

Plan intégré pour la distribution du GNL

Plan de gestion des achats par voie maritime

L'étude suivante a été développée dans le cadre du projet SIGNAL - Stratégies transfrontalières pour la valorisation du gaz naturel liquide, cofinancé par le programme INTERREG maritime Italie-France 2014-2020.

Le présent rapport a été réalisé en collaboration avec les partenaires du projet SIGNAL - Stratégies transfrontalières pour la valorisation du gaz naturel liquide (GNL), selon la répartition des tâches prévues dans le formulaire.

Les partenaires impliqués sont:

- Regione Autonoma della Sardegna Assessorato dell'Industria, Settore Energia ed Economia Verde, Italie (P1, chef de projet).
- Centralabs, Italie (P2).
- Office des Transports de la Corse, France (P3).
- Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, Italie (P4).
- Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale du Var, France (P5).
- Université de Gênes, Italie (P6).
- Région Ligurie, Italie (P7).



Pour plus de détails et l'analyse des sources uniques, veuillez vous référer aux tâches uniques élaborées par les partenaires selon le formulaire prévu pour le projet.

Sommaire

Index des figures	7
Index des tableaux.....	10
Introduction	15
Le projet SIGNAL	16
Définition d'un système intégré pour l'utilisation du GNL	20
1 Avitaillement et transport de GNL: solutions technologiques disponibles et cadre réglementaire dans la zone de référence	22
1.1 Avant-propos	23
1.2 Principales étapes et caractéristiques de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL) 24	
1.2.1 Configuration Truck to Ship (TTS)	25
1.2.2 Configuration Ship to Ship (STS)	26
1.2.3 Configuration Port to Ship, Terminal to Ship e pipelines (PTS)	26
1.2.4 Configuration Mobile Fuel Tanks	27
1.3 Cadre réglementaire de référence	28
1.3.1 Législation nationale en Italie	30
1.3.2 Législation nationale en France	75
1.3.3 Quelques considérations sur la transposition de la directive DAFI dans l'espace de coopération (Italie et France)	105
2 La demande actuelle de GNL dans le contexte territorial de référence	125
2.1 Profils méthodologiques relatifs à l'estimation de la demande de GNL.....	125
2.1.1 Aspects méthodologiques empruntés au projet TDI RETE-GNL.....	125
2.1.1.1 <i>Estimation de la demande maritime de GNL</i>	126
2.1.1.2 <i>Quantifier la demande portuaire de GNL</i>	129
2.1.1.3 <i>Estimation de la demande de GNL à terre</i>	133
2.1.2 Spécificité de la méthodologie utilisée en relation avec le projet SIGNAL	135
2.2 Méthodologie et outils pour l'estimation des besoins onshore	139
2.2.1 Approche méthodologique	139
2.2.2 Méthodologie de recherche.....	141
2.2.3 Étude de cas: la zone portuaire de Livorno.....	143
2.2.4 Définition des directives générales	168
2.3 Extension de la zone d'analyse.....	170
2.3.1 Zone portuaire de Cagliari.....	170
2.3.2 Zone portuaire de Gênes	174
2.3.3 Zone portuaire de Bastia	178
2.3.4 Zone portuaire de Nice.....	180

2.3.5	Zone portuaire de Toulon	182
2.3.6	Zone portuaire d'Oristano.....	185
2.3.7	Zone portuaire de Portoferraio	188
2.3.8	Vue d'ensemble.....	190
2.4	Conclusions	193
3	Estimation de la demande future et des infrastructures connexes	195
3.1	Description de la base de données de la demande de GNL.	195
3.2	Cartographie de la demande maritime.	199
3.2.1	Estimation de la demande de services de soutage de GNL en relation avec le segment "Croisière". 200	
3.2.2	Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Ferry".	205
3.2.3	Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Autres navires- citernes".....	209
3.2.4	Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Vrac sec".	212
3.2.5	Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Services de remorquage et services auxiliaires".	215
3.2.6	Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "PSV/FPSO/Offshore".	218
3.2.7	Estimation de la demande de services de soutage de GNL en relation avec le segment "Porte- conteneurs/Cargaison générale/Porte-véhicules/Cargaison Ro-Ro".....	221
3.2.8	Répartition de la demande maritime de services GNL entre les différents ports du projet SIGNAL 222	
3.2.9	Analyse des avantages environnementaux dans la zone cible: résultats de l'étude	232
3.3	Cartographie de la demande des ports.	241
3.3.1	Enquête sur l'application des bonnes pratiques dans les ports	268
3.3.2	Résultats de l'enquête: les ports comme sites de bonnes pratiques	273
3.4	Cartographie de la demande de terres.	283
4	Analyse de l'offre actuelle et autorisée dans le contexte territorial de référence	287
4.1	Procédures de collecte et de traitement des données	287
4.1.1	Activités de type "recherche en ligne".	288
4.1.2	Activités de recherche sur le terrain	289
4.1.3	Positionnement du système d'infrastructure GNL de la zone du programme par rapport à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement européenne et méditerranéenne.	289
4.1.4	Terminaux de regazéification	290
4.1.5	Installations de stockage de GNL et dépôts côtiers de GNL	291
4.1.6	Réseau de distribution de méthane liquide GNL pour véhicules lourds	292
4.1.7	Analyse et cartographie des plantes examinées	293
5	Le système d'infrastructure GNL de la zone du programme par rapport à l'Europe et à la Méditerranée 326	
5.1	Analyse du système d'infrastructure pour le GNL en dehors de la zone du programme.....	326

