases pointillées rouges de la Figure 24 dans les deux options à petite échelle

TDI RETE-GNL

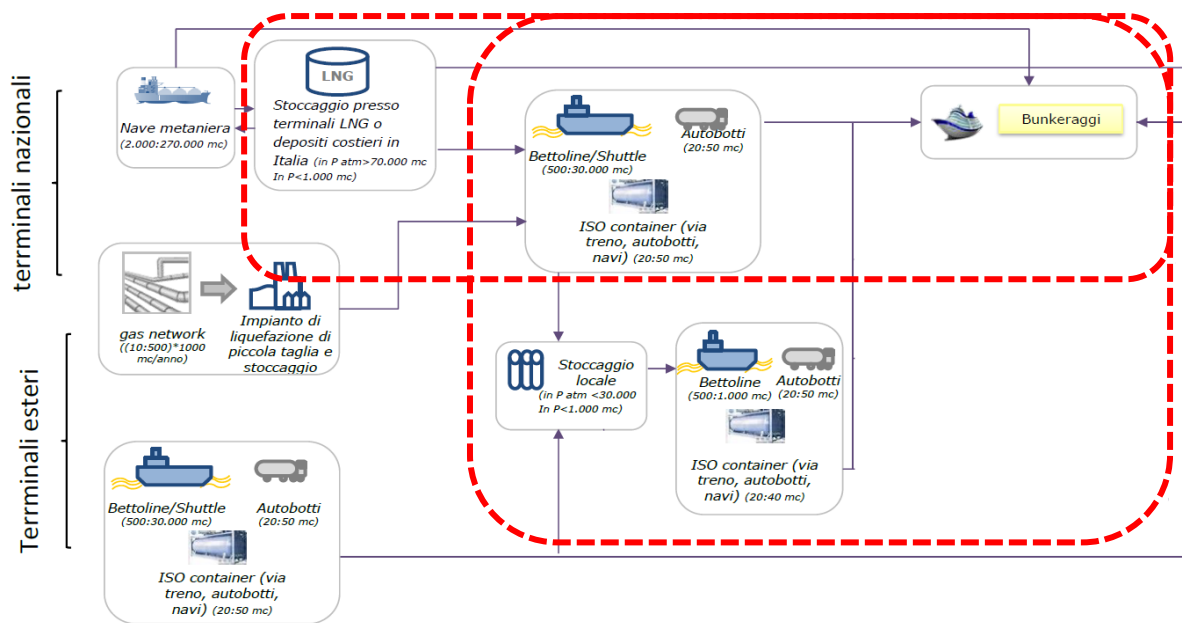
Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



d'un méthanier arrivant au terminal national de regazéification qui offre des services de soutage et de stockage local, fournis par des navires-citernes (ou des conteneurs ISO) et/ou des navires-citernes/navettes (s'il s'agit d'un stockage côtier) utilisés pour le soutage.

Figure 24. Les limites du système de produit analysé (en pointillés rouges)



Source : nt. élaboration sur images MISE “Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL”, cit.

4.3 ÉLÉMENTS POUR L'ANALYSE DE L'INVENTAIRE (LCI) ET L'ÉVALUATION DES IMPACTS DU CYCLE DE VIE (LCIA)

Dans la section suivante, les différents processus unitaires qui sous-tendent l'adaptation d'un terminal pour offrir des services SSLNG pour le transport maritime, de la construction de l'infrastructure nécessaire à son démantèlement, dans une logique de cycle de vie, seront examinés.

Des orientations sur l'allocation des flux (phase LCI) et la sélection des catégories et des indicateurs d'impact (phase LCIA) sont fournies pour chaque processus.

4.3.1 Construction d'infrastructures de stockage et de services auxiliaires

Pour la première phase de la construction d'une installation de stockage local, ayant pour fonction de recevoir le GNL via des méthaniers, puis de le distribuer aux navires utilisateurs

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet

finaux (soutage), il est prévu de modéliser comme suit les activités de construction de l'infrastructure de service (zones de l'usine, zone des torches et réservoirs de lutte contre les incendies en cas d'urgence), les zones logistiques et le réseau routier des chantiers.

Infrastructure de services

Le dépôt côtier peut être conceptuellement divisé dans les domaines fonctionnels suivants:

- **superficie de l'usine**, à son tour divisée en zones principales suivantes :
 - zone d'accostage et de transfert du GNL, qui comprend les infrastructures et les dispositifs d'amarrage des méthaniers et des péniches, ainsi que tous les dispositifs et équipements nécessaires au transfert et à la mesure corrects du GNL et du BOG (Boil Off Gas), ou gaz de retour, lors du déchargement des méthaniers et du chargement des péniches ;
 - zone de stockage du GNL, qui comprend le réservoir de stockage et tous les accessoires et dispositifs auxiliaires nécessaires à sa bonne gestion, ainsi que la salle de contrôle pour la supervision et la gestion de l'installation ;
 - zone de chargement des camions citernes, qui comprend les quais de chargement, les systèmes de mesure et tous les systèmes auxiliaires nécessaires à son bon fonctionnement et à sa gestion ;
 - zone de gestion des BOG, qui comprend les compresseurs nécessaires pour envoyer les BOG sur le réseau de transport
- **une zone de torche** composée d'une lampe de poche de secours à votre service;
- **zone des réservoirs contre l'incendie/réutilisation.**

Dans la zone de l'usine seront situés les bâtiments nécessaires à la gestion, au contrôle et à la maintenance de l'activité du terminal.

L'usine sera équipée de systèmes de sécurité, d'une surveillance par caméras CCTV et d'une clôture de détection d'intrusion adéquate.

Les **macrophases** suivantes peuvent être identifiées pendant la phase de construction :

- **Phase 0** – Préparation du site. Dans cette phase, les casernes sont situées sur le site et tout ce qui est nécessaire pour que l'entrepreneur puisse commencer le chantier ;
- **Phase 1** – Installation de réservoirs et d'une station d'épuration des eaux provenant des zones soumises à des opérations d'excavation et de mise en décharge. Les principaux véhicules et machines utilisés au cours de cette phase comprendront des pelles et un rouleau compacteur (pour enlever la section d'asphalte et compacter ensuite le sol), des

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- camions-malaxeurs et des camions pour la construction d'une dalle de fondation en béton armé et des grues/grues (pour la construction de la partie surélevée) ;
- **Phase 2** - Réalisation des excavations pour préparer la zone sur le terrain, en vue de la réalisation d'un plan de pose fini pour le paquet de pavage dans les zones pavées, ainsi qu'un plan de travail fini pour le positionnement ultérieur des structures civiles et des principaux équipements électromécaniques. Les matériaux issus de ces opérations d'excavation seront temporairement mis de côté à l'intérieur du site et réutilisés pour des opérations de remblayage ultérieures, s'ils présentent des caractéristiques géotechniques et environnementales adéquates. La fraction excédentaire sera retirée du site et mise en décharge comme déchet. Au cours de cette phase, il est prévu d'utiliser des pelles mécaniques et des excavateurs ;
 - **Phase 3** : Installation d'une première et d'une deuxième cuve de traitement des eaux de pluie. Au cours de cette phase, des pelles, des grues et des camions seront utilisés pour enlever les débris des matériaux excavés ;
 - **Phase 4**: Construction des fondations du réservoir de GNL, des auvents de chargement et de stockage et des auxiliaires. Les moyens utilisés comprendront des pelles, des camions-malaxeurs, des machines à enfoncer les pieux, des rouleaux de compactage/vibration et des camions. Des entrepôts et des bâtiments auxiliaires seront également installés ; pour ces activités seront utilisés (en plus des camions) : des excavateurs et des pelles (pendant la phase d'excavation) et des machines à mélanger le béton et des grues/grues en construction³⁵;
 - **Phase 5**: Construction de la superstructure du réservoir de GNL, positionnement des fondations profondes pour les compresseurs et la torche et construction de la salle de contrôle. Les opérations seront effectuées au moyen de pelles, de camions-malaxeurs et de machines pour l'exécution de poteaux, de grues/grues, de camions pour le transport de matériaux. En même temps, il sera possible de procéder à la construction de la salle de contrôle.
 - **Phase 6**: Construction de la superstructure des réservoirs de GNL, construction de réservoirs d'incendie et positionnement de l'ameublement des quais. Simultanément à la construction du réservoir de GNL, les réservoirs de lutte contre l'incendie manquants seront installés et le mobilier de quai sera positionné pour permettre l'accostage et

³⁵Cfr: *Venice LNG S.p.A.Marghera, ItaliaDeposito Costiero GNL a Marghera*Schedula di ProgettoDoc. No. P0008501-1-H15 Rev. 0 – Ottobre 2018Rev. 0Descrizione Prima EmissionePreparato da A. Sola / A. BadoControllato da P. PaciApprovato da C. Mordini
 Date Ottobre 2018

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



l'amarrage des abris. Les moyens nécessaires pour le positionnement du mobilier de quai seront réalisés par des grues et des camions avec des bétonnières ;

- **Phase 7:** Installation des ouvrages d'ingénierie et des accessoires. Les activités seront menées à la fois à l'intérieur du dépôt de GNL et sur le quai (installation des bras de chargement et pose de la tuyauterie de quai). Dans le cadre de cette phase, les réseaux de drainage et de lutte contre les incendies seront également positionnés, ainsi que les sous-services et les revêtements et mobiliers routiers. Les véhicules utilisés seront des pelles, des camions, des grues/grues pour le positionnement des équipements, des bétonnières et des compacteurs et finisseurs vibrants (ainsi que des camions) pour les trottoirs.

Zones Logistiques et Routes de Chantier

Des zones logistiques seront positionnées à l'intérieur du site pour :

- accueillir les préparatifs du chantier et les éventuels systèmes de production d'électricité ;
- assurer le stockage des matériaux nécessaires à la construction.

4.3.1.1 Allocation des flux et sélection des catégories et des indicateurs d'impact

Sur la base des activités décrites ci-dessus, il sera possible de faire une estimation des flux de matières et d'énergie entrant et sortant de la phase du site qui peuvent être représentés par des schémas de flux tels que, par exemple, celui présenté ci-dessous:

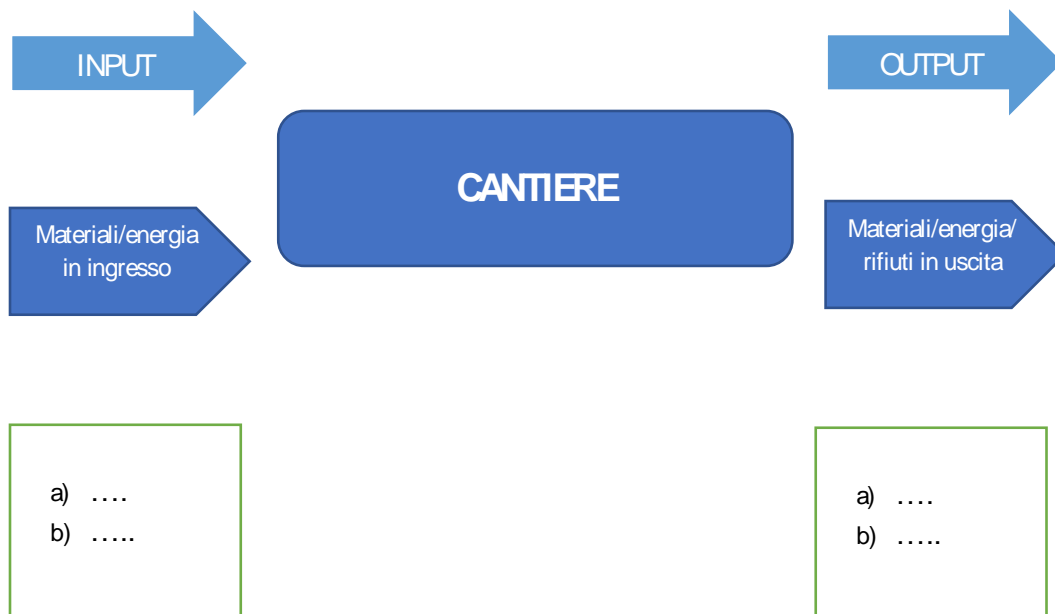
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 25. Flux d'entrée et de sortie en phase de construction



Nous proposons ci-dessous une matrice d'évaluation qui identifie les **Impacts environnementaux** possibles découlant de la phase de construction et, pour chacun d'entre eux, propose des **indicateurs KPI** à utiliser pour leur quantification.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Émissions dans l'atmosphère</p>	<p>Pendant la construction de l'ouvrage, les émissions dans l'atmosphère sont principalement imputables à :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) la production de poussière due aux mouvements de terrain b) les émissions de polluants gazeux dans l'atmosphère provenant des moteurs des véhicules utilisés pour les activités de construction, c) les émissions de poussières dans l'atmosphère provenant des travaux de terrassement, de la circulation des véhicules et de la construction, d) les émissions dans l'atmosphère liées au trafic <p>La circulation des véhicules terrestres entrant et sortant de la zone du site pendant la construction de l'usine est essentiellement attribuable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le transport de matériaux de carrière ; - le transport pour la mise en décharge des déchets ; - le transport de matériaux de construction ; - le déplacement des travailleurs en charge de la construction. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pour chaque type de matériel de chantier: <ul style="list-style-type: none"> - n. moyens mensuels ou journaliers - Puissance (kW) - NOx [kg/h] - PTS [kg/h] 2) Volume de terre movimentée (m³)/an 3) Quantité de particule fine (PM10) rejetée dans l'atmosphère pendant les activités de chantier : <p>En ce qui concerne l'estimation de la quantité de particules fines (PM10) rejetée dans l'atmosphère pendant les activités de chantier, on peut se référer à la méthodologie suivante <i>“AP 42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 13.2.2; Miscellaneous Sources – Aggregate Handling And Storage Piles”</i>.</p> <p>En particulier, en ce qui concerne la contribution plus importante aux émissions de poussières provenant de la manutention des matériaux en tas, l'équation empirique suggérée dans la section <i>“Materialhandlingfactor”</i>, qui permet de définir les facteurs d'émission par tonne de déblais enlevés:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $E = k \cdot (0.0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$ </div> <p>où:</p>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”
Contribution du partenaire du projet

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI			
		<p>E = Facteur d'émission de PM10 (kg de poussière/tonne de matière enlevée),</p> <p>U = la vitesse du vent (supposée être de 3 m/s) ;</p> <p>M = la teneur en humidité du sol dans les tas (supposée, très prudemment, être de 4 %)</p> <p>k = facteur multiplicateur pour les différentes valeurs de taille des particules ; pour les PM10 (diamètre inférieur à 10 µm), un facteur multiplicateur de 0,35 est adopté.</p> <p>Cette formule permet d'estimer la contribution des activités de loin les plus lourdes pour la dispersion des particules liées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> charge de terre/inerte sur les véhicules lourds ; charge de terre/inerte et stockage en tas ; la dispersion de la partie fine par le vent à partir des amas. <p>4) Émissions provenant du Trafic Terrestre, Induit en Phase de Chantier</p> <p>Les émissions dues au trafic terrestre peuvent être estimées à partir des facteurs d'émission de l'EMEP/EEE:</p> <p>par type de véhicule:</p> <table border="0"> <tr> <td>NO_x [g/km]</td> <td>SO₂ [g/km]</td> <td>PM10 [g/km]</td> </tr> </table> <p>5) Estimation des Emissions des Véhicules de Chantiers</p> <p>Émissions horaires générées par les véhicules individuels de chantier terrestre en considérant la condition la plus</p>	NO _x [g/km]	SO ₂ [g/km]	PM10 [g/km]
NO _x [g/km]	SO ₂ [g/km]	PM10 [g/km]			

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
 Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		onéreuse, c'est-à-dire la contemporanéité du plus grand nombre de véhicules: NO _x [kg/h] SO _x [kg/h] PTS [kg/h] 6) Estimation des Poudres Générées par la Manutention au Sol: estimation des émissions quotidiennes du trafic routier induites par la phase de construction des travaux NO _x [kg/jour] SO ₂ [kg/jour] PM10 [kg/jour]
Prélèvements d'eau	Les prélèvements d'eau pendant la phase de construction sont principalement dus : a) l'humidification des zones de chantier pour limiter les émissions de poussières provenant des activités de terrassement ; b) les utilisations civiles liées à la présence de personnel de construction. c) Une part supplémentaire de captage d'eau est prévue pendant la phase de <i>commissioning</i> , liée à l'essai hydraulique du réservoir et des conduites.	Consommation d'eau: m ³ /an
Les canalisations d'eau	Les canalisations d'eau sur le site de construction sont reconnectées : a) les eaux de ruissellement qui dégradent les chantiers de construction. Cette eau sera collectée/envoyée vers un réservoir destiné (en cours de fonctionnement) à la gestion et à l'élimination des eaux de première et deuxième pluie. Le rejet de l'eau en aval du traitement dans la cuve peut être acheminé vers un récepteur (rejet qui doit être spécifiquement autorisé par l'organisme compétent) ; b) les eaux provenant des fouilles seront collectées et ensuite traitées au moyen d'une station d'épuration spécialisée et, de là, envoyées au réseau public d'égouts au moyen d'une canalisation (temporaire) spécialisée ;	Paramètres visés à l'annexe 5, P. Terza, décret législatif n° 152 du 03.04.06 (Rejets dans les eaux de surface, Rejets dans les égouts, Rejets dans le sol)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
 Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	<p>c) le rejet de l'eau nécessaire aux activités de mise en service des gazoducs et des réservoirs de GNL de l'usine. Cette eau est rejetée à la mer après un filtrage, un traitement et un contrôle de qualité appropriés de l'eau d'essai. Une autre possibilité consiste à envisager, pendant la phase d'ingénierie détaillée de l'essai, les traitements appropriés pour l'élimination : dans ce cas, l'eau d'essai ne doit plus être considérée comme un rejet mais comme un déchet ;</p> <p>d) la production de déchets d'origine civile liée à la présence de la main-d'œuvre impliquée dans les activités du chantier.</p> <p>Environnement des eaux de surface et des eaux marines</p> <p>Les interactions, pendant la phase de construction, entre le projet et la composante peuvent être résumées comme suit :</p> <p>a) le rejet d'effluents liquides, b) la modification du drainage superficiel de la zone concernée par les travaux, c) l'occupation/la restriction de l'utilisation des miroirs d'eau, d) les éventuels déversements/éclaboussures accidentels d'engins de construction.</p>	
Émissions sonores	<p>Lors des activités de chantier, la génération d'émissions sonores est attribuable au fonctionnement des machines utilisées pour les différentes activités de chantier et pour le transport des matériaux. La définition du bruit émis pendant les travaux de construction n'est pas facilement quantifiable car elle est conditionnée par un certain nombre de variables, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ l'intermittence et le caractère temporaire du travail ; ▪ l'utilisation de moyens de transport mobiles dont l'itinéraire est difficile à définir 	<p>1) Basé sur la classe d'acoustique municipale Limites acoustiques [dB(A) Distance minimale par rapport aux travaux du projet [m] Emission (jour-nuit) [dB(A)] Entrée (jour - nuit) [dB(A)]</p> <p>2) Pour chaque type de véhicule : Puissance sonore [dB(A)] Nombre de véhicules</p>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	<p>Les émissions sonores supplémentaires pendant la phase de construction seront générées par la circulation des véhicules utilisés pour le transport des matériaux et du personnel.</p> <p>Les interactions entre le projet et la composante peuvent être résumées comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les émissions sonores des véhicules et des machines, b) l'émission de vibrations par des moyens et des machines, c) les émissions sonores dues au trafic terrestre induit. 	<ul style="list-style-type: none"> 3) LW = le niveau de puissance sonore total des sources [dB] 4) Bruit des véhicules (dBA)
Utilisation des matières premières et des ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> a) Occupation des zones du site b) Matériaux de construction (par exemple, le béton) c) Carburants d) Électricité e) Main-d'œuvre : présence des employés pendant la construction du dépôt. Cette présence aura lieu pendant la phase de construction des réservoirs et des principaux équipements de l'usine. f) Manipulation de la Terre et des Roches Excavées. Pendant la phase de construction, le mouvement de la terre et de la roche est prévu par exemple pour : <ul style="list-style-type: none"> ▪ le nivellement du sol ; ▪ la construction des fondations des équipements principaux (systèmes sur poteaux) et des bâtiments (solution sur base de béton armé) ; ▪ la pose des canalisations pour l'approvisionnement en eau de lutte contre l'incendie et le réseau d'évacuation des eaux de première et deuxième pluie ; ▪ l'adaptation du réservoir de traitement de l'eau. 	<p>Les principales consommations de ressources sont liées à :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) du béton, principalement pour la construction des fondations des réservoirs (GNL et eau d'incendie) et des autres bâtiments/équipements présents (poids) ; 2) la charpenterie métallique, les tuyaux, les appareils et les systèmes électro-instrumentales (poids) ; 3) les matériaux d'isolation et les produits de peinture (poids) ; 4) les volumes de terre déplacés en termes d'excavations, de décharges et de remblais, sur le site de construction (m³) ; 5) Électricité (KWh); 6) Eau (m³); 7) Occupation des terres (m³ de surface du site)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
 Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Production de déchets</p>	<p>Les principaux types de déchets produits pendant la phase de construction sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les déchets civils liquides b) le papier et le bois provenant de l'emballage des équipements, etc ; c) les résidus de plastique ; d) les terres et roches excavées qui ne peuvent être réutilisées sur place, dont le volume à envoyer pour élimination ne sera quantifié qu'après vérification des caractéristiques géotechniques et environnementales nécessaires pour permettre leur réutilisation. e) le ciment et le béton résultant de l'élimination des bâtiments existants ; f) les déchets ferreux ; g) les matériaux isolants ; h) les huiles. <p>Les déchets non réutilisables seront éliminés dans des décharges autorisées après avoir reçu le code C.E.D. et en pleine conformité avec la réglementation en vigueur sur les déchets.</p> <p>Les déchets produits seront toujours éliminés conformément à la législation en vigueur. En particulier, dans la mesure du possible, une collecte séparée sera effectuée pour la récupération des fractions réutilisables. Tout stockage temporaire à l'extérieur de déchets spéciaux non dangereux sera pourvu de bassins de confinement imperméables. Les déchets spéciaux, liquides et solides, attendus en très petites quantités, produits pendant l'exploitation ou lors d'activités de maintenance ordinaire et extraordinaire, seront gérés conformément à la législation en vigueur sur les déchets, et transportés et éliminés par des entreprises spécialisées.</p>	<p>Par code CED:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) tonnes/an de déchets totaux produits 2) tonnes/an de déchets destinés à être valorisés 3) tonnes/an de déchets destinés à être éliminés

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Circulation des véhicules</p>	<p>La circulation des véhicules terrestres entrant et sortant de la zone du site pendant la construction de l'usine est essentiellement attribuable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) le transport de matériel de carrière ; b) le transport pour la mise en décharge des déchets (matériaux de démolition, déchets civils et terrains non réutilisés sur le site). c) le transport de matériaux de construction ; d) la manutention des travailleurs de la construction. <p>Le réseau routier et les accès à la zone principale du site de construction sont assurés par des routes existantes qui sont en mesure de répondre aux besoins du site de construction en raison de leur proximité avec les principales voies de circulation de la région.</p> <p>Il y aura également un certain nombre de transits de camions pour le transport exceptionnel pour l'approvisionnement de certains types de matériaux de construction : le nombre de ces transits sera négligeable par rapport au trafic total sur le chantier.</p>	<p>Voir la section sur les émissions atmosphériques</p>
<p>Contamination du sol et du sous-sol</p>	<p>Les interactions entre le projet et la composante "sol et sous-sol" peuvent être résumées comme suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) l'utilisation des matières premières et la gestion des terres et des roches excavées, b) les interactions avec les flux d'eaux souterraines pour les excavations/fondations, c) la production de déchets, d) l'occupation/restriction de l'utilisation des sols, e) la contamination potentielle du sol par pincement/épandage à partir d'équipements de construction 	<p>Pour les indicateurs, voir les sections correspondantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - matières premières - les retraits et les vidanges - déchets

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



4.3.2 *Exploitation des infrastructures de stockage de GNL*

On suppose que l'objectif de l'installation est de recevoir le GNL de méthaniers de taille moyenne appropriés, appelés "Carrier Vessel", et de le décharger dans des réservoirs de stockage, et qu'il est ensuite utilisé, principalement sous forme liquide, comme combustible à usage industriel, terrestre et naval, et partiellement comme gaz naturel à distribuer dans les réseaux de gazoducs existants dans la région.

4.3.2.1 *Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs*

De même que pour la phase de chantier, sur la base des activités supposées ci-dessus, il sera possible d'estimer les **flux de matières et d'énergie entrants et sortants de la phase d'exploitation** de l'usine à partir de schémas de flux tels que celui présenté ci-dessous, à un niveau opérationnel:

Figure 26. Flux d'entrée et de sortie pendant le fonctionnement



Voici la matrice d'évaluation créée de manière similaire à la précédente, associée à l'identification et à la quantification des impacts potentiellement liés au travail du projet, en référence aux phases d'exploitation.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Émissions dans l'atmosphère</p>	<p>En principe, les principales sources de pollution seront les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Émissions de polluants provenant de sources situées dans l'installation et du trafic maritime et terrestre induit b) les émissions dues au trafic terrestre et maritime, qui entraîneront le transit annuel maximum de véhicules. c) les gaz de combustion des torchères d) Boil Off Gas (BOG) produit par évaporation dans les réservoirs de stockage : les émissions atmosphériques peuvent être très faibles, voire inexistantes, selon la disponibilité à éliminer le BOG <p>Interactions entre le projet et la composante <i>climatique</i></p> <p>Les interactions entre le projet et la climatologie seront liées aux émissions atmosphériques de gaz altérant le climat pendant la phase d'exploitation de la centrale (principalement les émissions dues au trafic induit). L'interaction potentielle causée par les émissions de gaz à effet de serre pendant la phase de construction a été exclue de l'analyse couverte par le présent document, car l'impact sur le composant est généralement lié à des émissions constantes sur une longue période, supérieure à la durée des activités de construction.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Dioxyde de carbone (CO₂) : t/an 2) Oxydes d'azote (NOX) ; µg/m³ 3) Dioxyde de soufre (SO₂) ; µg/m³ 4) Monoxyde de carbone (CO) ; µg/m³ 5) Poussières, sous forme de particules totales (PTS) : µg/m³. 6) Poussières fines émises par les moteurs (PM_{2,5} et PM₁₀ : µg/m³). 7) Émissions annuelles du trafic maritime. Afin d'associer un facteur d'émission représentatif à chaque navire, le texte du Guide EMEP/AEE des inventaires des émissions de polluants atmosphériques 2016 peut être pris comme référence bibliographique : il sera ainsi possible d'identifier, pour chaque navire et chaque polluant (NOX - SO₂ - PM₁₀ - CO), un facteur d'émission spécifique (exprimé en g/kWh) en fonction des puissances et des types de moteurs à bord et du type de carburant utilisé. 8) Estimation des émissions de CO₂ dues au trafic maritime induit: <ul style="list-style-type: none"> Quantité de CO₂ émise en fonction de la puissance installée sur le navire : gCO₂/kWh L'estimation des émissions de chaque type de véhicule est effectuée en multipliant le facteur d'émission, la puissance installée sur le navire, la durée de la phase et le trafic annuel. Par type de navire: <ul style="list-style-type: none"> - Capacité [m³] - Emissions CO₂ annuels [t CO₂/an]

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		<p>9) Émissions annuelles dues au trafic terrestre. Pour les types de véhicules (camions et voitures), estimation des NOx, SO2 et PM10 [kg/jour].</p> <p>10) L'estimation des émissions de CO2 dues au trafic terrestre peut être effectuée à partir des facteurs d'émission EMEP/EEE</p> <p>Cette méthodologie permet d'estimer les émissions de CO2 avec l'équation suivante :</p> $E_i = \sum_j \left(\sum_m (FC_{j,m} \times EFi_{j,m}) \right)$ <p>où:</p> <ul style="list-style-type: none"> • E_i= émission CO₂ [g]; • $FC_{j,m}$ = consommation de carburant par catégorie de véhicule j utilisant du carburant m [kg]; • $EFi_{j,m}$= facteur d'émission relatif à la consommation spécifique de carburant de la substance i pour la catégorie de véhicule j et le carburant m [g/kg].
<p>Prélèvements d'eau</p>	<p>a) les prélèvements d'eau pour les besoins opérationnels</p> <p>En ce qui concerne la matrice d'eau à pleine capacité, il peut être possible d'effectuer une vidange de l'eau de mer et, par conséquent, un petit rejet de la même eau utilisée pour le refroidissement de la station de compression. L'eau pendant le refroidissement ne subira qu'une faible augmentation de température et les paramètres au point de rejet doivent être conformes aux dispositions du décret législatif 152/06.</p>	<p>Consommation d'eau: m³/an</p>

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
 Contribution du partenaire du projet

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	Les impacts introduits par la centrale peuvent donc être considérés comme essentiellement de nature transitoire et inhérents à ses phases de construction : du chantier à la mise en service.	
Les Canalisations d'eau	<p>Environnement des eaux de surface et des eaux marines</p> <p>Les interactions entre le projet et la composante peuvent être résumées comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) le rejet d'effluents liquides, b) l'étanchéification des surfaces et la modification du drainage de surface, c) la contamination potentielle de l'eau due à un déversement accidentel ou à une fuite pendant l'exploitation 	<p>Paramètres visés à l'annexe 5, P. Terza, décret législatif n° 152 du 03.04.06</p> <p>(Rejets dans les eaux de surface, Rejets dans les égouts, Rejets dans le sol)</p>
Émissions sonores	<p>Les interactions entre le projet et la composante peuvent être résumées comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les émissions de bruit et de vibrations des machines de l'usine, b) les émissions sonores liées au trafic induit (terre et mer). <p>Exemples de sources acoustiques (équipement) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bras de chargement de GNL / vapeur - Pompes cryogéniques intérieures - Pompes de dépressurisation GNL - Compresseurs BOG - Compresseurs d'air pour instruments / services - Pompes électriques - Pompe à incendie diesel - Groupe électrogène diesel d'urgence 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Basé sur la Classe d'Acoustique municipale <ul style="list-style-type: none"> - Limites acoustiques [dB(A)] - Distance Minimale des Travaux du Projet [m]. - Emission (jour-nuit) (dB(A)) - Entrée (jour - nuit) [dB(A)] 2) Pour chaque type de véhicule <ul style="list-style-type: none"> - puissance sonore [dB(A)] - n. véhicule 3) LW = le niveau de puissance sonore total des sources [dB]

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	<ul style="list-style-type: none"> - Torche - Pompes de récupération d'eau de pluie - Pompes de récupération du réservoir de la torche - Pompes pour la récupération des réservoirs de drainage 	
Utilisation des matières premières et des ressources naturelles	<ul style="list-style-type: none"> a) Électricité b) Approvisionnement en eau c) le carburant diesel, pour l'alimentation du générateur diesel de secours d) Azote, nécessaire pour l'inertage et le déplacement des composants et/ou du système e) les carburants f) les lubrifiants g) les additifs chimiques <p>Les fluides consommés pendant le fonctionnement sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ approvisionné par un dépôt pétrolier ▪ fournis par des camions-citernes, du diesel ou prélevés sur des filets extérieurs. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Consommation d'électricité (kWh) 2) Consommation d'eau (m³/an) 3) Quantité d'azote (utilisation : Bras de chargement -Citerne - Compresseurs - Tuyaux de chargement - Lignes d'inertisation de torche - Citernes - Fluxage de quai de tambour KO) (Nm³/h) 4) Air comprimé (utilisation : Atelier, Torche, Bras de chargement, etc.) (Nm³/h) 5) Carburant diesel (utilisations : groupes électrogènes de secours - pompes à incendie) (m³/h) 6) Occupation des terres (superficie en m³)
Production de déchets	<p>Les principaux déchets produits pendant l'exploitation proviendront :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les activités de transformation ou les activités qui s'y rapportent, telles que l'entretien ordinaire et extraordinaire des installations ; b) les activités civiles (bureaux, cantine)). 	<p>Par code CED:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonnes/an de déchets totaux produits - tonnes/an de déchets destinés à être valorisés - tonnes/an de déchets destinés à être éliminés

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
 Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	<p>En cours d'exploitation ou dans le cadre des activités de maintenance ordinaire et extraordinaire, les déchets seront gérés conformément à la réglementation pertinente en vigueur, et seront transportés et éliminés par des entreprises spécialisées agréées.</p>	
<p>Contamination du sol et du sous-sol</p>	<p>Les impacts sur le sol et le sous-sol peuvent être négligeables du fait que la zone d'intervention est probablement déjà fortement artificialisée et destinée à des activités productives.</p> <p>Les interactions entre le projet et la composante "sol et sous-sol" peuvent être résumées comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) la contamination potentielle du sol par pincement/épandage en cours d'exploitation, b) les restrictions en matière d'occupation et d'utilisation des sols pour la présence d'installations c) retombées de polluants provenant du trafic maritime : retombées sur le sol générées par les émissions de polluants gazeux et de poussières associées au trafic maritime pendant la phase opérationnelle du Dépôt Côtier. 	<p>Pour les autres indicateurs, voir les sections correspondantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - matière première - les retraits et les vidanges - déchets

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"
Contribution du partenaire du projet



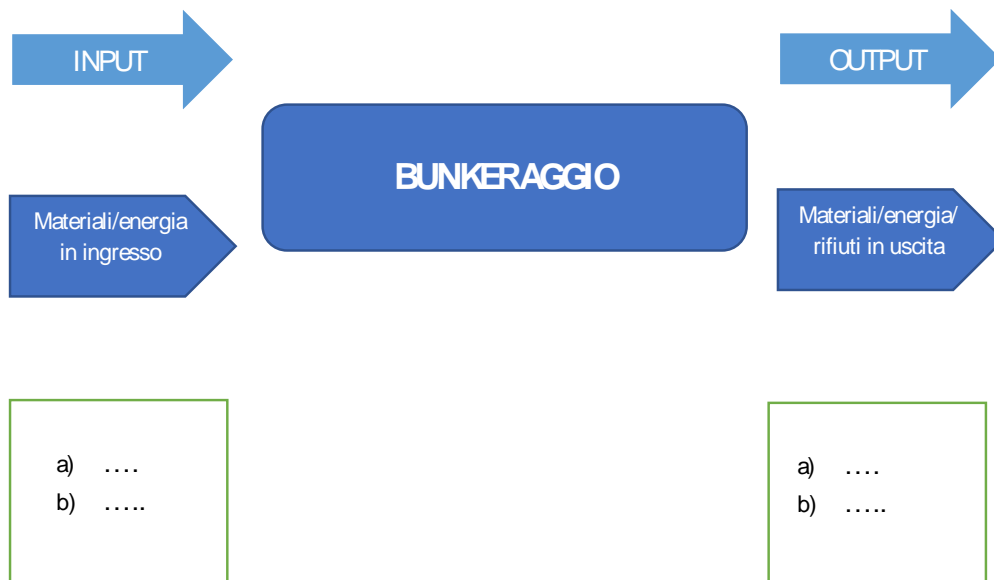
4.3.3 Opérations de soutage de GNL

Comme décrit au point **Erreur. L'origine riferimento non è stata trovata.**, les principaux modes d'approvisionnement en GNL pour le transport maritime (soutage) sont les suivants :

1. *Ship-to-Ship* (STS) : est le transfert de GNL d'un navire ou d'une barge, avec le GNL comme cargaison, à un autre navire pour l'utiliser comme combustible ;
2. *Truck-to-Ship* (TTS): est le transfert de GNL d'un camion-citerne à un navire amarré au quai ou à la jetée. En général, cette opération est effectuée en raccordant un tuyau flexible cryogénique conçu pour le service de GNL de la terre au navire ;
3. *Port-to-Ship* (PTS):il GNL est transféré d'un réservoir de stockage fixe à terre par une ligne cryogénique avec des bras de chargement (dans le cas d'un réservoir de stockage d'un terminal de regazéification), avec une extrémité flexible (Pipeline) ou le tuyau d'un navire amarré à un quai ou un quai voisin (Terre) ;
4. *Citernes mobiles ou conteneurs ISO cryogéniques* : Ils peuvent être utilisés comme installation de stockage de carburant et la quantité de produit transféré est flexible car elle dépend du nombre de réservoirs.