5.1.1	Italie	326
5.1.2	France	332
5.1.3	Espagne	334
6	Modèles d'analyse, d'évaluation et de planification des réseaux de transport maritime pour l'approvisionnement des dépôts côtiers de GNL	336
6.1	L'application d'un modèle analytique d'optimisation de réseau dans l'espace de coopération	336
6.1.1	Introduction.....	337
6.1.2	L'étude de cas	339
6.1.3	Le modèle d'optimisation.....	343
6.1.4	Scénarios de test.....	346
6.1.5	Résultats.....	350
6.1.6	Conclusions	356
6.2	Etude d'un modèle de "Vehicle Routing" appliqué à la distribution de GNL par voie maritime	364
6.2.1	Résultats de l'application sur un échantillon de test	366
7	Analyse des solutions possibles dans le contexte ligure	369
7.1	Analyse des macro-scénarios.....	369
7.1.1	Phase de démarrage du réseau.....	369
7.1.2	Phases de développement du réseau intermédiaire (mise à l'échelle) et final (déploiement)	372
7.1.3	Aperçu de la demande potentielle de GNL marin et des infrastructures terrestres connexes	376
7.2	Analyse SWOT des solutions technologiques adoptables	382
7.3	Analyse qualitative de la faisabilité des différentes options adoptables dans le contexte ligure.	392
8	Analyse des scénarios en France.....	396
8.1	Provisions en France	396
8.1.1	Gas Infrastructure Europe (GIE)	396
8.1.2	Investissement dans le GNL en France	397
8.1.3	Services GNL en France	399
8.1.4	Stockage de GNL en France.....	399
8.1.5	Nouveaux services GNL - France	403
8.2	Etudes de cas en France: Port de Toulon.....	407
8.2.1	Procédures réglementaires pour le transport, la logistique et le stockage dans le port de Toulon	408

Index des figures

Figure 1 - Sources juridiques dans la zone de coopération du programme maritime Interreg pour l'utilisation des énergies durables	28
Figure 2- Usine de type L-GNC	57
Figure 3- Centrale de type L-GNL	58
Figure 4- Usine L-GNC/GNL	58
Figure 5 - Utilisation du GNL comme carburant marin en 2030: scénario de base.....	78
Figure 6 - Utilisation du GNL comme carburant marin en 2030: scénario optimiste.....	80
Figure 7 - Prévisions de développement du GNL pour les années à venir (source: PWC sur la base des données QSN, 2017)	108
Figure 8 - Résumé du scénario de la demande envisagé par le cadre stratégique national	109
Figure 9 - Scénario de demande nationale par type d'usage à l'horizon 2030 (Snam)	110
Figure 10 - Scénario de demande nationale (kt) par type d'utilisation à l'horizon 2030 (REF-E)	110
Figure 11 - Répartition de la demande nationale par type d'utilisation en 2030 (REF-E)	111
Figure 12 - Stations de ravitaillement en GNL construites en Europe (sn) et en Italie (dx)	112
Figure 13 - Stations de ravitaillement en GNL dans le nord-est de l'Italie	113
Figure 14 - Le processus de production du Bio-GNL	118
Figure 15 - Projets de liquéfaction du biométhane en Italie (Source: Consorzio Italiano Biogas, 2019).	118
Figure 16 - Demande de GNL dans le contexte des ports maritimes: principales composantes (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019).....	126
Figure 17 - Cadre conceptuel pour l'étude de la demande en GNL dans le contexte des ports maritimes (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019).....	135
Figure 18 - Processus de collecte et de mise au point des données du "cycle de Deming", PDCA	141
Figure 19- Méthodologie d'analyse.....	143
Figure 20 - Macro-catégories d'utilisateurs onshore.	148
Figure 21 - Zones d'intérêt - Port de Livourne.	149
Figure 22 - Répartition de la consommation globale par terminal polyvalent, électricité + diesel.....	155
Figure 23 - Répartition de la consommation d'électricité par TDT incluant la réfrigération des conteneurs et la manutention avec des grues électriques.	155
Figure 24 - Demande d'énergie primaire liée aux bureaux et à l'éclairage des cours (tours d'éclairage).	156
Figure 25 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Répartition en pourcentage de la demande totale d'énergie primaire (électricité + diesel en équivalent kWh).....	156
Figure 26 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Estimation de la demande annuelle d'énergie primaire par type (kWhannée).....	157
Figure 27 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Estimation de la demande spécifique actuelle d'énergie primaire par type (kWhmzone2année).....	157
Figure 28 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Demande annuelle équivalente estimée (théorique) de GNL par type (m3 aux conditions cryogéniques)	158
Figure 29 - Analyse de sensibilité pour différents scénarios génériques pour la zone liée au port de Livourne.	165
Figure 30 - Méthodologie pour l'évaluation des besoins énergétiques des ports terrestres.....	169
Figure 31 - Cagliari, port.	170
Figure 32 - Gênes, port.	174
Figure 33 - Bastia, port.....	178
Figure 34 - Nice, port.	180
Figure 35 - Nice, zone autour de l'aéroport.....	180