En procédant selon une logique d'ACV, en laissant de côté la technologie de soutage spécifique utilisée, le schéma du processus et les flux de matières et d'énergie d'entrée et de sortie peuvent être représentés comme dans l'exemple suivant :

Figure 27. Flux d'entrée et de sortie pendant le soutage de GNL



TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Dans ce qui suit, pour chacune des options technologiques réalisables, quelques indications utiles sont données pour l'exécution pratique des étapes opérationnelles d'attribution des débits au processus de soutage élémentaire et pour la définition des classes de problèmes environnementaux et des indicateurs de performance.

4.3.3.1 Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - Option STS

Si l'on prend l'étude de cas de l'option navire-navire (STS), le processus de soutage du GNL au niveau du port maritime pourrait être divisé en plusieurs sous-phases opérationnelles :

- a) Amarrage des navires à approvisionner³⁶
- b) Transfert d'un produit liquide d'un navire ou d'une barge comme cargaison (navire ou barge de soute) à un autre navire comme combustible
- c) Maintenance
- d) Service d'urgence

Sur le plan opérationnel, l'opération de transfert de GNL peut prendre le type de configuration suivant qui met en évidence les éléments d'entrée et de sortie qui devront être pris en compte dans l'étude ACV.

³⁶ À cet égard, il convient de noter que parmi les principaux avantages de ce type d'approvisionnement figure la possibilité d'opérer en mer sans avoir à entrer dans le port si les conditions météorologiques et les vagues le permettent, en plus de la possibilité de transporter de grands volumes de produits en peu de temps (MISE "Document de consultation pour une stratégie nationale en matière de GNL", annexe au chapitre 2).

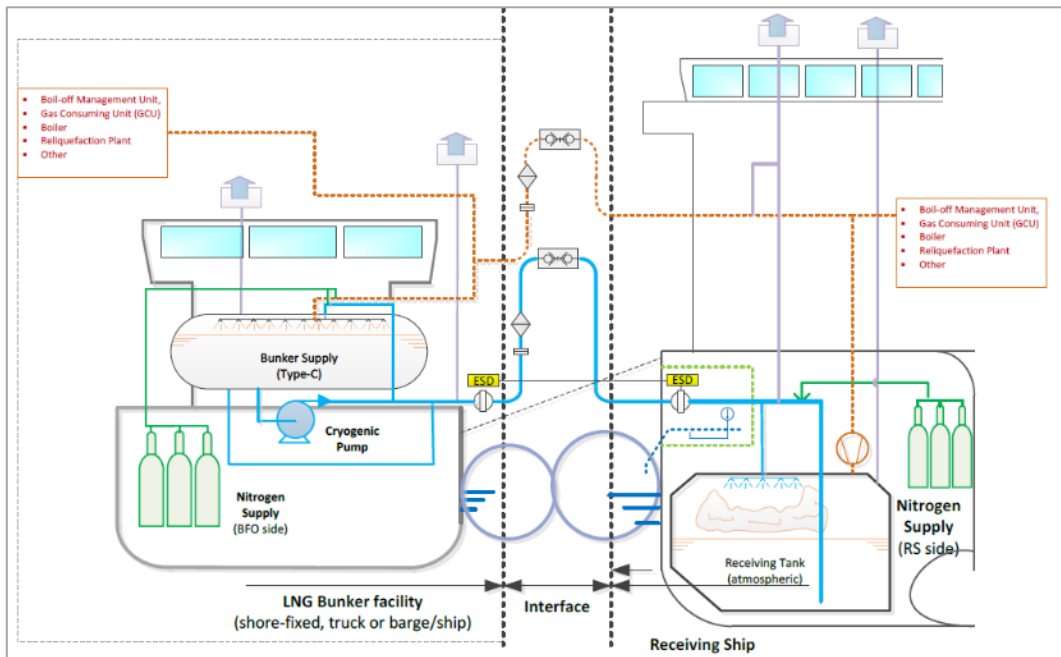
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 28. Représentation générique du système de soutage STS (cas du transfert de GNL entre un réservoir pressurisé de type C et un réservoir atmosphérique de type A ou B)



Source : Guide EMSA2018, cit.

On trouvera ci-après une hypothèse matricielle permettant d'identifier les éventuels impacts environnementaux associés aux différentes phases de soutage selon cette option et les indicateurs clés correspondants.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
Émissions dans l'atmosphère;	<p>Émissions de polluants induites par le trafic maritime et terrestre.</p> <p>Les émissions générées par tout service d'urgence fourni par des générateurs diesel peuvent être considérées comme négligeables.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Phase de ravitaillement (navires de soule) <ul style="list-style-type: none"> n. arrivées/an * capacité navire m³ distribution du GNL (m³/an) Estimation du nombre de trafics maritimes prévus n° véhicules/jour gaz à effet de serre <ul style="list-style-type: none"> Dioxyde de carbone (CO₂) : t/an oxydes d'azote (NO_x) ; µg/m³ dioxyde de soufre (SO₂) ; µg/ m³ monoxyde de carbone (CO) ; µg/ m³ poussière, sous forme de particules totales (PTS) : µg/ m³

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Prélèvements et évacuations d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'eau à des fins industrielles, limitée à l'irrigation et au lavage des routes et des cours, - Prélèvements d'eau à usage civil - Les volumes d'eau nécessaires pour le système de lutte contre l'incendie ; en ce qui concerne ces volumes d'eau (et les tests périodiques correspondants), il peut être prévu de réutiliser la deuxième eau de pluie tombant sur le dépôt de GNL, qui sera attribuée par le biais de canalisations dédiées aux réservoirs de stockage. <p>Les premières eaux de pluie devront être acheminées vers des unités de traitement.</p> <p>L'eau de seconde pluie, qui s'écoulera sur des surfaces non sujettes à contamination, doit être déversée dans les eaux de surface ou dans un réservoir de stockage pour être réutilisée ultérieurement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - les poussières fines émises par les moteurs (PM2.5 et PM10 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$) <ol style="list-style-type: none"> 1) Consommation d'eau (m^3/an) 2) Paramètres visés à l'annexe 5, partie III, décret législatif n° 152/2006 Rejets dans les eaux de surface, (Rejets dans les égouts, Rejets dans le sol) 3) Consommation m^3/h prélevée sur le réseau industriel.
<p>Émissions sonores</p>	<p>Les émissions sonores liées à l'activité sont dues à la circulation des moyens de transport maritime.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Basé sur la classe d'acoustique municipale <ul style="list-style-type: none"> - Limites acoustiques [dB(A)] - Distance Minimale par rapport aux Travaux du Projet [m] - Emission (jour-nuit) [dB(A)] - Entrée (jour - nuit) [dB(A)]. 2) Pour chaque type de véhicule <ul style="list-style-type: none"> - puissance sonore [dB(A)] - n. moyens

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		3) LW = le niveau de puissance sonore global des sources [dB]
Déchets	Les principaux déchets produits proviendront de : - les activités de transformation ou liées à celles-ci, telles que l'entretien ordinaire et extraordinaire des installations - les rejets accidentels d'hydrocarbures en mer	Par code CED: - tonnes/an de déchets totaux produits - tonnes/an de déchets destinés à être valorisés - tonnes/an de déchets destinés à être éliminés
Utilisation des matières premières et des ressources naturelles	a) Énergie électrique b) Approvisionnement en eau c) Carburant	1) Consommation de carburant (Litres/an) 2) Consommation d'électricité (kWh) 3) Consommation d'eau (m ³ /an)

4.3.3.2 Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - option TTS

En supposant l'étude de cas de l'option **Truck-to-Ship** (TTS), ce type de soutage peut être divisé selon les sous-phases opérationnelles suivantes :

- Amarrage des navires à réapprovisionner
- Arrivée du pétrolier
- Transfert de produits liquides d'un camion-citerne à un navire
- Maintenance
- Service d'urgence

Sur le plan opérationnel, l'opération de transfert de GNL peut prendre le type de configuration suivant qui met en évidence les éléments d'entrée et de sortie qui devront être pris en compte dans l'étude ACV.

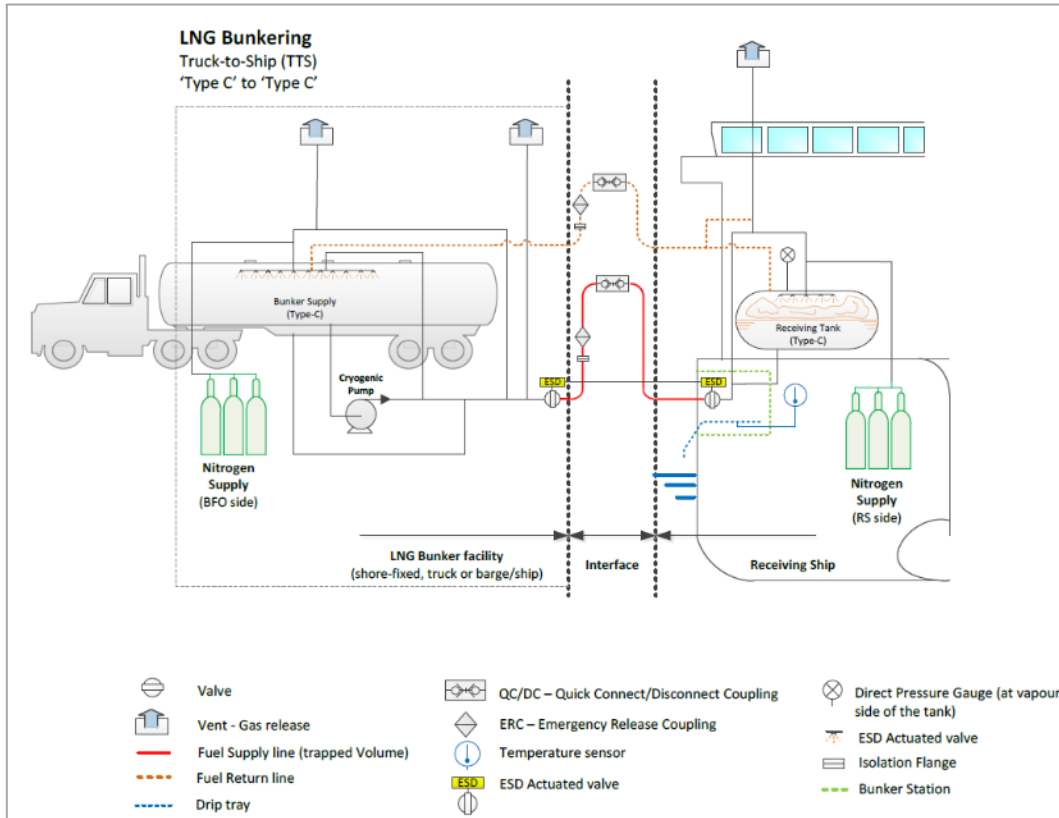
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 29. Représentation générique du système de soutage TTS



Source : Guide EMSA2018, cit.

Voici une hypothèse de matrice pour l'identification des impacts environnementaux possibles associés aux différentes phases de soutage selon cette option et les indicateurs clés correspondants.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
Émissions dans l'atmosphère	<p>Émissions polluantes induites par le trafic maritime et terrestre.</p> <p>Les émissions générées par tout service d'urgence fourni par des générateurs diesel peuvent être considérées comme négligeables.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Phase d'approvisionnement (camion-citernes) <ul style="list-style-type: none"> n. arrivées/an * capacité m³ Distribution de GNL (m³/an) Estimation du trafic terrestre prévu Nombre de véhicules ou de transits/jour Gaz à effet de serre

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		<ul style="list-style-type: none"> - Dioxyde de carbone (CO₂) : t/an - oxydes d'azote (NOX) ; µg/m³ - dioxyde de soufre (SO₂) ; µg/m³ - monoxyde de carbone (CO) ; µg/m³ - poussières, sous forme de particules totales (PTS) : µg/m³. - les poussières fines émises par les moteurs (PM_{2,5} et PM₁₀ : µg/m³)
<p>Prélèvements et évacuations d'eau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'eau à des fins industrielles, limitée à l'irrigation et au lavage des routes et des cours, - Prélèvements d'eau à des fins civiles - les volumes d'eau nécessaires au système de lutte contre l'incendie ; en ce qui concerne ces volumes (et les essais périodiques correspondants), il peut être prévu de réutiliser la deuxième eau de pluie tombant sur l'installation de stockage de GNL, affectée par le biais d'une tuyauterie dédiée aux réservoirs de stockage. <p>Les premières eaux de pluie devront être acheminées vers des unités de traitement.</p> <p>L'eau de seconde pluie, qui s'écoulera sur des surfaces non sujettes à contamination, doit être déversée dans les eaux de surface ou dans un réservoir de stockage pour être réutilisée ultérieurement.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consommation d'eau (m³/an) 2) Paramètres visés à l'annexe 5, troisième partie, du décret législatif n° 152/06 (Rejets dans les eaux de surface, Égouts dans le réseau d'égouts, Rejets dans le sol) 3) Consommation m³/h prélevée sur le réseau industriel
<p>Émissions sonores</p>	<p>Les émissions sonores liées à l'activité sont dues au trafic terrestre et maritime, c'est-à-dire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le trafic de véhicules terrestres légers et lourds pour l'approvisionnement en consommables et les transports des travailleurs ; - le trafic de camions citernes pour la distribution de GNL 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Basé sur la Classe Acoustique Municipale <ul style="list-style-type: none"> - Limites acoustiques [dB(A)] - Distance Minimale par rapport aux Travaux du Projet [m] - Emission (jour-nuit) [dB(A)] - Entrée (jour - nuit) [dB(A)]. 2) Pour chaque type de véhicule :

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		<ul style="list-style-type: none"> - puissance sonore [dB(A)] - n. véhicule 3) LW = le niveau de puissance sonore global des sources [dB]
Déchets	Les principaux déchets produits proviendront : <ul style="list-style-type: none"> - les activités de transformation ou liées à celles-ci, telles que l'entretien ordinaire et extraordinaire des installations - les rejets accidentels d'hydrocarbures en mer 	Par code CED: <ul style="list-style-type: none"> - tonnes/an de déchets totaux produits - tonnes/an de déchets destinés à être valorisés - tonnes/an de déchets destinés à être éliminés
Utilisation des Matières Premières et des Ressources Naturelles	a) Electricité b) Approvisionnement en eau c) Carburant	1) la consommation de carburant (Litres/an) 2) la consommation d'électricité (kWh) 3) la consommation d'eau (m ³ /an)

4.3.3.3 Allocation des flux et sélection des catégories et indicateurs d'impact - option PTS

En supposant l'étude de cas de l'option Port-to-Ship (PTS), cette typologie pourrait être articulée dans les sous-phases opérationnelles suivantes :

- a) Arrivée du camion-citerne/train/barge
- b) Transfert de GNL vers un réservoir de stockage fixe au sol
- c) le transfert de GNL d'une réservoir à un navire via une conduite cryogénique ou un tube de navire amarré
- d) Maintenance
- e) Service d'urgence

Sur le plan opérationnel, l'opération de transfert de GNL peut prendre le type de configuration suivant qui met en évidence les éléments d'entrée et de sortie qui devront être pris en compte dans l'étude ACV.

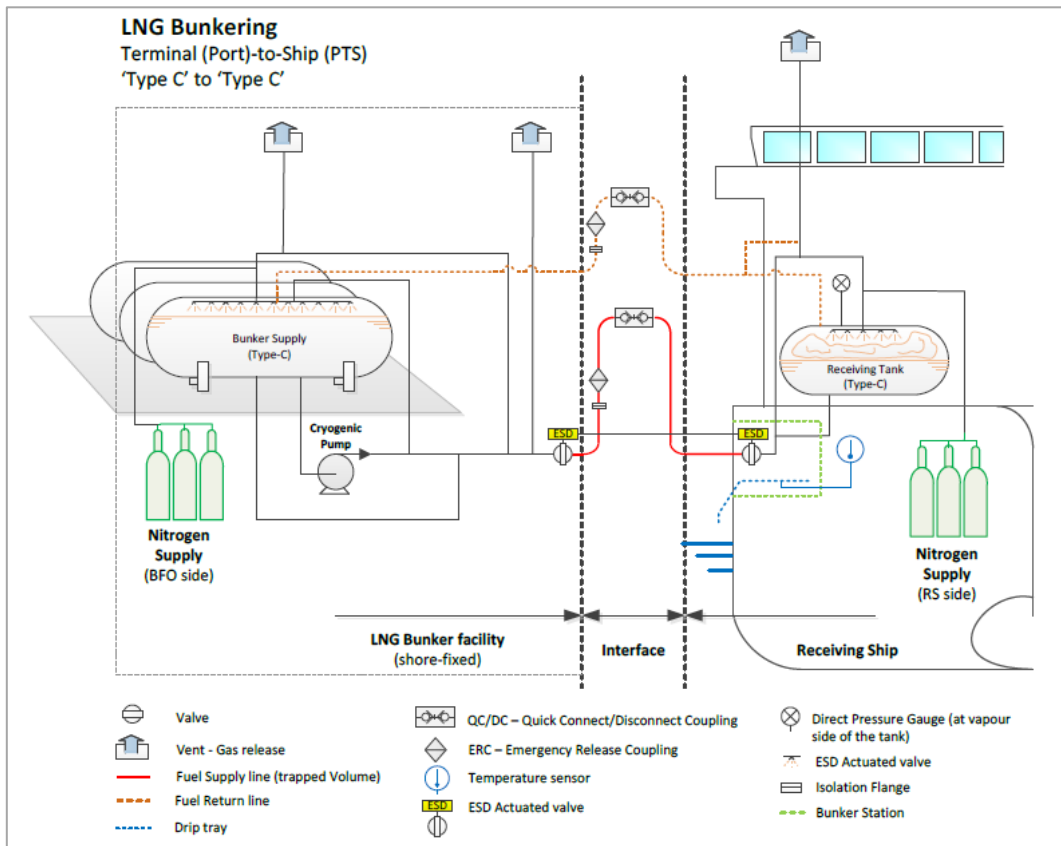
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 30. Représentation générique du système de soutage PTS (cas du transfert de GNL entre réservoirs pressurisés de type C)



Source : Guida EMSA2018, cit.

Voici une hypothèse de matrice pour l'identification des impacts environnementaux possibles associés aux différentes phases de soutage selon cette option et les indicateurs clés correspondants.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
Émissions dans l'atmosphère	<p>Émissions de polluants induites par le trafic maritime et terrestre.</p> <p>Les émissions générées par tout service d'urgence fourni par des générateurs diesel peuvent être considérées comme négligeables</p>	<ol style="list-style-type: none"> Phase d'approvisionnement des réservoirs <ul style="list-style-type: none"> n. arrivées/an * capacité véhicule m³ Phase de distribution avec ligne cryogénique <ul style="list-style-type: none"> distribution du GNL (m³/an) les gaz à effet de serre <ul style="list-style-type: none"> Dioxyde de carbone (CO₂) : t/an oxydes d'azote (NO_x) ; µg/ m³

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		<ul style="list-style-type: none"> - dioxyde de soufre (SO₂) ; µg/ m³ - monoxyde de carbone (CO) ; µg/ m³ - poussières, sous forme de particules totales (TSP) : µg/ m³) - les poussières fines émises par les moteurs (PM_{2,5} et PM₁₀ : µg/ m³)
Prélèvements et évacuations d'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'eau à des fins industrielles, limitée à l'irrigation et au lavage des routes et des cours, - Prélèvements d'eau à des fins civiles - Les volumes d'eau nécessaires pour le système de lutte contre l'incendie ; en ce qui concerne ces volumes (et les tests périodiques connexes), il peut être prévu de réutiliser la deuxième eau de pluie tombant sur le dépôt de GNL, qui sera attribuée par des conduites dédiées aux réservoirs de stockage. <p>Les premières eaux de pluie devront être acheminées vers des unités de traitement.</p> <p>L'eau de seconde pluie, qui s'écoulera sur des surfaces non sujettes à contamination, doit être déversée dans les eaux de surface ou dans un réservoir de stockage pour être réutilisée ultérieurement.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consommation d'eau (m³/an) 2) Paramètres visés à l'annexe 5, partie III, du décret législatif n° 152/2006 (Rejets dans les eaux de surface, Drainages dans le réseau d'égouts, Rejets dans le sol) 3) Consommation m³/h prélevée sur le réseau industriel.
Émissions sonores	<p>Les émissions sonores liées à l'activité sont dues à la circulation des véhicules maritimes et terrestres.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Basé sur la Classe Acoustique Municipale. <ul style="list-style-type: none"> - Limites acoustiques [dB(A)] - Distance Minimale des Travaux du Projet [m]. - Emission (jour-nuit) [dB(A)] - Entrée (jour - nuit) [dB(A)]. 2) Pour chaque type de véhicule <ul style="list-style-type: none"> - puissance sonore [dB(A)] - n. véhicule

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
		3) LW = le niveau de puissance sonore global des sources [dB]
Déchets	<p>Les principaux déchets produits proviendront :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les activités de transformation ou liées à celles-ci, telles que l'entretien ordinaire et extraordinaire des installations - les rejets accidentels d'hydrocarbures en mer. <p>L'emplacement du stockage de GNL à terre doit être aussi proche que possible de la rive afin de réduire au minimum la longueur des gazoducs.</p>	<p>Par code CED:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tonnes/an de déchets totaux produits - tonnes/an de déchets destinés à être valorisés - tonnes/an de déchets destinés à être éliminés
Utilisation des Matières Premières et des Ressources Naturelles	<ul style="list-style-type: none"> a) Électricité b) Approvisionnement en eau c) Carburant 	<ul style="list-style-type: none"> 1) la consommation de carburant (Litres/an) 2) la consommation d'électricité (kWh) 3) la consommation d'eau (m³/an)

4.3.3.4 Répartition des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs - Option Mobile Fuel Tank

En supposant l'étude de cas de l'option **Mobile Fuel Tank**, cette typologie pourrait être articulée dans les sous-phases opérationnelles suivantes :

- a) Arrivée/voyage de citerne, en camion remorque, train ou en bateau
- b) Transfert de GNL d'une citerne mobile (conteneur ISO) vers un navire
- c) Maintenance
- d) Service d'urgence

Voici une hypothèse de matrice pour l'identification des impacts environnementaux possibles associés aux différentes phases de soutage selon cette option et les indicateurs clés correspondants.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
Émissions dans l'atmosphère	<p>Émissions polluantes induites par le trafic maritime et terrestre.</p> <p>Le service d'urgence peut être assuré par des générateurs diesel (émissions négligeables).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) distribution du GNL (m³/an) 2) estimation du trafic terrestre / maritime prévu (n.véhicule ou transit/jour) 3) les gaz à effet de serre <ul style="list-style-type: none"> - Dioxyde de carbone (CO₂) : t/an - oxydes d'azote (NOX) ; µg/m³ - dioxyde de soufre (SO₂) ; µg/m³ - monoxyde de carbone (CO) ; µg/ m³ - poussières, sous forme de particules totales (TSP) : µg/ m³) - les poussières fines émises par les moteurs (PM_{2,5} et PM₁₀ : µg/ m³
Prélèvements et évacuations d'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'eau à des fins industrielles, limitée à l'irrigation et au lavage des routes et des cours, - Prélèvements d'eau à usage civil - les volumes d'eau nécessaires pour le système de lutte contre l'incendie ; en ce qui concerne ces volumes d'eau (et les essais périodiques correspondants), il peut être prévu de réutiliser la deuxième eau de pluie tombant sur l'installation de stockage de GNL, qui sera attribuée par le biais de conduites dédiées aux réservoirs de stockage. <p>Les premières eaux de pluie devront être acheminées vers des unités de traitement.</p> <p>L'eau de seconde pluie, qui s'écoulera sur des surfaces non sujettes à contamination, doit être déversée dans les eaux de surface ou dans un réservoir de stockage pour être réutilisée ultérieurement.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Consommation d'eau (m³/an) 2) Paramètres visés à l'annexe 5, partie III, décret législatif n° 152/06 (Rejets dans les eaux de surface, Drainage dans les égouts, Rejets dans le sol) 3) Consommation m³/h prélevée sur le réseau industriel
Émissions sonores	Les émissions sonores liées à l'activité sont dues à la circulation	1) Basé sur la Classe Acoustique Municipale

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	des véhicules maritimes et terrestres.	<ul style="list-style-type: none"> - Limites acoustiques [dB(A)] - Distance minimale par rapport aux travaux du projet [m] - Emission (jour-nuit) [dB(A)] - Entrée (jour - nuit) [dB(A)] 2) Pour chaque type de véhicule : puissance sonore [dB(A)] n. véhicule 3) LW = le niveau de puissance sonore global des sources [dB]
Déchets	Les principaux déchets produits proviendront <ul style="list-style-type: none"> - les activités de transformation ou liées à celles-ci, telles que l'entretien ordinaire et extraordinaire des installations - les rejets accidentels d'hydrocarbures en mer. L'emplacement du stockage de GNL à terre doit être aussi proche que possible de la rive afin de réduire au minimum la longueur des gazoducs	Par code CED: <ul style="list-style-type: none"> - tonnes/an de déchets totaux produits - tonnes/an de déchets destinés à être valorisés - tonnes/an de déchets destinés à être éliminés
Utilisation des Matières Premières et des Ressources Naturelles	a) Électricité b) Approvisionnement en eau c) Carburant	1) la consommation de carburant (Litres/an) 2) la consommation d'électricité (kWh) 3) la consommation d'eau (m ³ /an)

4.3.4 Decommissioning

En ce qui concerne le processus de démantèlement final des installations de soutage du GNL, il sera également possible d'estimer les flux de matières et d'énergie d'entrée et de sortie qui peuvent être représentés par des schémas de flux, comme le montre l'exemple suivant:

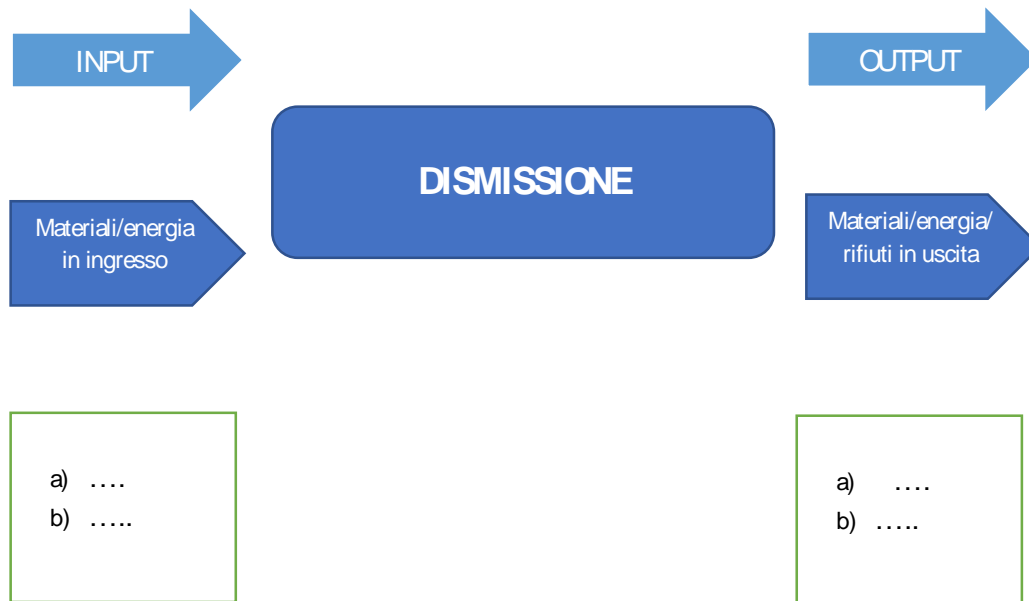
TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Figure 31. Flux d'entrée et de sortie pour le démantèlement



À cet égard, il convient de noter que, avant toute opération de fin de vie, toutes les procédures de récupération et de certification sans gaz doivent être effectuées, conformément à la législation en vigueur sur les espaces confinés, ce qui est essentiel pour pouvoir procéder à l'élimination et au retrait de l'infrastructure de soutage du GNL.

4.3.4.1 Allocation des flux et sélection des catégories d'impact et des indicateurs

Vous trouverez ci-dessous une estimation des impacts environnementaux possibles liés à l'élimination d'un dépôt.

Premièrement, en ce qui concerne la phase de démantèlement des travaux, la quantification détaillée des interactions avec l'environnement pourra être identifiée une fois que le projet de démolition de la centrale aura été élaboré. Dans tous les cas, la typologie des interactions sera similaire à celle identifiée pour la phase de construction, bien qu'il s'agisse probablement d'une entité plus petite.

La phase de *decommissioning* et de démantèlement peut être sous-traitée à une ou plusieurs entreprises spécialisées, qui disposent de toutes les exigences nécessaires pour garantir les conditions de sécurité maximales et la protection de l'environnement et de la santé lors des opérations sur le site.

La **phase de *decommissioning*** doit comprendre une série d'activités généralement prévues et normalisées dans le Plan Environnemental de Démantèlement, préparatoires à la phase de démolition et de démontage des installations.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Les activités prévues dans le cadre de l'activité de *decommissioning* permettront de suspendre l'exploitation de l'installation dans des conditions de sécurité maximale.

À cet égard, il convient notamment d'envisager les activités suivantes :

- a) l'élimination des produits chimiques, des huiles de graissage, des combustibles et des substances spécifiques contenus dans les équipements, les tuyaux et les réservoirs de l'installation ;
- b) la remise en état des équipements, des tuyauteries et des réservoirs de stockage afin d'éliminer tout résidu des substances qu'ils contiennent.

Pour la **phase de démolition** suivante, les types de déchets générés par les différentes opérations seront identifiés à l'avance, en estimant la quantité et en définissant les méthodes d'élimination et la destination finale. En outre, afin de réduire au minimum la production de matériaux à mettre en décharge, une partie des matériaux résultant du démantèlement de la centrale peut être réutilisée, tandis que les terres non dangereuses peuvent être réutilisées comme matériaux de décharge ou mises en décharge comme déchets.

Toutes les opérations de démolition doivent être effectuées selon des méthodes d'organisation, de fonctionnement et de gestion qui garantissent la minimisation de tous les impacts connexes (par exemple, formation de poussière, bruit, trafic, etc.).

Les activités prévues dans la phase de démolition sont les suivantes :

- a) le démontage des composants mécaniques récupérés de l'installation ;
- b) le démontage des composants électriques ;
- c) le retrait de l'isolation ;
- d) la démolition de bâtiments et de structures ;
- e) l'élimination des déchets, conformément à la législation en vigueur régie par la quatrième partie du décret législatif n° 152/2006.

Lors du démantèlement de la centrale, une fois que la qualité des composantes environnementales concernées aura été vérifiée, les conditions initiales du site seront rétablies.

Les modalités devront être convenues avec les organismes d'autorisation et de contrôle et seront appliquées en fonction de l'utilisation de la zone. Parmi celles-ci, un rôle de premier plan est joué par les autorités du système portuaire de référence qui décideront suite à la convocation d'une conférence des services qui verra la participation de sujets tels que Pompiers, autorités locales, surintendance, etc.

La **restauration des conditions initiales** du site sera caractérisée par les principales opérations suivantes :

1. le remplissage des excavations ;

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



2. le réaménagement du site.

Les travaux de remplissage et de restauration sont généralement effectués par des pelles et des camions pour le transport des matériaux. Les remplissages seront effectués par couches. La qualité et la granulométrie des terres de report doivent normalement être définies avec les Organismes d'autorisation et de contrôle.

Pour l'identification des éventuels impacts environnementaux associés à ces processus unitaires finaux, voir le schéma suivant.

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
<p>Émissions de poussières</p> <p>Production de substances chimiques</p> <p>Production de déchets</p>	<p>Élimination des produits chimiques, des huiles lubrifiantes, des combustibles et des substances spécifiques contenus dans les équipements, les tuyaux et les réservoirs de l'usine ;</p> <p>Démantèlement des composants mécaniques récupérés de l'usine.</p>	<p>Veillez-vous référer aux indicateurs proposés ci-dessus pour les phases de chantier, de stockage et de soutage.</p>
<p>Circulation des véhicules</p>	<p>Assainissement des équipements, des tuyaux et des réservoirs de stockage afin d'éliminer tout résidu des substances qu'ils contiennent.</p>	
<p>Contamination du sol et du sous-sol</p>	<p>Démantèlement des composants électriques.</p> <p>Suppression de l'isolation.</p> <p>Démolition de bâtiments et de structures.</p>	
<p>Les canalisations d'eau</p>	<p>Le D.Lgs. 152/2006 dans le All.V à la Partie V régleme les émissions de poussières dans l'atmosphère ; pour les "émissions de poussières provenant des activités de production (...) de matériaux poussiéreux" l'Art.1.1 rappelle que si de la poussière est produite, des systèmes de réduction appropriés doivent être prévus.</p>	
<p>Impact acoustique</p>	<p>La machine doit être encapsulée ou équipée d'un système de réduction approprié.</p> <p>Les types de déchets générés par les différentes opérations seront identifiés à l'avance, les quantités estimées et les méthodes de gestion et la destination finale seront définies. En outre, afin de minimiser le recours à la mise en décharge, certains matériaux résultant de la mise hors service de l'usine peuvent être réutilisés et les terres non dangereuses peuvent être réutilisées pour la mise en décharge.</p> <p>Toutes les opérations de démolition seront menées en utilisant des méthodes d'organisation, d'exploitation et de gestion qui garantissent que tous les impacts connexes sont minimisés. L'exploitation de l'usine implique principalement la production de déchets liés aux opérations de démolition et la transformation</p>	

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	DESCRIPTION/CRITIQUE	INDICATEURS KPI
	<p>ultérieure de ces déchets en MPS pour être réutilisés in situ après tri, broyage et essais analytiques appropriés.</p> <p>Deuxièmement, la production de déchets doit être attribuée à des activités fonctionnelles au broyage et à la démolition qui impliquent le tri des matières étrangères et qui ne conviennent pas au broyage de pièces ferreuses, de bois et de plastique.</p> <p>En plus de ces déchets, des déchets provenant du fraisage de l'asphalte sur les routes de la région seront également produits. Tous les déchets seront livrés à des entreprises autorisées conformément à la législation en vigueur.</p> <p>Un opérateur formé comme responsable des urgences environnementales doit toujours être présent sur le site et tous les EPI visant à minimiser les impacts possibles sur l'environnement des déversements accidentels sont présents. Il y aura toujours des procédures d'urgence spécifiques. En tout état de cause, l'entretien régulier des machines d'exploitation est garanti.</p> <p>Le bruit produit par les activités de broyage quitte la zone du site et peut causer une gêne à la population voisine.</p> <p>Limité à la durée du chantier et aux heures de jour uniquement, comme prévu par la dérogation relative au bruit pour les activités et les chantiers temporaires.</p> <p>L'impact se termine avec la durée du chantier et les zones concernées.</p> <p>Dans tous les cas, le bruit produit sera géré conformément à la réglementation en vigueur en matière de pollution sonore.</p> <p>Le choix éventuel d'utiliser une installation mobile pour la récupération des agrégats pourrait être fonctionnel pour réduire la circulation des véhicules lourds à destination et en provenance de la zone du site, avec les inconvénients qui en résultent pour la population également en termes d'acoustique environnementale.</p>	

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

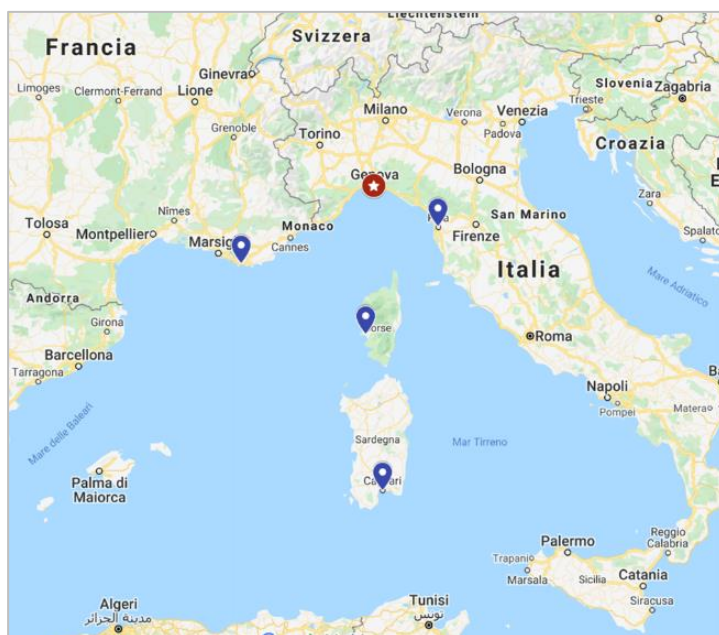


5 LES SPÉCIFICITÉS GÉOGRAPHIQUES DANS L'APPLICATION DE LCA

Au-delà des éléments codifiés par la réglementation technique, il y a des aspects dans la mise en œuvre d'une ACV dans un projet de soutage qui dépendent inévitablement de la **localisation du site** sur lequel l'intervention doit être effectuée.