Figure 36 - Toulon, port.....	182
Figure 37 - Oristano, port.....	185
Figure 38 - Portoferraio, port.....	188
Figure 39 - Sous-total de la demande d'électricité actuelle pour l'ensemble de la zone d'intérêt	190
Figure 40 - Demande énergétique totale actuelle (électrique + thermique) pour l'ensemble de la zone d'intérêt. .	191
Figure 41 - Estimation de la demande totale d'énergie prospective (électricité) pour différents scénarios et interventions de mise à niveau.....	192
Figure 42 - Distribution de la demande maritime adressée aux ports uniques de la zone cible, année 2019, en valeurs absolues et en pourcentage (Source. Ns. élaborations)	228
Figure 43 - Demande maritime totale adressée aux différents ports de la zone cible, année 2020, en termes de valeur absolue et de pourcentage (Source. Élaborations Ns.).....	229
Figure 44 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Gênes: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)	254
Figure 45 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Livourne: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	255
Figure 46 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Portoferraio: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	255
Figure 47 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Cagliari: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	256
Figure 48 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port d'Oristano: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	256
Figure 49 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Toulon: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	257
Figure 50 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique du Port de Nice: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	257
Figure 51 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Bastia: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)	258
Figure 52 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement la demande d'énergie thermique "diesel" du port de Gênes au GNL: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)	259
Figure 53 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement la demande d'énergie thermique "diesel" du port de Livourne en GNL: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)	259
Figure 54 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" de Portoferraio: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	260
Figure 55 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Cagliari: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)	260
Figure 56 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir entièrement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port d'Oristano: années 2020-2035 (Source: notre traitement).....	261
Figure 57 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Toulon: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	261
Figure 58 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Nice: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).....	262
Figure 59 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Bastia: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).	263
Figure 60 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Gênes: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	264

Figure 61 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Livourne: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration.)	264
Figure 62 - Prévision des volumes de GNL liés à la demande du port de Portoferraio: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	265
Figure 63 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Cagliari: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	265
Figure 64 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port d'Oristano: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration.)	265
Figure 65 - Projection des volumes de GNL liés à la demande du port de Toulon: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	266
Figure 66 - Projection des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le Port de Nice: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	266
Figure 67 - Projection des volumes de GNL liés à la demande du port de Bastia: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)	266
Figure 68 - État actuel des ports	274
Figure 69 - État actuel des ports	274
Figure 70 - Chaîne d'approvisionnement en carburants de substitution	275
Figure 71 - Chaîne des carburants de substitution	276
Figure 72 - Sécurité	277
Figure 73 - Sécurité	278
Figure 74 - L'avantage du carburant	279
Figure 75 - L'avantage du carburant	279
Figure 76 - Systèmes alternatifs	280
Figure 77 - Systèmes alternatifs	280
Figure 78 - Résultats totaux	281
Figure 79 - Contexte de référence pour la fourniture de services GNL à petite échelle dans la zone Tyrrhénienne-Ligure (Source: GIE Europe)	287
Figure 80 - Capacité de regazéification des terminaux européens	290
Figure 81 - Terminaux de regazéification en mer Méditerranée	290
Figure 82 - Terminal de regazéification dans la zone du programme	291
Figure 83 - Capacité de stockage de GNL des terminaux européens	292
Figure 84 - Réseau de distribution de GNSS et de GNLLS dans les pays européens méditerranéens	293
Figure 85 - Terminal de regazéification de Panigaglia	295
Figure 86 - Usine FSRU Toscana d'OLT Offshore LNG (Source: OLT Offshore)	305
Figure 87 - Diagramme de flux de processus du terminal "FSRU Toscana" (Source: rapport annuel 2018 d'OLT). ...	306
Figure 88 - Dépôts de GNL dans le port d'Oristano	311
Figure 89 - Le terminal GNL à petite échelle d'Oristano (Source: Gas&Heat)	313
Figure 90 - Installation de stockage de GNL dans le port de Cagliari	318
Figure 91 - Usines de GNL de la région PACA	320
Figure 92 - Terminal GNL de Fos Tonkin	321
Figure 93 - Infrastructures GNL en dehors de la zone du programme	326
Figure 94 - Rendu de l'installation de stockage côtier de GNL du terminal de Venise (Source: Venice LNG)	327
Figure 95 - Schéma d'exploitation du terminal GNL d'importation d'ENAGAS (Source: retravaillé à partir de la source ENAGAS)	335
Figure 96 - Limites de tirant d'eau pour les navires entrant dans les ports	365
Figure 97 - Ports considérés dans les tests de calibration du modèle	367

Figure 98 - Routes identifiées par le modèle.....	367
Figure 99 - Schéma de la configuration du réseau dans la première phase de démarrage	370
Figure 100 - Schéma de la mise en place du réseau dans la phase de mise à l'échelle intermédiaire	373
Figure 101 - Schématisation de la structure du réseau dans les phases de développement du réseau ligure et besoins financiers correspondants (mil. Eur).....	374
Figure 102 - Schéma de la configuration du réseau dans la phase finale de déploiement.	375
Figure 103 - Comparaison des dispositions finales du réseau de GNL et du réseau de soutes conventionnel.....	375
Figure 104 - Les différents scénarios de la demande potentielle de GNL maritime par rapport aux différentes hypothèses d'installations terrestres.....	379
Figure 105 - Les capacités de distribution des différentes solutions de systèmes de mise à la terre	381
Figure 106 - Capacité de regazéification des terminaux à grande échelle en Europe (Source: GIE).....	398
Figure 107 - Carte du port de Toulon	407