Cependant, comme nous devons traiter le sujet en général, ce qui semble judicieux de mettre en évidence dans cette section du rapport est l'ensemble des éléments communs qui distinguent les spécificités de la zone géographique italo-française aux fins d'une évaluation ACV.

Figure 32. Siège des partenaires du projet



Source : <http://interreg-maritime.eu/web/tdiretegnl>

Il est également possible de souligner comment les facteurs que les partenaires du projet TDI RETE-GNL ont en commun se situent à 3 niveaux d'analyse différents : il y a en effet des particularités de la zone du projet par rapport à l'ensemble du contexte international, des spécificités par rapport aux autres zones de la mer Méditerranée, des caractéristiques particulières des zones portuaires de la haute mer Tyrrhénienne et de la mer Ligurienne par rapport aux autres zones voisines.

Il s'agit de caractéristiques et de traits communs présents dans presque toutes les zones portuaires, à quelques exceptions près, et qui résultent de l'ordre suivant:

- du parcours historique et donc la consolidation de certains usages,
- la protection des caractéristiques naturelles spécifiques,
- la condition donnée au développement urbain par la morphologie du territoire.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Le premier thème est certainement bien représenté dans le concept de patrimoine culturel et artistique, compris comme "*l'héritage du passé dont nous bénéficions aujourd'hui et que nous transmettons aux générations futures*"³⁷ qui connote la Vieille Europe et donne certainement à l'Italie un rôle de premier plan.

La Convention sur la Protection du Patrimoine Mondial, culturel et naturel, adoptée par l'UNESCO en 1972, prévoit que les biens candidats peuvent être inscrits sur la liste du patrimoine mondial en tant que patrimoine culturel ou naturel. Dans le premier, il y a 3 types:

- monuments : œuvres monumentales architecturales, plastiques ou picturales, éléments ou structures de caractère archéologique, inscriptions, grottes et groupes d'éléments de valeur universelle exceptionnelle ayant un aspect historique, artistique ou scientifique,
- agglomérations : groupes de bâtiments isolés ou groupés qui, en raison de leur architecture, de leur unité ou de leur intégration dans le paysage, ont une valeur universelle exceptionnelle en termes historiques, artistiques ou scientifiques,
- les sites : œuvres de l'homme ou œuvres conjuguées de l'homme et de la nature, ainsi que les zones, y compris les sites archéologiques, ayant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue historique et esthétique, ethnologique ou anthropologique.

Dans le second 3 éléments de naturalité :

- les monuments naturels constitués de formations physiques et biologiques ou de groupes de telles formations ayant une valeur esthétique ou scientifique universelle exceptionnelle,
- les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animales et végétales menacées d'extinction et présentant une valeur scientifique ou de conservation exceptionnelle,
- les sites naturels ou les zones naturelles strictement délimitées d'une valeur universelle exceptionnelle ayant un aspect scientifique, de conservation ou d'esthétique naturelle.

L'objectif de cette convention est d'identifier, selon des critères précis, les zones, les sites et les lieux qui représentent des particularités d'une importance particulière du point de vue culturel, artistique, archéologique, environnemental ou paysager. L'Italie se distingue avec un total de 55 sites reconnus, et parmi ceux-ci, il convient certainement de rappeler :

- Portovenere, Cinque Terre et Iles (Palmaria, Tino et Tinetto), site de l'UNESCO depuis 1997.
- Gênes, la Strade Nuove et le Sistema dei Palazzi dei Rolli Site de l'UNESCO depuis 2006

³⁷Source : ww.unesco.it

- La réserve naturelle de Scandola Site de l'UNESCO depuis 1983

L'importance, cependant, va au-delà du nombre 55 et va également au-delà des deux sites mentionnés, elle fait référence à l'importance que la protection du patrimoine historique, artistique et paysager a dans cette zone géographique par rapport à beaucoup d'autres dans le monde.

D'un point de vue plus méthodologique, tout cela se traduit par l'importance que certains organismes, comme le Ministère du patrimoine et des activités culturelles (MIBAC) et ses organes périphériques (Surintendance), ont et doivent nécessairement avoir dans les phases d'autorisation des projets qui relèvent de leur périmètre de compétence. Par conséquent, bien qu'il soit raisonnable de s'implanter dans des zones portuaires à connotation industrielle, un ensemble spécifique d'indicateurs dans l'ACV pour les projets situés dans les lieux concernés par le projet ne peut que concerner la relation avec le paysage, l'écosystème urbain et le patrimoine historique, architectural et culturel de la zone d'intérêt.

Figure 33. Images représentatives des deux sites de l'UNESCO mentionnés



Source : www.unesco.it

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet

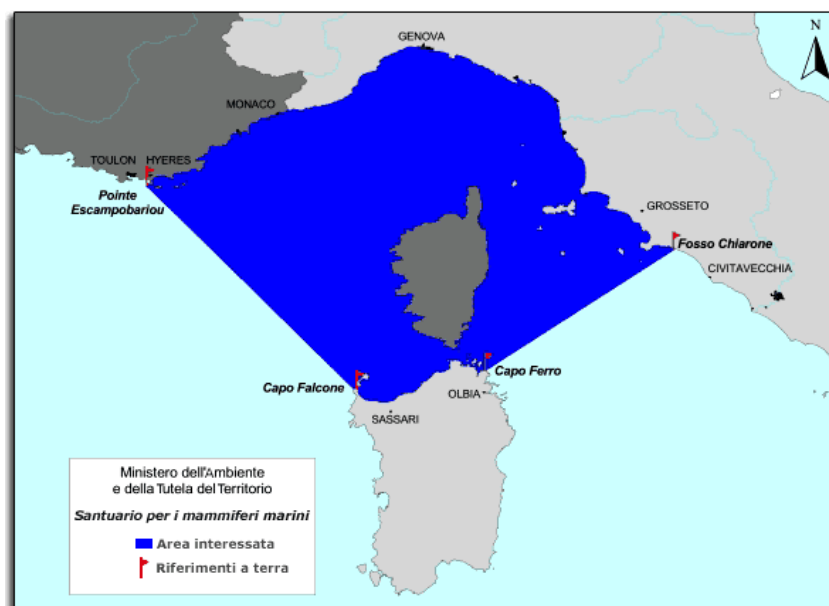


Le second facteur concerne la valeur de certains **éléments de biodiversité et de naturalité** présents dans la zone géographique du projet de recherche.

La référence concerne principalement le Sanctuaire des mammifères marins, une zone marine protégée internationale créée en vertu d'un accord international entre la France, l'Italie et la Principauté de Monaco. Le sanctuaire a également été inclus dans la liste des zones spécialement protégées d'importance méditerranéenne (SpecialyProtectedAreas of MediterraneanImportance - SPAMIs) en vertu du Protocole sur les zones spécialement protégées et la diversité biologique en Méditerranée (Protocole SPA) de la Convention-cadre pour la protection du milieu marin et du littoral méditerranéen (Convention de Barcelone).

Sa vaste extension, tant pour les obligations que pour le processus d'établissement, la rend déjà "différente" en soi des autres aires marines protégées italiennes. Son périmètre couvre une superficie de près de 90 000 kilomètres carrés et protège une vaste étendue de mer constituée de zones maritimes situées dans les eaux intérieures et les mers territoriales de la République française, de la République italienne et de la Principauté de Monaco, ainsi que de zones adjacentes de haute mer..

Figure 34. Périmètre du sanctuaire des cétacés



Source : www.minambiente.it

En plus de cette grande zone marine protégée suprarégionale, il existe toutes les zones marines protégées à l'échelle nationale et régionale, notamment :

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Tableau 7. Les zones protégées qui insistent sur la portée de l'étude

Localité	Description
Sardaigne	<i>Zone naturelle marine protégée Capo Carbonara</i> <i>Zone marine protégée Péninsule de Sinis - Île de Mal di Ventre</i> <i>Zone naturelle marine protégée Tavolara - Punta Coda Cavallo</i> <i>Zone naturelle marine protégée Capo Caccia - Isola Piana</i> <i>Zone marine protégée de l'île d'Asinara</i>
Ligurie	<i>Zone marine protégée Cinque Terre</i> <i>Zone naturelle marine protégée de Portofino</i> <i>Zone marine protégée de l'île de Bergeggi</i>
Corse	<i>Zone marine de Scandola</i>

Source : nt. élaboration sur les données prises sur le site www.minambiente.it

Comme indiqué ci-dessus, la valeur de ce facteur commun doit être évaluée non pas seulement par rapport à la localisation exacte des zones protégées indiquées. La densité de ces zones, leur taille, le nombre et l'importance de la biodiversité présente font que la question de la protection de l'environnement joue un rôle central dans l'ACV des projets de soutage de GNL dans cette zone géographique.

Des évaluations spécialisées et des indicateurs spécifiques doivent pouvoir encadrer l'effet de toute la chaîne activée par la présence d'un site de soutage, en tenant compte à la fois des impacts directs sur l'écosystème marin dus au fonctionnement de l'installation, mais surtout des impacts indirects dus aux changements du trafic maritime et par conséquent aux changements du nombre de transits à l'intérieur de ces zones protégées, en prévoyant des mesures d'atténuation adéquates si nécessaire (par exemple : rendre obligatoire pour les navires ayant l'intention de transiter dans des zones protégées l'adoption de systèmes permettant de partager la position d'observation des mammifères marins afin d'éviter les collisions).

Le troisième et dernier fil rouge que nous avons voulu mettre en évidence et qui relie toute la zone de ce projet et la différencie des zones avoisinantes, peut être représenté dans le concept de **conformation du tissu urbanisé**. Le thème mériterait sans doute une discussion plus approfondie qui, rappelant les raisons historiques et culturelles, résume le chemin parcouru jusqu'à nos jours, un contexte dans lequel il est clair qu'il existe des zones portuaires situées à proximité du tissu urbain et des citoyens et, de même, une disponibilité de quais et de zones en mer de plus en plus réduite et en difficulté pour répondre aux besoins du transport maritime.

Chaque réalité portuaire présente à toutes fins utiles des situations singulières, avec des contraintes opérationnelles différentes et une proximité des zones anthropisées qui conduit à devoir évaluer les impacts puis à faire une ACV à la lumière de certains éléments :

- 1) la proximité des activités commerciales

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



- 2) la proximité des tissus résidentiels
- 3) espace disponible réduit.

Par conséquent, des indicateurs spécifiques tels que la consommation de sol et la capacité à restituer le sol utilisé à la fin de la vie du projet, les émissions atmosphériques et, en général, tous les impacts dus à l'exploitation de la nouvelle infrastructure, sont plus pertinents que d'autres et nécessitent certainement plus d'investigations que d'autres lieux géographiques..

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



6 DOMAINES D'APPLICATION DES LCA

Dans les sections précédentes, nous avons vu comment l'ACV traite des interactions entre les activités, les biens ou les services des processus de production avec l'environnement et les problèmes critiques potentiels et les conséquences négatives que ces interactions peuvent avoir tout au long du cycle de vie : depuis l'acquisition des matières premières et des ressources jusqu'au traitement de fin de vie (recyclage, récupération ou élimination finale), en passant par la fabrication et l'utilisation.

Les normes ISO 14040 et 14044 fournissent, respectivement, les principes et le cadre de référence méthodologique ainsi que les exigences et les lignes directrices pour l'exécution de la procédure d'ACV, déclinée en quatre phases principales :

- 1) la définition de l'objectif et du champ d'application ;
- 2) l'analyse des stocks (LCI) ;
- 3) l'analyse d'impact (LCIA) ;
- 4) l'interprétation.

Au niveau opérationnel, les études ACV peuvent également atteindre l'objectif en développant uniquement l'analyse de l'inventaire du cycle de vie (ICV) et l'interprétation, à l'exclusion de la phase LCIA.

Les deux études sont couvertes par les indications des deux normes :

- les études d'évaluation du cycle de vie (études ACV), et
- les études d'inventaire du cycle de vie (études LCI, à ne pas confondre avec la phase LCI d'une étude LCA)

L'ACV est donc l'une des différentes techniques de gestion environnementale disponibles, dont les résultats peuvent offrir des informations utiles à exploiter dans le cadre d'un processus décisionnel beaucoup plus complet : sur le plan opérationnel, il faut en tenir compte dès les premières étapes de la définition de l'objectif et du champ d'application.

Si les normes ISO de référence ne couvrent pas la multiplicité des utilisations prévues des résultats de l'ACV ou de l'ICV, elles identifieront néanmoins les applications possibles de la technique, dans le domaine des systèmes et outils codés de gestion environnementale, ainsi que des normes et outils volontaires, où l'approche du cycle de vie, ses principes et son cadre peuvent être avantageusement appliqués.

Parmi ceux-ci, aux fins du présent rapport, il convient de mentionner les suivants³⁸:

³⁸ Cfr.: Norma ISO 14040:2006, Appendice A.

- Systèmes de gestion de l'environnement et évaluation des performances environnementales (normes de la série ISO 14001) ;
- Étiquettes et déclarations environnementales des produits (ISO 14020, 14021, 14024, 14025)
- Label écologique de l'UE "Ecolabel" (règlement CE n° 66/2010)
- Communication d'informations sur l'empreinte environnementale (ISO 14026:2018)
- L'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement des produits (UNI ISO/TR 14062:2007) ;
- Communication environnementale (ISO 14063:2010) ;
- La conception, le développement, la gestion, la déclaration et la vérification de l'inventaire des gaz à effet de serre (GES) en vue de leur élimination (ISO 14064:2019) ;
- Évaluation des incidences sur l'environnement (EIE) ;
- Comptabilité de la gestion environnementale ;
- L'évaluation des politiques de durabilité (modèles de recyclage, etc.) ;
- L'analyse des flux de substances et de matériaux ;
- L'évaluation des risques et des dangers des agents chimiques ;
- Analyse et gestion des risques des installations et des usines ;
- Gestion des produits et gestion de la chaîne d'approvisionnement ;
- Coûts du cycle de vie (LCC).

Si l'adaptation spécifique de la norme au niveau opérationnel est laissée à l'utilisateur, il est en tout cas nécessaire de suivre la séquence des étapes conformément aux lignes directrices et aux exigences des normes ISO de la série 14040 étudiées dans le présent Rapport.

En ce qui concerne le contexte du soutage à petite échelle dans le contexte méditerranéen, en outre, la contribution d'une approche ACV au développement de procédures administratives ou de mécanismes volontaires pourrait également faciliter l'acceptation sociale de tels systèmes qui, peu connus d'une grande partie de la population locale et, plus généralement, des acteurs de la société civile, peuvent générer de la méfiance et, par conséquent, de la désapprobation.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



7 CONCLUSIONS

Ce document a été préparé suite à l'attribution, par l'Université de Gênes, du service d'activité de recherche pour l'évaluation des externalités et de l'impact environnemental dans le cadre du projet européen INTERREG ITA-FRA Marittimo 1420 "Technologies et dimensionnement des installations pour la distribution primaire de GNL dans les ports de la zone transfrontalière (acronyme TDI RETE-GNL)", dont il constitue le Livrable T.2.4.3, en référence à la partie italienne.

En détail, l'objectif du document est de produire un rapport visant à définir un plan méthodologique pour l'application de la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV) liée aux différentes configurations de soutage du GNL (STS-TTS-PTS-citernes mobiles), ainsi que de fournir des idées possibles pour l'acceptation sociale du GNL comme carburant de substitution.

L'objectif a été de fournir un **outil méthodologique** qui puisse être traduit en un plan opérationnel au moyen de lignes directrices spécifiques à appliquer pour les différents ports concernés, en fonction de l'option technologique adoptée dans chacun d'eux.

Le contexte à plus grande échelle dans lequel l'ensemble du projet est né et, par conséquent, le présent rapport est celui du paquet "*Clean Power for Transport*" élaboré par la Commission européenne, qui a donné lieu à son tour à la directive 2014/94/UE sur la construction d'une infrastructure pour les carburants de substitution (cd. (directive DAFI) qui impose aux États membres d'accroître l'utilisation de carburants de substitution dans les transports, y compris le GNL, de manière à poursuivre le double objectif de réduire au minimum la dépendance à l'égard du pétrole et d'atténuer l'impact environnemental du secteur, tant en termes d'amélioration de la qualité de l'air que de réduction des émissions de substances qui altèrent le climat.

À cette fin, les États membres sont invités à élaborer leurs "Cadres stratégiques nationaux" respectifs, qui définissent leurs objectifs nationaux et soutiennent les actions visant à développer le marché des carburants de substitution, y compris les infrastructures nécessaires à mettre en place, en étroite coopération avec les autorités régionales et locales et le secteur concerné, en tenant également compte des besoins des petites et moyennes entreprises.

Par le biais du décret législatif n° 257/2016, précédé par la diffusion d'un document préparatoire MISE spécifiquement élaboré par un groupe de travail coordonné par le MISE, le gouvernement national a mis en œuvre la directive européenne et approuvé son cadre stratégique national avec l'annexe III du décret : la section C, en particulier, traite également de l'utilisation du GNL comme carburant de substitution aux carburants traditionnels pour le transport maritime.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



En effet, grâce à la purification des gaz acides (SO_x) et à l'élimination quasi totale des particules et des NO_x, le GNL peut réduire les émissions de gaz à effet de serre, de particules et de substances dangereuses pour l'environnement et la santé, conformément au principe de décarbonisation défini aux niveaux international, communautaire et national.

Néanmoins, si le bénéfice net du GNL en tant que substitut aux combustibles traditionnels en termes de pollution atmosphérique locale (SO_x, NO_x et particules) est sans aucun doute lié aux caractéristiques intrinsèques de ce vecteur énergétique, le potentiel élevé d'émission de gaz à effet de serre du méthane (le principal composant du GNL, car il est dérivé du gaz naturel) est également un combustible fossile.) font toujours l'objet de discussions sur les avantages réels de l'utilisation du GNL comme carburant, ce qui nécessite une attention particulière et la mise au point de mesures appropriées pour surveiller et atténuer les émissions de méthane (CH₄) dans l'atmosphère associées à cette utilisation.

Le défi consiste donc à renforcer les avantages de l'utilisation du GNL comme carburant tout en réduisant les effets négatifs potentiels de son utilisation sur l'environnement. L'accent étant mis sur le secteur maritime et les options technologiques pour le soutage du GNL dans les infrastructures à petite échelle, qui fait l'objet du présent rapport, cela se traduit par la nécessité de démontrer, sur le plan technique et scientifique, les contributions réelles du GNL en tant que gaz à effet de serre par rapport aux combustibles traditionnels.

De ce point de vue, l'ACV offre une approche analytique globale (prenant en compte toute la chaîne de valeur) qui, au sein d'un seul instrument, permet l'évaluation quantitative des performances d'un "produit", conçu comme un objet d'observation systémique, également en termes comparatifs par rapport à d'autres "produits", et une communication claire des résultats obtenus.

Par conséquent, conformément aux normes UNI EN ISO 14040:2006 et 14044:2018, qui constituent, dans leur lecture combinée, la norme ACV actuelle, une fois que le champ d'application et les objectifs assignés ont été définis, le rapport a introduit les notions de base de la méthode, en vue de définir le cadre conceptuel de référence d'une ACV "Small Scale LNG" (définition des objectifs et du champ d'application, analyse de l'inventaire - LCI, évaluation d'impact - LCIA, interprétation des résultats), fournissant ainsi des lignes directrices pour son application pratique.

À cette fin, en supposant que les objectifs du présent rapport, préparatoires à la définition de lignes directrices pour l'identification et l'évaluation des impacts liés aux externalités associées aux différentes configurations de soutage dans une perspective d'ACV, le document fait référence à la séquence logique des étapes opérationnelles selon la norme ISO 14040, qui définit les principes et le cadre de l'ACV, en omettant toutefois d'entrer dans le détail des

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



exigences spécifiques de mise en œuvre dictées par la norme ISO 14044, sinon d'approfondir les dispositions prévues par la norme ISO 14040.

En outre, dans le plein respect de la philosophie de base de l'approche méthodologique des normes ISO, il a été décidé de rendre les principes indiqués plus conformes à la nature des processus examinés, qui, en l'espèce, concernent un système de produits/services et non un système de produits/marchandises, puisque les normes ACV font une référence éminente aux processus industriels dont sont issus les produits/marchandises.

Le Rapport s'est ensuite penché sur les aspects environnementaux liés à l'utilisation de ce carburant dans le transport maritime que l'ACV est appelée à identifier, quantifier, interpréter et communiquer, en fournissant des éléments analytiques pour l'évaluation du rejet de méthane dans l'atmosphère associé aux différents modes de soutage dans le port, à savoir : *Ship-to-Ship*, *Truck-to-Ship*, *Port-to-Ship* et *citernes mobiles ou conteneurs cryogéniques ISO*, élément central, comme mentionné ci-dessus, de l'analyse du cycle de vie .

Le document explore ensuite une étude de cas de l'application de la méthode ACV, en soulignant les éléments de base à partir de la définition du champ d'application, en se concentrant sur le système de produit "infrastructure de soutage SSLNG et services auxiliaires" et ses processus unitaires, en indiquant les flux d'entrée et de sortie possibles et les impacts environnementaux potentiels associés à ces flux et à leur fourniture, dans une logique de LCIA (*Life cycle impact assessment - Analyse d'impact du cycle de vie*), de lignes directrices pour l'allocation des flux (LCI) et de sélection *d'indicateurs de performance clés* (KPI) pouvant être utilisés pour quantifier ces impacts (LCIA).

Étant donné que le fonctionnement d'une ACV est inévitablement conditionné par les spécificités de la zone géographique, les facteurs de typicité de la zone maritime transfrontalière IT-FR du nord de la Méditerranée qui peuvent influencer la mise en œuvre de la méthode ont été étudiés, en se concentrant notamment sur les caractéristiques territoriales de la zone couverte par le projet européen INTERREG ITA-FRA pour l'Italie - Sardaigne, Toscane et Ligurie - en termes de localisation géographique, de conformation orographique, de patrimoine naturel, de biens paysagers, de changement climatique (gaz à effet de serre, consommation d'énergie, sources renouvelables), de logistique, etc..

Afin d'appliquer concrètement l'ACV dans ces zones, il faudra tenir compte du fait que les zones portuaires identifiées insistent sur un territoire qui se caractérise par un patrimoine naturel important et représente la zone de faune marine la plus riche de toute la Méditerranée.

Enfin, il a été fait référence au rôle que l'analyse ACV peut également jouer en combinaison avec d'autres outils et techniques de gestion environnementale, qui ne sont pas nécessairement

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation
environnementale"

Contribution du partenaire du projet



couverts par les normes de la série ISO, ou en soutien des procédures administratives environnementales (EIE, gestion des GES, etc.).

Les possibilités qu'offre l'ACV de présenter les résultats et les conclusions sous une forme adaptée au type de public, permettent en effet de calibrer la communication sur différents types de publics, pas nécessairement experts des sujets en jeu.

L'attention portée à l'utilisation préventive des outils de communication, d'information et de participation, même lorsqu'elle n'est pas prévue par les règlements sur la protection de l'environnement et le risque industriel, dans les processus d'autorisation des infrastructures énergétiques peut, en fait, constituer un soutien fondamental pour le développement des infrastructures de la chaîne d'approvisionnement en GNL pour les utilisations finales.

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



BIBLIOGRAPHIE

COM (2003)302final: Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo- Politica integrata dei prodotti - Sviluppare il concetto di “ciclo di vita ambientale” del 18.06.2003

DG Ambiente della Commissione EU, *European Platform on Life Cycle Assessment (LCA)*, in: <https://ec.europa.eu/environment/ipp/ippcommunication.htm> (ultimo aggiornamento 07/08/2019)

Direttiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 ottobre 2014 sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi(cd. Direttiva DAFI – *Deployment of Alternative Fuels Infrastructure*)

D.Lgs. 16 dicembre 2016, n.257 “Disciplina di attuazione della Direttiva 2014/94/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 ottobre 2014, sulla realizzazione di una infrastruttura per i combustibili alternativi” – Allegato III “Quadro strategico nazionale”

Edizioni Ambiente, “Analisi del ciclo di vita LCA - Gli strumenti per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi”, G.L.Baldo, S.Rossi, M.Marino, settembre 2008

EMSA- European Maritime Safety Agency, *Guidance on LNG Bunkering to Port Authorities/Administrations*, 31-01-2018, in: <http://www.emsa.europa.eu/emsa-homepage/2-news-a-press-centre/news/3207-guidance-on-lng-bunkering-to-port-authorities-and-administrations.html> (last update 13.02.2018)

Evans W.F.J., Puckrin E., “*Measurements of the radiative surface forcing of climate*”, 18th Conference on Climate Variability and Change, January 2006

Freight Leaders Council, “*Il GNL in Italia, per un trasporto sostenibile*”, Maggio 2019, Quaderno 28, in: <http://www.freightleaders.org/i-quaderni/>

Hwang S., Jeong B., Jung K., Kim M. and Zhou P., “*Life Cycle Assessment of LNG Fueled Vessel in Domestic Services*”, Journal of Marine Science and Engineering, 10 October 2019, MDPI Sustainability Foundation, in: www.mdpi.com/journal/jmse

IMO - International Maritime Organization, “*Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping*” 2016, London, in: <http://www.imo.org>

IPCC AR4 2007

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Certificazioni ambientali: IPP, LCA, in: <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/ipp/lca>

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale”

Contribution du partenaire du projet



Kofod M. & Hartman S., Mundi T., "Review of Recent Well-to-Wake Greenhouse Gas Studies evaluating the use of LNG as a marine Fuel", submitted to IMO at MEPC67 as MEPC67/INF.15 by Germany

Lowell D., Wang H. and Lutsey N., "Assessment of the Fuel Cycle Impact of Liquefied Natural Gas as used in International Shipping ed (Washington, DC: MJ Bradley and Associates & International Council on Clean Transportation)", 2013 – Verbeek R., Kadijk G., Mensch P.V., Wulffers C., Beemt B.V.D. and Fraga F., "Environmental and Economic Aspects of Using LNG as a Fuel for Shipping in The Netherlands", 2011 (Delft: TNO)

MISE (coordinatore del GdL dedicato) "Documento di consultazione per una Strategia Nazionale sul GNL", giugno 2015, Documento preparatorio ai fini della definizione del Quadro Strategico Nazionale per il settore del GNL, posto in consultazione aperta al seguente indirizzo: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/normativa/notifiche-e-avvisi/2034082-documento-di-consultazione-per-la-strategia-nazionale-sul-gnl>

MIT-Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Corridoi europei TEN-T*, in: <http://www.mit.gov.it/node/5335> (data ultima modifica: 16/02/2018)

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), "Annual Greenhouse Gas Index", Publication 2016

Norme UNI EN ISO 14040:2006 "Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento" e UNI EN ISO 14044:2018 "Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida"

Pospiech P., "Is Internal Combustion Engine Methane Slip Harmful to the Environment?", Maritime Reporter and Engineering News, April 2014, in: <http://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter#archive>

Regolamento (UE) 2017/352 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 febbraio 2017 che istituisce un quadro normativo per la fornitura di servizi portuali e norme comuni in materia di trasparenza finanziaria dei porti

Soria D., Dir. Gen. Assocostieri, "L'utilizzo del GNL come combustibile per il bunkeraggio marino" 4° Convegno Isola dell'Energia, Cagliari, 13 Aprile 2018

Speirs J., Balcombe P., Blomerus P., Stettler M., Achurra-Gonzalez P., Woo M., Ainalis D., Cooper J., Sharafian A., Merida W., "Natural gas fuel and greenhouse gas emissions in trucks and ships", 1st January 2020

Stenersen D. and Thonstad O., "2017 GHG and NOx Emissions from Gas Fuelled Engines. Mapping, Verification, Reduction Technologies" (Trondheim: SINTEF Ocean AS)

TDI RETE-GNL

Produit T2.4.3 "Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale"

Contribution du partenaire du projet



Tagliaferri C., Clift R., Lettieri P. et al. “*Liquefied natural gas for the UK: a life cycle assessment*”, *Int J Life Cycle Assess* 22, 1944–1956 (2017), in: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1285-z>(Published: 09 March 2017)

Thinkstep, on behalf of SEA\LNG and SGMF, “*Life Cycle GHG Emission Study on the Use of LNG as Marine Fuel*”, Final report, v1.0, April 2019, O.Shuller, S.Kupferschmid, J.Hengstler, S.Whitehouse, in: www.thinkstep.com

WMO - World Meteorological Organization and UNEP- the United Nations Environment Programme, “*Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*”, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “*Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation environnementale*”

Contribution du partenaire du projet



ANNEXE 1

TDI RETE-GNL

Prodotto T2.4.3 “Lignes directrices sur la méthodologie de l'ACV dans les systèmes d'évaluation
environnementale”

Contribution du partenaire du projet



T2.4.3 Lignes directrices de méthodologie LCA dans les systèmes d'évaluation d'impact environnemental

Projet TDI-RETE-GNL



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Office des Transports de Corse (OTC)
FRANCE / CORSE

CULLETTIVITÀ DI CORSICA
COLLECTIVITÉ DE CORSE

Uffiziu di i Trasporti
di a Corsica
Office des Transports
de la Corse

PUBLIC

13 juillet 2020

RAPPORT
OTCG-TEF-SE-RP-004

RAPPORT



Intertek

Nos ref. : OTCG-TEF-SE-RP-004
Entité : Energie
Imputation : P.015760

PUBLIC

Client : Office des Transports de Corse (OTC)
Projet : Etude approvisionnement-stockage-soutage du carburant GNL
Pays/Ville : France / Corse

Titre : T2.4.3 Lignes directrices de méthodologie LCA dans les systèmes d'évaluation d'impact environnemental
Sous-titre : Projet TDI-RETE-GNL
Auteur(s) : M. Deleau (MDE)
Date : 13 juillet 2020

Résumé : -
Commentaires : -
Mots-clés : -
Nbr pages : 23 (hors annexes)

02	01/09/2020	Modification charte graphique	Final	M. DELEAU	A. GUITTAT	A. GUITTAT
01	13/07/2020	Première émission	Final	M. DELEAU	A. GUITTAT	A. GUITTAT
REV.	JJ/MM/AA	OBJET DE LA REVISION	STAT.	REDACTION	VERIFICATION	APPROBATION

ETUDE APPROVISIONNEMENT-STOCKAGE-SOUTAGE DU CARBURANT GNL

**T2.4.3 Lignes directrices de méthodologie LCA dans les systèmes
d'évaluation d'impact environnemental****SOMMAIRE**

1.	CONTEXTE.....	7
2.	METHODOLOGIE POUR LA REALISATION D'UNE ACV.....	8
2.1.	Définitions et références.....	8
2.2.	Objectifs	10
2.3.	Lignes directrices de la méthodologie	11
2.3.1.	Définition des objectifs et du champ de l'étude	11
2.3.2.	Inventaire du cycle de vie (ICV).....	12
2.3.3.	Evaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI).....	14
2.3.3.1.	Elements constituant l'ACVI	14
2.3.3.2.	Caractérisation d'impact.....	14
2.3.3.3.	Attribution et calcul des resultats d'indicateurs	15
2.3.4.	Interprétation des résultats	16
2.4.	Données d'entrées et prérequis	17
2.5.	Moyens humains et techniques.....	18
2.6.	Applications et limites	19
2.7.	Données de sortie et interprétation.....	20
3.	SYNTHESE	23

ETUDE APPROVISIONNEMENT-STOCKAGE-SOUTAGE DU CARBURANT GNL

**T2.4.3 Lignes directrices de méthodologie LCA dans les systèmes
d'évaluation d'impact environnemental****LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Cycle de vie d'un produit (<i>source : ADEME</i>)	8
Figure 2 : Etapes de réalisation de l'ICV (<i>source : norme ISO 14044</i>)	13
Figure 3 : Méthodes de caractérisation d'impact (<i>source : projet TRACTEBEL</i>)	15
Figure 4 : Exemple de mécanisme environnemental pour une catégorie d'impact (<i>source : norme ISO 14044</i>)	16
Figure 5 : Relations des éléments lors de la phase d'interprétation avec les autres phases d'une ACV (<i>source : norme ISO 14044</i>)	17

LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Objectifs de chacun des quatre projets GNL	7
Tableau 2 : Exemples de fiche de recueil de données (<i>source : norme ISO 14044</i>)	12
Tableau 3 : Exemples de termes d'évaluation quantitative (<i>source : norme ISO 14044</i>)	15
Tableau 4 : Exemple de structuration par rapport aux étapes du cycle de vie (<i>source : norme ISO 14044</i>)	20
Tableau 5 : Exemple de pourcentage de contribution aux étapes du cycle de vie (<i>source : norme ISO 14044</i>)	21
Tableau 6 : Exemple de marquage des anomalies (<i>source : norme ISO 14044</i>)	21
Tableau 7 : Synthèse des lignes directrices d'une ACV	23

ETUDE APPROVISIONNEMENT-STOCKAGE-SOUTAGE DU CARBURANT GNL

T2.4.3 Lignes directrices de méthodologie LCA dans les systèmes d'évaluation d'impact environnemental

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

Acronyme	Définition
ACV	Analyses de cycles de vie
ACVI	Evaluation de l'impact du cycle de vie
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
ICV	Inventaire du cycle de vie
LCA	Analyses de cycles de vie (LCA <i>Life Cycle Assessment</i>)
UF	Unité Fonctionnelle

1. CONTEXTE

Dans le cadre du programme de coopération européenne transfrontalière INTERREG IFM 2014-2020, l'Office des transports de la Corse (OTC) a élaboré avec d'autres partenaires européens un projet global de préparation à l'utilisation du Gaz Naturel Liquéfié (GNL) dans les activités liées au transport maritime ainsi qu'à d'autres utilisations.