Index des tableaux

Tableau 1 - Estimation de la demande de GNL pour le transport maritime - Projet COSTA.....	34
Tableau 2 - Prévisions d'installation pour 2020, 2025 et 2030	35
Tableau 3 - Résumé des dispositions de l'article 18 du décret législatif n° 257/2016.	38
Tableau 4- Distances de sécurité internes.....	61
Tableau 5 - Terminaux de regazéification sur le territoire français en 2017	78
Tableau 6 - Scénarios de demande de GNL maritime jusqu'en 2025	80
Tableau 7 - Scénarios de demande de GNL pour le transport fluvial à l'horizon 2030	82
Tableau 8 - Critères d'accessibilité pour l'estimation du nombre de points de ravitaillement en GNC et GNL - scénario de base.....	83
Tableau 9 - Analyse des points ICPE auxquels les usines de GNL sont potentiellement soumises	93
Tableau 10 - Analyse des sections de l'IOTA auxquelles les usines de GNL sont potentiellement soumises	97
Tableau 11 - Analyse du règlement général de la police	104
Tableau 12 - Enregistrement des camions avec Ptt>3,5 tonnes. Par type de combustible (Source: Federmetano sur données ANFIA).....	114
Tableau 13 - Le mécanisme d'incitation prévu par le DM Biométhane (Source: Assocostieri, 2018).	117
Tableau 14 - Installations hypothétiques de traitement du biométhane et volumes relatifs de Bio-GNL produits..	122
Tableau 15 - Hypothèses d'usine de traitement du biométhane et fournitures équivalentes de Bio-GNL.....	122
Tableau 16 - Types et quantités de déchets générés par les navires dans le port de Gênes compatibles avec un traitement par bio-digestion (Source: Plan de gestion de la collecte des déchets du port de Gênes (2018))..	123
Tableau 17 - Production de biogaz et de bioGNL par type de déchets traités.....	124
Tableau 18 - KPIs liés à la consommation d'énergie du port (électricité primaire et énergie thermique) estimés dans le cadre du produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019)	131
Tableau 19 - Catégorie de concessionnaire "Terminal pax et ro-ro": composantes (4) pour l'estimation des KPI liés à la consommation d'énergie (Source: notre élaboration).....	137
Tableau 20 - KPIs relatifs à la consommation d'énergie du port (énergie électrique primaire et énergie thermique) estimés dans le cadre du produit T1.3.2 du projet SIGNAL (Source: notre élaboration).....	138
Tableau 21 - Descripteurs (a) Clusters & KPIs (b)	142
Tableau 22 - Principales industries de la zone portuaire de Livourne	144
Tableau 23- Principaux projets de recherche	145

Tableau 24 - Demande énergétique nette par utilisation.....	147
Tableau 25 - Base de données des zones d'intérêt.....	150
Tableau 26 - Sources de données sur la demande/consommation d'énergie disponibles dans la littérature.	151
Tableau 27 - Équipement du Terminal Dock Tuscany.....	152
Tableau 28 - Facteurs de conversion pour l'estimation de la demande d'énergie primaire	153
Tableau 29 - Descripteurs de base de données et indicateurs clés de performance.	162
Tableau 30 - Interventions de requalification énergétique identifiées.	164
Tableau 31- Analyse sensible de la vue d'ensemble.....	167
Tableau 32 - Demande actuelle d'énergie primaire, Port de Cagliari.....	173
Tableau 33 - Estimation de la demande actuelle d'énergie primaire, Port de Gênes (les zones en vert ont été validées et comparées de manière appropriée avec la demande totale d'énergie primaire d'électricité + diesel + essence. Pour les zones surlignées en orange, aucune information sur la consommation globale n'a été reçue).....	177
Tableau 34 - Demande actuelle d'énergie primaire, Port de Bastia.....	179
Tableau 35 - Besoins en énergie primaire dans la zone portuaire de Nice.....	181
Tableau 36 - Besoins en énergie primaire de la zone portuaire de Toulon.	184
Tableau 37 - Demande d'énergie primaire, zone portuaire d'Oristano.	187
Tableau 38 - Demande d'énergie primaire, zone portuaire de Portoferraio.....	189
Tableau 39 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario de base, années 2020-2030	197
Tableau 40 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario "faible croissance", années 2020-2030.....	197
Tableau 41 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario "forte croissance", années 2020-2030.....	198
Tableau 42 - Flotte de navires de croisière: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).....	202
Tableau 43 - Flotte de navires de croisière: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage au GNL dans les ports de la zone cible en 2025 (Source: notre élaboration).	203
Tableau 44 - Flotte de navires de croisière: scénarios (estimations synthétiques) concernant la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).	204
Tableau 45 - Flotte de navires "ferry": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: <i>notre élaboration.</i>).....	207
Tableau 46 - Flotte de navires "ferry": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible en 2025 (Source: <i>notre élaboration</i>)	207
Tableau 47 - Flotte de navires de croisière: scénarios (estimations synthétiques) concernant la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).	209
Tableau 48 - Flotte de navires "autres pétroliers": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible en 2019 (Source: notre élaboration).....	211
Tableau 49 - Flotte de navires "autres pétroliers": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).	212
Tableau 50 - Flotte de navires de vrac sec: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).	213
Tableau 51 - Flotte de vrac sec: scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage au GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).....	215
Tableau 52 - Flotte de navires "remorqueurs et services auxiliaires": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).	217