Dans le cadre de ce programme, quatre projets ont été définis. Les objectifs de chacun des projets sont présentés ci-dessous :

Projet	Objectifs principaux
TDI-RETE GNL	Définir les standards technologiques, dimensionnements et procédures communes pour les installations du réseau de distribution GNL dans les ports de la zone
GNL SIGNAL	Définir les stratégies transfrontalières pour la valorisation du GNL
GNL FACILE	Définir un système intégré et une logistique efficace de ravitaillement en GNL
GNL PROMO	Promouvoir l'utilisation du GNL dans les ports de commerce

Tableau 1 : Objectifs de chacun des quatre projets GNL

La présente étude concerne le projet TDI-RETE GNL, portant sur le réseau d'approvisionnement et de distribution en GNL.

Dans le cadre de la composante T2 de ce projet, TRACTEBEL définit une méthodologie pour la réalisation d'analyses de cycles de vie (ACV ou LCA *Life Cycle Assessment*) pour l'évaluation environnementale des choix existants en matière de stockage et de soutage GNL. Ce rapport constitue le **livrable T2.4.3**.

2. METHODOLOGIE POUR LA REALISATION D'UNE ACV

2.1. Définitions et références

L'**analyse du cycle de vie** (ACV ou LCA en anglais) est une méthode d'évaluation permettant de réaliser un bilan environnemental d'un produit (ou service, entreprise, procédé) sur l'ensemble de son cycle de vie, c'est-à-dire de l'extraction des matières premières nécessaires à sa production à la fin de vie du produit, en passant par son utilisation, ses phases de transport et son recyclage.

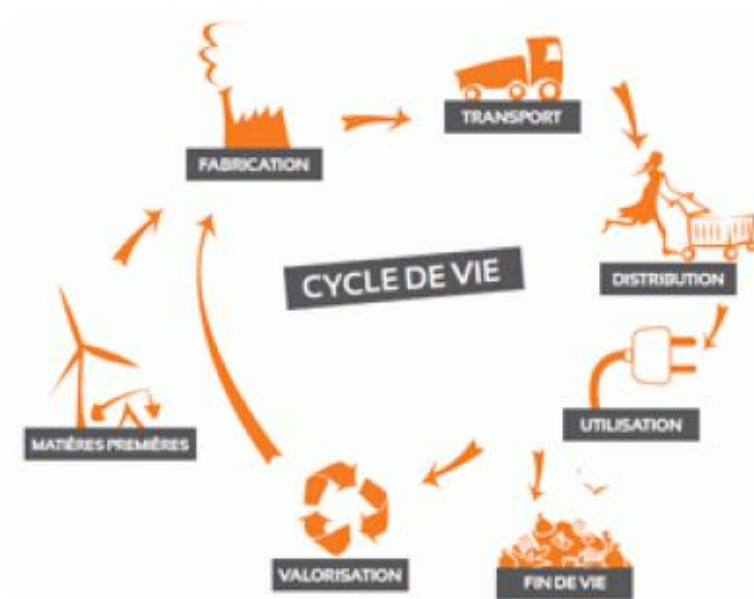


Figure 1 : Cycle de vie d'un produit (source : ADEME)

Il s'agit d'une procédure standardisée par une suite d'étapes et normalisée par les références suivantes :

- La **norme ISO 14040 : 2006** de juillet 2006 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — **Principes et cadre**. Cette norme spécifie les principes et le cadre applicables à la réalisation d'analyses du cycle de vie ;
- La norme **ISO 14044 : 2006** compilée de février 2018 : Management environnemental — Analyse du cycle de vie — **Exigences et lignes directrices**. Cette norme détaille les exigences qui s'appliquent à la conduite d'une ACV ;
- La norme **ISO/TS 14071**, Management environnemental — Analyse du cycle de vie — **Processus de revue critique et compétences des vérificateurs**. Cette norme précise des exigences et lignes directrices supplémentaires à l'ISO 14044 : 2006.

Les guides suivants peuvent également accompagner à la réalisation des ACV :

- **ReCiPe 2016** : guide pour une évaluation harmonisée de l'impact du cycle de vie selon les indicateurs « *midpoint* » et « *endpoint* » ;

- **ILDC *handbook of Environmental footprint (European Platform on Life Cycle Assessment)*** : manuel sur les orientations générales des ACV, conseils pour les ensembles de données génériques et d'inventaire de cycle de vie, exigences relatives aux méthodes, modèles et indicateurs d'évaluation de l'impact environnemental pour l'ACV, et revues critiques des ACV.

D'après la norme ISO 14040, l'ACV est une « compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie ». Les effets quantitatifs de produits sur l'environnement sont évalués via les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines.

Dans cette méthodologie, les définitions suivantes sont données :

- Un flux entrant ou intrant correspond à la matière ou l'énergie entrant dans le système étudié, qui a été puisée dans l'environnement (par exemple : eau, pétrole, gaz, ressources en fer etc.) ;
- Un flux sortant correspond à la matière ou l'énergie sortant du système étudié, qui est rejetée dans l'environnement en matière de pollution (par exemple : déchets, émissions gazeuses, liquide rejeté etc.).

2.2. Objectifs

Les objectifs des analyses de cycle de vie au sein des systèmes d'évaluation d'impact environnemental sont :

- De **quantifier l'impact environnemental** d'un système, par étape de cycle de vie (fabrication, transport, utilisation, fin de vie) ou par sous-système (composants, matériaux, procédés) ;
- De **pouvoir comparer** les impacts environnementaux de deux ou plusieurs systèmes ayant la même fonction.

Ces deux objectifs principaux permettent de prendre en compte la complexité de l'impact environnemental d'un produit et d'éviter le risque de transfert d'impact. En effet, l'étude pourra montrer qu'un produit a plus d'impact qu'un autre sur un critère en particulier, mais en a moins sur un autre critère.

L'ACV est un outil d'aide à la décision : les résultats peuvent permettre la définition de pistes d'améliorations environnementales ou être utilisés pour des besoins d'écoconception ou d'affichage environnemental ou politique.

Les objectifs et le champ de l'étude d'une ACV doivent être clairement définis et être cohérents avec l'application envisagée. **Pour les installations de stockage et de soutage GNL, il pourra par exemple s'agir des objectifs suivants :**

- **Comparaison ACV des différentes méthodes de stockage de GNL (iso-container, réservoir full containment, etc.) ;**
- **Comparaison ACV des méthodes de soutage de GNL entre le soutage à partir d'un camion-citerne (Truck-to-Ship), d'un navire souteur (Ship-to-Ship) ou d'un stockage à terre (Shore-to-Ship).**

2.3. Lignes directrices de la méthodologie

L'analyse du cycle de vie est un processus itératif, constitué de 4 étapes principales décrites brièvement dans les paragraphes ci-après.

2.3.1. Définition des objectifs et du champ de l'étude

La définition des objectifs d'une ACV doit indiquer les éléments suivants :

- L'application envisagée : par exemple écoconception, **comparaison** ou déclaration environnementale ;
- Les raisons conduisant à réaliser l'étude ;
- Le public concerné, les personnes auxquelles il est envisagé de communiquer les résultats de l'étude : cible concernée (interne ou externe à l'entreprise) et manière dont seront divulgués les résultats.

La définition du champ d'étude d'une ACV doit tenir compte des éléments suivants et les décrire :

- Le système de produits à étudier : ensemble de processus élémentaires comportant des flux de produits et des flux élémentaires, et remplissant une ou plusieurs fonctions définies (par exemple : flux élémentaires tels que le pétrole ou les émissions, flux de produits tels que les matériaux)
- Les fonctions du système de produits ou des systèmes, dans le cas d'études comparatives ;
- L'unité fonctionnelle ;
- La frontière du système ;
- Les règles d'affectation : imputation des flux à un système de produits ;
- La méthodologie d'évaluation de l'impact du cycle de vie et les types d'impact ;
- L'interprétation à utiliser pour les résultats de l'analyse de l'inventaire ou de l'évaluation de l'impact ;
- Les exigences portant sur les données d'entrée (qualité, complétude etc.) ;
- Les hypothèses et choix de valeurs (à défaut de bases scientifiques) ;
- Les éléments facultatifs ;
- Les limitations ;
- Le type de revue critique, le cas échéant ;
- Le type et le format du rapport spécifié pour l'étude.

En raison de la nature itérative de l'ACV, le champ de l'étude peut avoir à être redéfini durant l'étude.

L'unité fonctionnelle (UF) est la performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie. Pour comparer les impacts environnementaux de deux produits, il est nécessaire de ramener les impacts à une unité de mesure commune.

Par exemple une unité fonctionnelle pour des installations de stockage GNL pourrait être : **stocker 50 000 m³ de GNL pendant 20 ans**. Si un stockage sur navire A génère 2 fois moins d'impacts sur l'environnement qu'un stockage terrestre B mais que le stockage A doit être renouvelé au bout de 10 ans alors que le stockage B a une durée de vie de 20 ans, il faut multiplier les impacts du stockage A par deux pour pouvoir comparer les deux. Les impacts seraient alors équivalents.

En effet, plusieurs solutions techniques pouvant répondre à une fonction d'usage, les dimensionnements et caractéristiques de performance peuvent rendre la comparaison de certains produits difficile ; d'où la nécessité de détermination d'une unité fonctionnelle.

Cette UF sera utilisée pour pondérer et introduire les résultats d'une ACV sur une base commune afin de comparer des analyses et pouvoir faire des choix.

2.3.2. Inventaire du cycle de vie (ICV)

La phase d'inventaire du cycle de vie correspond à la compilation et la quantification des entrants et sortants pour le système considéré au cours de son cycle de vie. Les données requises concernant les matières premières utilisées, l'énergie consommée et les rejets générés à chaque étape du cycle de vie. Deux types de données sont ainsi collectées : les facteurs d'activité (énergie consommée, distance parcourue, quantité transportée etc.) et les facteurs d'émission (quantité émise dans l'air, dans l'eau etc.).

Une grande partie du travail de l'ACV concerne cette étape d'inventaire, notamment le recueil de données représentant en moyenne 70% du temps de travail global. Les données peuvent être collectées auprès d'une ou plusieurs sources : sites industriels, expertise, logiciels d'ACV, mais aussi relevés de compteur ou factures etc. L'étendue de la recherche dépend des limites définies en début d'étude, du niveau de précision attendu et des moyens dont dispose l'étude (temps, budget, expertise...).

Selon la difficulté de la collecte de données, l'évaluateur peut être amené à redéfinir le périmètre choisi pour l'ACV ou ajouter des hypothèses (le processus est itératif). Le cas échéant, l'analyse doit être transparente par rapport à ces changements.

Un exemple de fiche de recueil de données pour le transport amont est donné ci-dessous :

Nom du produit intermédiaire	Transport routier			
	Distance km	Capacité du camion t	Charge réelle t	Retour à vide (Oui/Non)

Tableau 2 : Exemples de fiche de recueil de données (source : norme ISO 14044)

Les étapes opérationnelles de l'ICV sont décrites dans la figure ci-dessous :

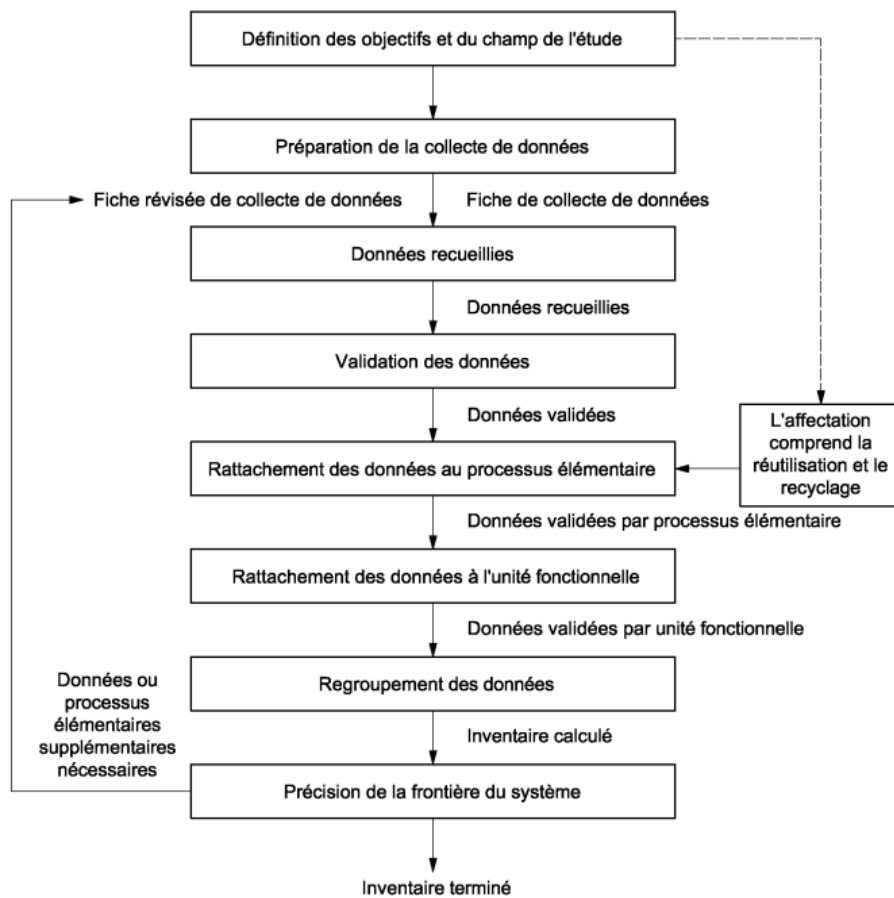


Figure 2 : Etapes de réalisation de l'ICV (source : norme ISO 14044)

Il s'agit dans l'ICV de l'inventaire des flux traversant les frontières du système, sans prise en compte de leur impact environnemental dans un premier temps. Le résultat de cette phase fournit une donnée d'entrée pour l'évaluation de l'impact du cycle de vie.

Par exemple, **les étapes de cycle de vie pour les installations GNL** pourraient être les suivantes :

- Si l'analyse porte sur le GNL stocké / souté pour être utilisé comme carburant marin :
 - Travaux préparatoires et exploration ;
 - Extraction du gaz naturel ;
 - Traitement du gaz naturel ;
 - Transport par gazoduc ;
 - Liquéfaction ;
 - Transport par méthanier ;
 - Stockage ;
 - Soutage ;
 - Utilisation comme carburant ;
 - Rejets et émissions.

- Si l'analyse porte sur un réservoir de stockage de GNL :
 - Extraction des matières premières ;
 - Transport des matières ;
 - Construction du produit ;
 - Utilisation comme réservoir de stockage ;
 - Rejets et émissions ;
 - Fin de vie du réservoir ;
 - Traitement des déchets.

2.3.3. Evaluation de l'impact du cycle de vie (ACVI)

Dans cette étape, l'inventaire des flux réalisé précédemment est traduit en impacts environnementaux.

2.3.3.1. ELEMENTS CONSTITUANT L'ACVI

La phase d'ACVI devra comprendre les éléments **obligatoires** suivants :

- La sélection des catégories d'impact, des indicateurs de catégorie et des modèles de caractérisation ;
- L'attribution des résultats de l'ICV aux catégories d'impact sélectionnées (classification) ;
- Le calcul des résultats d'indicateurs de catégorie, soit la caractérisation.

En fonction des objectifs et du champ de l'étude, les éléments **facultatifs** suivants peuvent également être utilisés :

- La normalisation : calcul de l'importance des résultats par rapport à une information de référence ;
- Le regroupement ou classement par catégorie d'impact ;
- La pondération ou agrégation des résultats dans des catégories d'impact ;
- L'analyse de la qualité des données.

2.3.3.2. CARACTÉRISATION D'IMPACT

Différentes méthodes existent pour caractériser les flux de matières et d'énergies recensés : la méthode la plus courante caractérise les flux en indicateurs d'impacts potentiels (ou « *midpoint* »). Par exemple, on peut utiliser des catégories d'impact telles que **les changements climatiques, l'utilisation de l'eau, les effets respiratoires, l'épuisement des ressources énergétiques possibles**, etc.

D'autres méthodes vont de la caractérisation jusqu'à l'obtention d'un indicateur de dommage potentiel (ou « *endpoint* »). Des catégories d'impact peuvent alors être regroupées en fonction de leur contribution à différents types de dommages ; par exemple la **santé humaine** ou la **qualité des écosystèmes**.

La quantification d'une **empreinte carbone** est traitée dans l'ISO/TS 14067 et la quantification d'une **empreinte eau** est traitée dans l'ISO 14046.

Un exemple de paramètres évalués selon chacune des deux méthodes est donné sur la figure ci-dessous.