Tableau 53 - Flotte de navires "remorqueurs et services auxiliaires": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).....	218
Tableau 54 - Flotte de navires "PSV/FPSO/Offshore": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration)	219
Tableau 55 - Flotte de navires "PSV/FPSO/Offshore": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à 2025 et 2030 (Source: notre élaboration) ...	221
Tableau 56 - Demande de GNL maritime adressée aux ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de faible croissance (Source: élaborations Ns.)	223
Tableau 57 - Demande de GNL maritime pour les ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de base (Source: élaborations Ns.)	223
Tableau 58 - Demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de croissance élevée (Source. Élaboration Ns.).....	223
Tableau 59 - Mouvements de fret et de passagers dans les ports de la zone cible, année 2018 (Source: élaborations Ns.).....	225
Tableau 60 - Pourcentage d'incidence des différents ports de la zone cible sur le trafic total (2018) (Source: Élaboration Ns.).....	226
Tableau 61 - Distribution de la demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible, année 2019 (Source. Élaboration Ns.).....	227
Tableau 62 - Distribution de la demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible, année 2020 (Source. Ns. élaborations)	229
Tableau 63 - Répartition de la demande maritime dans les différents ports examinés <i>Source. Ns. élaborations</i>	231
Tableau 64 - Réduction des émissions de SOx dans la zone cible: bénéfiques environnementaux cumulés estimés (tonnes 2020) (Source: notre élaboration).....	235
Tableau 65 - Réduction des émissions de NOx dans la zone cible: estimation des avantages environnementaux cumulés (2020-2035) par type de navire (émissions exprimées en tonnes). (Source: s. élaboration).....	236
Tableau 66 - Réduction des émissions de CO2 dans la zone cible: estimation des avantages environnementaux cumulés (2020-2035) par type de navire (émissions exprimées en tonnes). (Source: notre élaboration).....	237
Tableau 67 - Nombre de terminaux/concessionnaires cartographiés analytiquement par catégories homogènes (Source: notre élaboration)	241
Tableau 68 - Espaces alloués aux différentes catégories d'opérateurs/concessionnaires de terminaux homogènes: valeurs cartographiées analytiquement (données exprimées en mètres carrés) (Source: notre élaboration)	242
Tableau 69 - Espaces alloués aux différentes catégories d'opérateurs de terminaux/concessionnaires homogènes: données de source officielle (valeurs exprimées en mètres carrés) (Source: notre élaboration)	243
Tableau 70 - Données de trafic liées aux différentes catégories de terminaux par ports examinés (données pour 2016) (Source: notre élaboration).	243
Tableau 71 - Données pour l'estimation de la consommation d'électricité portuaire liée aux marinas (Source: notre élaboration)	244
Tableau 72 - Catégorie "Terminaux passagers et rouliers": valeurs utilisées en conjonction avec des composants KPI spécifiques pour estimer la consommation énergétique des ports cibles (Source: notre élaboration)	244
Tableau 73 - Estimation de la consommation d'énergie (électrique et thermique) pour chaque port examiné (année 2016) (Source: notre élaboration).	245
Tableau 74 - Estimation de la consommation d'énergie (électrique et thermique) par port et par agrégats de catégories homogènes de terminaux/concessionnaires (année 2016) (Source: notre élaboration).	246
Tableau 75 - Hypothèses relatives à la propension à se convertir au GNL consommation de diesel par port: documentation consultée (Source: notre élaboration)	249

Tableau 76 - Taux de conversion au GNL de la consommation de diesel supposée par rapport au port de Gênes par scénario et par période d'analyse (Source: notre élaboration)	250
Tableau 77 - Distribution de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de base, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration).....	267
Tableau 78 - Distribution de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de croissance faible, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration).....	267
Tableau 79 - Répartition de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de forte croissance, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration).....	267
Tableau 80 - Bonnes pratiques.....	282
Tableau 81 - Répartition des distributeurs terrestres de GNL par rapport aux nœuds portuaires cibles: année 2020 (Source: notre élaboration)	283
Tableau 82 - Répartition des distributeurs de GNL à terre par rapport aux nœuds portuaires cibles: période 2020-2030 (Source: notre élaboration)	284
Tableau 83 - Taux de croissance annuels des volumes de GNL attribuables aux distributeurs terrestres de GNL (Source: notre élaboration)	285
Tableau 84 - Demande de GNL à terre pour les ports cibles sur la période 2020-2030: scénario de faible croissance (données en m³).	286
Tableau 85 - Demande de GNL à terre pour les ports cibles dans la période 2020-2030: scénario de base (données en m³) (Source: notre élaboration)	286
Tableau 86 - Demande de GNL terrestre pour les ports cibles sur la période 2020-2030: scénario de forte croissance (données en m³) (Source: notre élaboration)	286
Tableau 87 - Plantes mappées	294
Tableau 88 - Tarifs des services GNL à petite échelle appliqués au terminal de Fos Marseille	324
Tableau 89 - Tarifs des services GNL à petite échelle appliqués au terminal de Barcelone (ENAGAS)	336
Tableau 90 - Caractéristiques des terminaux maritimes du réseau à petite échelle SIGNAL.	340
Tableau 91 - Matrice des distances (mn).....	341
Tableau 92 - Demande mensuelle de GNL (m³/mois), année de référence: 2025.	342
Tableau 93 - Caractéristiques des navires méthaniers desservant le réseau considéré	343
Tableau 94 - Caractérisation des scénarios de réseau dans le montage du projet.....	348
Tableau 95 - Caractérisation des scénarios de réseau avec le port d'approvisionnement de Livorno.	349
Tableau 96 - Coût du transport de GNL par voie maritime dans la configuration sans coalition (€/mois).	351
Tableau 97 - Coût du transport de GNL par voie maritime dans la configuration sans coalition (€/mois) - Hypothèse d'amélioration des infrastructures pour les nœuds de Gênes et de Cagliari.	352
Tableau 98 - Demandes du groupe A - Coût du transport de GNL par voie maritime dans le cadre de la coalition (€/mois).	353
Tableau 99 - Demandes du groupe B - Coût du transport de GNL par voie maritime dans le cadre de la coalition avec l'hypothèse d'un renforcement des infrastructures aux nœuds de Gênes et de Cagliari (€/mois).	353
Tableau 100 - Demandes du groupe C - Coût du transport du GNL dans l'hypothèse où Livourne deviendrait un port d'approvisionnement.	354
Tableau 101 - Instances du scénario 4 - Coût de transport du GNL dans le scénario prospectif avec des attributs de soumission améliorés aux nœuds d'achat.	355
Tableau 102 - Pourcentage d'économies de coûts de transport réalisables en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition (Groupe A).....	356
Tableau 103 - Variation en pourcentage des coûts de transport réalisable en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition et à la modernisation des infrastructures (groupe B).....	357

Tableau 104 - Pourcentage d'économies de coûts de transport réalisables en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition et aux attributs d'offre améliorés (scénario 4).....	357
Tabella 105 - Facteurs d'émission (kg de polluant par tonne de carburant). Fonte: Quatrième étude de l'OMI sur les GES (2020)	359
Tableau 106 - Consommation moyenne des navires considérés	360
Tableau 107 - Distances mensuelles parcourues par type de navire.	360
Tableau 108 - Consommation mensuelle de carburant (t/mois): carburant HFO et GNL.	361
Tableau 109 - Valeurs d'émission mensuelles (kg/mois) pour les différents scénarios - approvisionnement en HFO.	361
Tableau 110 - Valeurs d'émission mensuelles (kg/mois) pour les différents scénarios - alimentation en GNL.	362
Tableau 111 - Réduction de la pollution lors du passage du scénario BAU aux différents scénarios de projet.	362
Tableau 112 - Pourcentage moyen de réduction des polluants lors du passage des navires fonctionnant au HFO à ceux fonctionnant au GNL.	363
Tableau 113 - Schéma de la structure du réseau dans les phases de développement du réseau ligure et besoins financiers correspondants (mln EUR).....	372
Tableau 114 - Les différentes hypothèses de développement de la demande maritime potentielle de GNL.....	376
Tableau 115 - Capacités de distribution des différentes solutions de mise à la terre	377
Tableau 116 - Capacités de distribution des différentes solutions de mise à la terre	380
Tableau 117 - Analyse SWOT - Dépôt à grande échelle (>10.000m ³)	384
Tableau 118 - Analyse SWOT - Stockage de GNL de taille moyenne (10 000 m ³)	385
Tableau 119 - Analyse SWOT - Dépôt portuaire de petite taille (< 500 m ³).....	386
Tableau 120 - Analyse SWOT - Système de port de connexion multi-simultané de TTS.....	387
Tableau 121 - Analyse SWOT - Utilisation de pétroliers porte-conteneurs ISO.....	388
Tableau 122 - Analyse SWOT - Navire-citerne GNL (par exemple, 5 000 - 7 500 m ³)	389
Tableau 123 - Analyse SWOT - Paquebot/barge de GNL (par ex. 1000 - 3000 m ³)	390
Tableau 124 - Analyse SWOT - Usine Bio-GNL (liquéfaction de petite et moyenne taille)	391
Tableau 125 - Analyse qualitative de la faisabilité des différentes options adoptables dans le contexte ligurien ...	395
Tableau 126 - Carte du GIE.....	396
Tableau 127 - Données cartographiques du GIE pour le GNL avec année de référence 2020 et projections 2025 (Source: GIE).....	397
Tableau 128 - Capacité de regazéification et de conservation selon l'état des installations à grande échelle (Source GIE).....	398
Tableau 129 - Liste des services GNL par terminal en France.	399
Tableau 130 - Installations de stockage de gaz naturel en France	401
Tableau 131 - Aperçu des investissements de l'UE dans le domaine du stockage du gaz (Source: GIE)	402
Tableau 132 - Aperçu des investissements de l'UE dans le stockage du gaz - Données agrégées (année de référence 2018).	403
Tableau 133 - Nouveaux services GNL en France - Offre	404
Tableau 134 - Nouveaux services GNL en France - Transbordement	405
Tableau 135 - Nouveaux services GNL en France - GNL à petite échelle	405
Tableau 136 - Nouveaux services GNL en France - Chargement des camions	406

Introduction

Le présent document a été rédigé dans le cadre de l'élaboration du Plan transfrontalier de valorisation du gaz naturel liquide préparé par les partenaires du projet SIGNAL.

Concrètement, il s'agit du Plan de gestion de l'approvisionnement en GNL par voie maritime dans les territoires de l'Espace de coopération, élaboré sur la base d'une analyse de la demande et des principales conditions d'approvisionnement au niveau actuel/prospectif dans les zones de coopération identifiées, qui fait appel à un modèle représentant le réseau de transport maritime.

Le document est divisé en 8 sections qui sont brièvement décrites ci-dessous:

1. description des principales caractéristiques et étapes constituant la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL);
2. analyse de la demande actuelle de GNL dans le contexte territorial de référence;
3. l'estimation de la future demande maritime, portuaire et intérieure de GNL et des infrastructures connexes;
4. analyse de l'offre actuelle et autorisée dans le contexte territorial de référence;
5. description du système d'infrastructure GNL de la zone du programme par rapport à l'Europe et à la Méditerranée;
6. présentation de modèles pour l'analyse, l'évaluation et la planification du réseau de transport maritime pour l'approvisionnement des dépôts côtiers de GNL;
7. analyse des solutions possibles adoptables dans le contexte ligure;
8. l'analyse de scénarios en France.

Le présent plan a été élaboré avec la contribution de tous les partenaires du projet SIGNAL, dont nous vous renvoyons aux élaborations pour les détails spécifiques.

Le projet SIGNAL ¹

Le projet SIGNAL, qui bénéficie d'un financement FEDER de 1 613 654,63 €, fait partie intégrante d'un cluster de 4 projets GNL (tous cofinancés par le programme INTERREG Italie-France Maritime) axés sur l'amélioration de la durabilité des activités portuaires et visant la création d'un espace maritime interrégional commun dans le nord de la Méditerranée, qui deviendra une référence pour le transport maritime propre dans le futur.

Les projets du Cluster sont les suivants:

- GNL FACILE,
- GNL-PROMO
- TDI RETE-GNL
- GNL SIGNAL

Les principaux objectifs des projets appartenant au Cluster, ainsi que leurs éventuels chevauchements avec le projet SIGNAL, sont résumés ci-dessous.