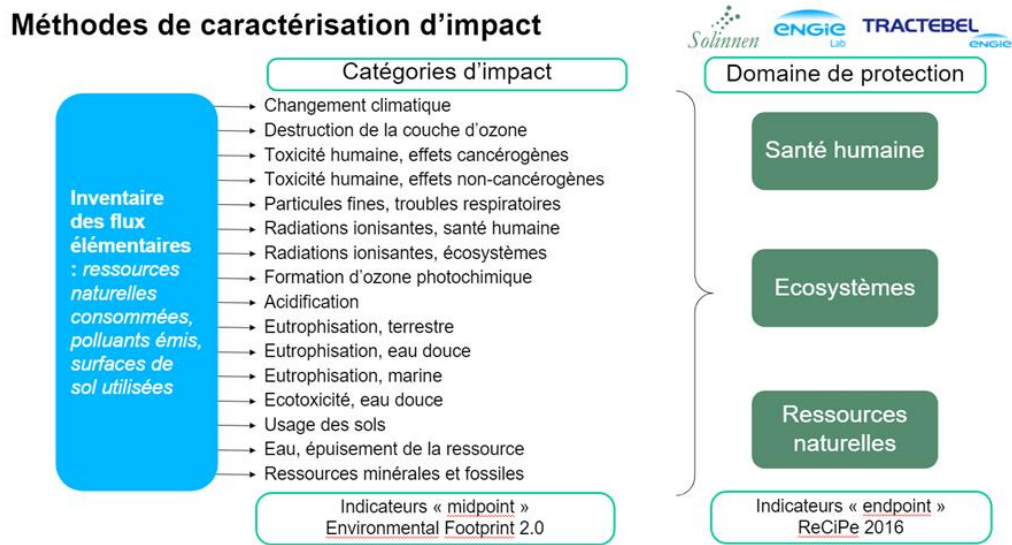


Figure 3 : Méthodes de caractérisation d'impact (source : projet TRACTEBEL)

2.3.3.3. ATTRIBUTION ET CALCUL DES RESULTATS D'INDICATEURS

Le tableau suivant fournit un exemple de termes et indicateurs pouvant être employés à cette étape :

Terme	Exemple
Catégorie d'impact	Changement climatique
Résultats de l'inventaire	Quantité d'un gaz à effet de serre par unité fonctionnelle
Modèle de caractérisation	Modèle de base sur 100 ans élaboré par le Groupe d'Experts Environnemental sur l'Évolution du Climat
Indicateur de catégorie	Forçage radiatif infrarouge (W/m^2)
Facteur de caractérisation	Potentiel de réchauffement global (GWP_{100}) pour chaque gaz à effet de serre (kg équivalents CO_2/kg gaz)
Résultat d'indicateur de catégorie	kg d'équivalents CO_2 par unité fonctionnelle.
Impacts finaux par catégorie	Récifs coralliens, forêts, récoltes
Pertinence environnementale	Le forçage radiatif infrarouge est une donnée indirecte pour des effets potentiels sur le climat, dépendant de l'absorption de chaleur atmosphérique intégrée engendrée par les émissions et de la répartition dans le temps de l'absorption de chaleur

Tableau 3 : Exemples de termes d'évaluation quantitative (source : norme ISO 14044)

Chaque catégorie est identifiée par un impact final via un mécanisme environnemental et un indicateur de catégorie. Un autre exemple est donné pour la catégorie d'impact « réchauffement climatique » :

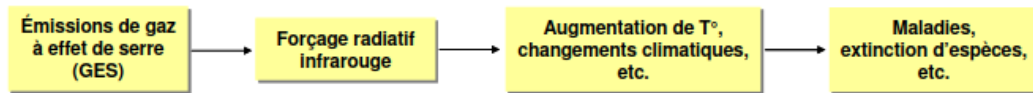


Figure 4 : Exemple de mécanisme environnemental pour une catégorie d'impact
(source : norme ISO 14044)

Le calcul des résultats d'indicateurs (caractérisation) consiste en la conversion des résultats de l'ICV en unités communes et l'agrégation des résultats convertis au sein de la même catégorie d'impact. Le résultat du calcul est un indicateur numérique.

Pour l'exemple de la catégorie d'impact réchauffement climatique, les résultats peuvent être exprimés en kilogrammes d'équivalent CO₂ (mesure de la quantité d'énergie qu'une tonne d'un GES émis dans l'atmosphère absorbera sur une période donnée, par rapport à 1 tonne de dioxyde de carbone) pour l'évaluation du potentiel de réchauffement global, ou en changement de température anticipée à la suite de l'émission de la substance X comparativement à l'augmentation de température si du CO₂ était émis pour l'évaluation du potentiel de température global.

2.3.4. Interprétation des résultats

La dernière phase de l'ACV consiste en l'interprétation des résultats, afin de comprendre les multiples résultats quantitatifs obtenus (chiffres, graphiques etc.).

L'objectif final est de discuter les résultats obtenus, de les mettre en perspective et de comparer les systèmes décrits.

Il convient de vérifier que les résultats obtenus répondent aux objectifs de l'étude. Ainsi, la validation des résultats passe notamment par une évaluation de la qualité des données, une analyse de cohérence et de complétude, des analyses de sensibilité pour affiner l'interprétation et des analyses d'incertitude.

Cette étape est itérative avec les 3 étapes précédentes et peut conduire à revoir l'étape précédente à tout moment de l'étude.

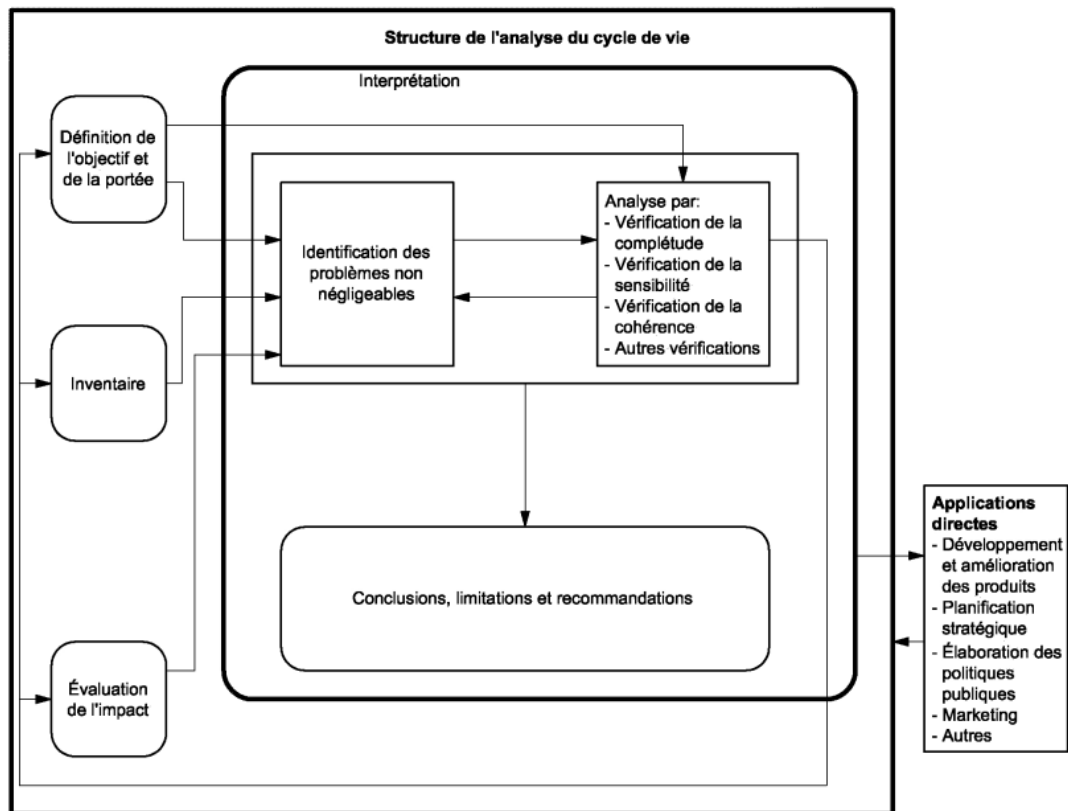


Figure 5 : Relations des éléments lors de la phase d'interprétation avec les autres phases d'une ACV (source : norme ISO 14044)

2.4. Données d'entrées et prérequis

L'analyse de cycle de vie demandant des investissements importants en termes de temps et de ressources, il est nécessaire de définir un certain nombre de points avant d'amorcer l'étude.

Notamment, il paraît important de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les objectifs finaux de l'analyse ?
- Existe-t-il déjà une ACV de produits similaires ?
- D'autres types d'études ou d'outils pourraient-ils répondre aux objectifs ?
- Des bases de données ou fournisseurs identifiés sont-ils disponibles pour obtenir des données précises et adaptées, nécessaires à l'étude ?
- L'ACV sera-t-elle réalisée en interne ou des sous-traitants ont-ils déjà été identifiés ?
- Comment seront communiqués les résultats de l'analyse ?

La réponse à ces questions devrait permettre de bien cadrer l'étude et d'éviter les risques économiques et de planning qui pourraient être rencontrés, notamment au niveau de la collecte des données pour l'ICV.

2.5. Moyens humains et techniques

Les moyens nécessaires pour la réalisation de l'ACV consistent en :

- des moyens humains nécessaires à la **collecte de données** (étape chronophage et compliquée de l'analyse) ainsi que les moyens techniques ou bibliographiques associés : bases de données, documents fournisseurs etc. ;
- des moyens humains et techniques nécessaires à l'évaluation de l'impact environnemental du produit : sous-traitance, disposition d'un outil de simulation. Un **logiciel d'ACV** est généralement utilisé (SimaPro, WILCI ...) mais l'analyse peut cependant être réalisée artisanalement par l'utilisation d'un tableur. Cette méthode manuelle est toutefois source d'erreurs, elle requiert donc une attention particulière et un contrôle extérieur ;
- Le cas échéant, des moyens humains nécessaires à la **revue critique** de l'analyse (cf. paragraphe 2.7).

Le niveau de détail et la durée d'une ACV sont fortement dépendants de la définition des objectifs et du champ de l'étude.

2.6. Applications et limites

Comme mentionné précédemment, l'analyse de cycle de vie peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision. La complexité de l'analyse des systèmes sur le cycle de vie permet de mettre en avant des points forts ou des points faibles entre plusieurs produits mais il est compliqué d'établir *in fine* un classement absolu entre produits vis-à-vis de termes environnementaux.

Les impacts environnementaux évalués sont en effet potentiels, relatifs et non réels et sont fortement dépendants de la qualité et de la fiabilité des données utilisées, ainsi que des hypothèses formulées en cas d'absence de données. Les risques et impacts finaux sur les milieux récepteurs ne peuvent être évalués : **l'ACV ne se substitue pas à une analyse de risques.**

En outre, **l'ACV ne se substitue pas non plus à une étude d'impact environnemental** : tous les aspects pouvant avoir un impact sur l'environnement ne sont pas pris en compte. On notera par exemple l'absence de prise en compte du contexte paysager, des nuisances sonores ou olfactives engendrées, de la pollution lumineuse et visuelle, de l'impact des ondes etc.

Enfin, les aspects économiques et sociaux ne sont pas pris en compte dans l'ACV.

2.7. Données de sortie et interprétation

À l'issue d'une ACV, un rapport d'étude est rédigé et présente l'ensemble des éléments définis et utilisés : les objectifs et le champ de l'étude, les limites et hypothèses, les résultats de l'étude et leur analyse critique. Il convient également de rédiger une synthèse facilitant la compréhension de l'étude.

Il n'existe pas de base scientifique pour réduire les résultats d'ACV à un nombre unique ou à une note globale unique, puisque la pondération requiert l'utilisation de choix de valeur.

Afin de tirer des conclusions des résultats obtenus et d'émettre des recommandations, une **structuration des informations** obtenues est conseillée (elle peut avoir été réalisée plus tôt dans l'analyse). En fonction des objectifs et du champ de l'étude, différentes approches de structuration peuvent être utilisées :

- Différenciation des informations par étapes individuelles de cycle de vie : production de matériaux, fabrication du produit, utilisation, recyclage, traitement des déchets
- Différenciation entre groupes de processus : transport, fourniture d'énergie etc. ;
- Autres types de différenciation à définir.

Intrant/extrant de l'ICV	Production de matériaux kg	Processus de fabrication kg	Utilisation kg	Autres kg	Total kg
Houille	1 200	25	500	—	1 725
CO ₂	4 500	100	2 000	150	6 750
NO _x	40	10	20	20	90
Phosphates	2,5	25	0,5	—	28
AOX ^a	0,05	0,5	0,01	0,05	0,61
Déchets ménagers	15	150	2	5	172
Rejets	1 500	—	—	250	1 750

^aAOX = Halogènes organiques adsorbables.

Tableau 4 : Exemple de structuration par rapport aux étapes du cycle de vie
(source : norme ISO 14044)

La **pertinence des données** peut ensuite être interprétée selon plusieurs méthodes également : analyse des **contributions**, des influences, des anomalies ou des dominances par exemple. Ces méthodes dépendent de l'utilisation ou non de références ou standards (politique de l'entreprise, objectifs quantifiés, système de management environnemental etc.).

Des exemples d'analyses de contribution des données sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Intrant/extrant de l'ICV	Production de matériaux %	Processus de fabrication %	Utilisation %	Autres %	Total %
Houille	69,6	1,5	28,9	—	100
CO ₂	66,7	1,5	29,6	2,2	100
NO _x	44,5	11,1	22,2	22,2	100
Phosphates	8,9	89,3	1,8	—	100
AOX	8,2	82,0	1,6	8,22	100
Déchets ménagers	8,7	87,2	1,2	2,9	100
Rejets	85,7	—	—	14,3	100

Tableau 5 : Exemple de pourcentage de contribution aux étapes du cycle de vie (source : norme ISO 14044)

Intrant/extrant de l'ICV	Réseau électrique	Fourniture d'énergie sur site	Transport	Autres	Totalkg
Houille	○	○	●	○	1 725
CO ₂	○	○	●	○	6 750
NO _x	○	○	○	○	90
Phosphates	○	○	#	○	28
AOX	○	○	○	○	0,61
Déchets ménagers	○	●	○	●	172
Rejets	○	○	○	○	1 750

Tableau 6 : Exemple de marquage des anomalies (source : norme ISO 14044)

La phase d'interprétation des résultats d'une ACV comprend les éléments suivants :

- L'identification des enjeux significatifs sur la base des résultats des phases d'inventaire et d'évaluation des impacts : catégories d'inventaires ou d'impacts et leurs contributions ;
- La vérification des résultats en prenant en compte les contrôles de complétude, de sensibilité et de cohérence ;
- Les conclusions, limites et recommandations de l'étude.

Les enjeux significatifs peuvent être les données d'inventaire telles que l'énergie, les émissions, les rejets, les déchets, etc. ; les catégories d'impact telles que l'utilisation de ressources, changement climatique, etc. ; ou encore les contributions significatives de certaines étapes du cycle de vie aux résultats de l'ICV ou de l'ACVI, telles que des processus élémentaires individuels ou des groupes de processus, comme le transport ou la production d'énergie.

Une **revue critique** d'ACV peut être réalisée à la suite de l'analyse. Conformément aux normes ISO, les revues critiques d'ACV sont facultatives lorsque les résultats sont voués à un usage interne par le mandataire de l'étude. Une revue critique peut cependant faciliter la compréhension et renforcer la crédibilité des ACV, par exemple, en impliquant des experts internes ou externes ou un comité de parties intéressées.

Le cas échéant, la revue critique permet de vérifier qu'une analyse répond aux exigences de méthodologie, de données, de calculs, d'interprétation des résultats et de communication définis dans la norme ISO 14044. La revue critique permet de garantir

la qualité technique et scientifique d'une ACV mais ne permet pas en revanche de valider ou vérifier les objectifs retenus par le mandataire de l'étude.

Si l'ACV porte sur la comparaison de plusieurs produits, il convient de faire participer à la revue critique des experts indépendants compétents à la fois en matière d'ACV, et dans le secteur d'activité concerné soit le secteur énergétique pour le projet.

3. SYNTHÈSE

Le tableau suivant synthétise les étapes de réalisation d'une analyse de cycle de vie, les éléments clés de chaque étape et cite des exemples appliqués aux installations de stockage et de soutage de GNL :

Etape	Éléments clés	Exemples GNL
Préparation de l'analyse	<p>Définition des objectifs</p> <p>Existence d'une ACV dans le domaine d'activité</p> <p>Identification de sous-traitants pour l'étude</p> <p>Disponibilité de bases de données ou données fournisseurs</p>	<p>ACV existante et publiée dans le domaine du GNL : analyse du cycle de vie du terminal de liquéfaction de gaz naturel du Saguenay par GNL Québec</p> <p>(https://jgreener.chm.ulaval.ca/fileadmin/user_upload/Rapport_de_CIRAIG.pdf)</p>
Définition des objectifs et du champ de l'étude	<p>Définition des objectifs, de l'application envisagée, des raisons de l'étude, du public concerné</p> <p>Définition du champ de l'étude et de l'unité fonctionnelle pour base de comparaison</p>	<p>Objectifs :</p> <p>Comparaison ACV des méthodes de stockage de GNL entre les réservoirs terrestres et les réservoirs sur navires ; Comparaison ACV des méthodes de soutage de GNL entre le soutage à partir d'un camion-citerne (Truck-to-Ship) et le soutage à partir d'un navire souteur (Ship-to-Ship).</p> <p>Unité fonctionnelle :</p> <p>Stocker 50 000 m3 de GNL pendant 20 ans ; Avitailler 50 navires GNL par an</p>
Inventaire du cycle de vie	<p>Compilation des entrants et sortants : matières premières, énergie consommée, rejets générés</p>	<p>Étapes de cycle de vie pour le GNL : exploration, extraction, traitement, transport, liquéfaction, transport, stockage, soutage, utilisation comme carburant, rejets et émissions.</p> <p>Étapes de cycle de vie pour un réservoir de stockage : extraction des matières premières, transport, construction, utilisation comme réservoir, fin de vie, traitement des déchets.</p>
Évaluation de l'impact du cycle de vie	<p>Quantification des consommations et rejets par catégories d'impacts</p>	<p>Quantification des émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie du GNL</p>
Interprétation des résultats	<p>Analyse des contributions par catégorie d'impact</p> <p>Structuration des informations</p> <p>Éventuellement revue critique</p>	<p>Comparaison, pour 2 méthodes de stockage de GNL, des émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie</p>

Tableau 7 : Synthèse des lignes directrices d'une ACV



La coopération au cœur de la Méditerranée