- **EASY LNG - LNG Integrated ACcessible Source for Efficient Logistics:** le projet vise à réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Comme le stipule la directive 2014/94/UE (directive DAFI), chaque port maritime doit disposer d'un point de ravitaillement en GNL, en mer ou à terre, fixe ou mobile. Le projet LNG-Easy vise à aider les ports de la zone de coopération à réaliser les activités suivantes:
 - priorité et test des solutions GNL à petite échelle;
 - création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des navires maritimes ou terrestres dans les ports;
 - mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles afin de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL;
 - la démonstration aux opérateurs, et pas seulement dans les ports, du fonctionnement des technologies de carburants alternatifs.

¹ Le projet SIGNAL, d'une durée de 30 mois, est financé dans le cadre du 2ème Avis Interreg Maritime ITA-FRA 1420 dans l'Axe prioritaire 3 - Améliorer la connexion des territoires et la durabilité des activités portuaires et dans le cadre de l'objectif spécifique 7C2 - Améliorer la durabilité des activités portuaires commerciales en contribuant à la réduction des émissions de carbone.

- PROMO-GNL - Étude et actions conjointes pour promouvoir l'utilisation du GNL dans les ports commerciaux:** le projet PROMO-GNL relève le défi de promouvoir et d'accélérer l'adoption du GNL dans les opérations portuaires et maritimes. L'objectif est de mettre en place un cadre coordonné d'études de faisabilité conjointes favorisant les choix pour la promotion d'une utilisation optimale du GNL comme carburant moins polluant dans les ports commerciaux de la zone de coopération. Le partenariat est représentatif des principaux acteurs publics de la zone de coopération avec le soutien de la recherche universitaire et industrielle. En outre, le projet est coordonné avec tous les autres projets GNL de la même composante maritime Italie-France. Les études de faisabilité envisagées se concentrent sur les éléments communs et les spécificités territoriales. Les actions de promotion adressées aux acteurs clés sont basées sur un cadre commun d'options optimales.
- TDI RETE-GNL - Technologies et dimensionnement des installations pour le réseau primaire de distribution de GNL dans les ports de la zone transfrontalière:** le projet vise à identifier des solutions technologiques et productives pour la distribution et le soutage de GNL dans les ports de la zone transfrontalière sur la base de normes et de procédures opérationnelles partagées. Le projet identifie l'emplacement possible des usines et des dépôts du réseau de distribution primaire, en vérifiant leurs externalités potentielles et leur durabilité économique-financière. En effet, la diffusion récente du gaz naturel liquéfié (GNL) dans les ports nécessite la mise en place d'un système d'infrastructures favorisant les logiques de corridors et l'établissement d'un réseau de distribution fiable, sûr et intégré. La création d'une telle infrastructure implique des décisions stratégiques concernant l'emplacement des installations de soutage, de stockage et de fourniture de GNL en fonction de leur taille selon une logique systémique.
- SIGNAL - Stratégies transfrontalières pour l'exploitation du gaz naturel liquéfié (GNL) -** La nature stratégique du projet découle de sa valeur interrégionale, du positionnement de la zone maritime transfrontalière IT-FR dans le nord de la Méditerranée et des retombées liées au développement de compétences intégrées pour le développement d'un système d'infrastructure commun. L'approche transfrontalière est imposée par la densité des services maritimes ayant une origine/destination dans la zone du projet et par 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 normes et de procédures technologiques communes pour le soutage du GNL et un plan d'action intégré au profit des ports. Alors que les ports de la zone du programme liés au projet TDI RETE-GNL appartiennent en grande partie à des réseaux centraux, ceux inclus dans le projet SIGNAL appartiennent à la fois à des réseaux centraux et à des réseaux complets et, de plus, ils présentent des différences cohérentes en termes de domaines de marchandises, en distinguant les terminaux de cargaison

polyvalents, les conteneurs de cargaison générale, les terminaux de vrac solide, les terminaux de vrac liquide, la construction navale, les terminaux de passagers, les marinas et "autres". Cette dernière catégorie comprend des activités qui ne sont pas homogènes du point de vue de la consommation nature/énergie, comme les activités logistiques, l'entreposage, etc.

Partenaires du projet SIGNAL

SIGNAL implique un partenariat cohérent avec les besoins du projet et avec la stratégie d'intervention et offre une couverture géographique complète des territoires de l'Espace de Coopération.

Les partenaires impliqués sont:

- Regione Autonoma della Sardegna Assessorato dell'Industria, Settore Energia ed Economia Verde, Italie (P1, chef de projet).
- Centralabs, Italie (P2).
- Office des Transports de la Corse, France (P3).
- Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, Italie (P4).
- Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale du Var, Francia (P5).
- Université de Gênes, Italie (P6).
- Région Ligurie, Italie (P7).

Objectifs du projet SIGNAL

Le projet INTERREG Italie-France Maritime "Stratégies transfrontalières pour la valorisation du Gaz Naturel Liquide" (acronyme **SIGNAL**) vise à définir un système intégré de distribution du GNL dans les cinq territoires partenaires impliqués (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse et Région PACA²), qui partagent actuellement une inadéquation par rapport à la disponibilité des ressources en GNL dans les ports et les sites de stockage et sont désireux de transformer l'opportunité offerte par le GNL en valeur ajoutée, avec l'objectif ultime de réduire les émissions polluantes produites par le secteur des transports dans la zone territoriale considérée par le projet.

² La région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) est l'une des 18 régions administratives de France, à l'extrême sud-est du continent, dont la capitale est Marseille. Elle compte une population d'environ 5 millions d'habitants et constitue la troisième région économique de France.

Grâce aux politiques d'exploitation et à une plus grande utilisation du GNL dans les zones maritimes et portuaires, le projet vise à contribuer à la réduction des émissions de CO₂ et à améliorer ainsi la durabilité des activités portuaires et commerciales.

En résumé, le projet favorise:

- a) le développement de modèles transfrontaliers pour l'optimisation du réseau maritime;
- b) la mise en œuvre de plans pour l'emplacement des zones de stockage et de distribution de gaz naturel liquide (GNL) dans les ports;
- c) l'adoption de stratégies transfrontalières pour l'utilisation et l'exploitation du GNL dans les ports de Ligurie, Sardaigne, Toscane, Corse et PACA.

L'utilisation du gaz naturel liquéfié, qui vise à améliorer la durabilité des activités portuaires et à réduire les émissions de CO₂, nécessite, d'une part, la création d'un système d'infrastructure basé sur un réseau fiable et sécurisé et, d'autre part, la prise de décisions stratégiques concernant l'emplacement des sites de stockage et d'approvisionnement en GNL.

Grâce aux trois composantes de mise en œuvre (T), le projet SIGNAL:

1. définit un Plan intégré pour la gestion de l'approvisionnement en GNL par voie maritime, à partir d'une analyse de la réglementation et de l'offre et de la demande actuelles de GNL (T1 "Plan du réseau d'approvisionnement");
2. définit un Plan de localisation des sites de stockage de GNL dans les ports de commerce de la zone de coopération, basé sur une analyse des bonnes pratiques existantes et une analyse des contextes territoriaux (T2 " Plan de localisation des sites de stockage de GNL dans les ports de commerce ");
3. définit un plan de gestion pour la distribution du GNL entre la Ligurie, la Sardaigne, la Toscane, la Corse et PACA, en commençant par une analyse des coûts et des avantages de la structure de réseau prévue.

Définition d'un système intégré pour l'utilisation du GNL

Les territoires concernés par le programme transfrontalier ont en commun l'insuffisance des ports en termes de disponibilité de services de soutage de GNL et de sites de stockage permettant de ravitailler les navires et les véhicules de transport terrestre dans les zones portuaires. Afin de développer de nouvelles infrastructures, il est utile d'effectuer une analyse de la consommation énergétique des zones dans lesquelles elles seront implantées.

Le développement de stratégies et de plans énergétiques qui envisagent l'utilisation rentable du GNL dans les zones portuaires est basé sur la quantification préventive de la consommation d'énergie, actuelle et future, et sur la définition d'hypothèses de scénarios qui incluent l'intégration et le remplacement partiel ou total des sources d'énergie primaire actuelles par une économie basée sur l'exploitation de la disponibilité du GNL dans le port ou dans les zones voisines.

Une des raisons qui justifie ce type d'étude est liée au caractère aléatoire et discontinu, que l'on peut imaginer lié à la demande de services de soutage de GNL, qui conduirait à surdimensionner l'infrastructure qui lui est dédiée et, en même temps, à fonctionner avec un faible coefficient d'utilisation dans le temps. Dans ces cas, il est possible d'amortir l'effet produit par un seul utilisateur, très discontinu, en l'insérant dans un réseau plus large d'utilisateurs qui peuvent exploiter l'offre dans les périodes de temps restantes.

Le projet SIGNAL veut répondre à ces lacunes par le développement de plans et de stratégies capables de soutenir la mise en œuvre de la directive européenne 2012/33 UE, et en même temps d'aider les territoires caractérisés par des réseaux de méthanisation limités ou absents et de transformer l'opportunité offerte par le GNL pour réduire les émissions polluantes produites par le secteur industriel et des transports dans les territoires insulaires concernés par l'intervention.

En effet, il est clair que limiter la définition des plans et de la stratégie commune aux seules zones et activités portuaires, sans envisager une perspective de système intégré qui inclut la planification d'autres utilisations industrielles et civiles qui affectent les territoires transfrontaliers, avec une référence spécifique aux systèmes insulaires, est limitatif et peu stratégique pour soutenir la réalisation des objectifs économiques, environnementaux et sociaux définis dans la stratégie "Europe 2020".

Conformément à la " Stratégie de l'UE pour le gaz naturel liquéfié (COM 2016/49) ", et aux engagements pris au niveau international lors de la Conférence de Paris sur le climat, le projet SIGNAL prévoit la définition de plans et de stratégies communes pour l'utilisation du GNL dans les ports et la navigation maritime, ainsi que pour d'autres usages civils et industriels. De cette façon, le projet pourra aider à la mise en œuvre et à la capitalisation du "principe directeur" de la politique européenne de cohésion, qui consiste à activer les

processus de coopération entre les territoires pour aider à l'amélioration de leur connexion et à la durabilité des activités portuaires dans les régions les plus défavorisées.

L'élément innovant du projet est identifié dans l'approche méthodologique pour la définition des plans et des stratégies, ainsi que dans le rôle attribué aux ports commerciaux en tant que plaques tournantes pour l'exploitation du GNL:

- les ports en tant que points du réseau maritime d'approvisionnement en GNL;
- les ports comme lieu de stockage et d'utilisation directe du GNL;
- les ports en tant que "nœuds" et passerelles pour l'utilisation du GNL dans les zones intérieures (ce profil est particulièrement pertinent pour la Sardaigne, car elle ne dispose pas d'un réseau de distribution généralisée du gaz méthane sur l'ensemble du territoire).

Dans la zone de coopération transfrontalière, la planification d'un système d'installations de stockage et de regazéification dans les ports et les zones côtières sera la base du développement stratégique du système de distribution et de l'utilisation du GNL.

1 Avitaillement et transport de GNL: solutions technologiques disponibles et cadre réglementaire dans la zone de référence

Le gaz naturel liquéfié (GNL) devient de plus en plus important en tant que carburant alternatif dans les ports, sur terre et pour alimenter des systèmes localisés de production de chaleur et d'électricité.

Le transport de gaz naturel sous forme liquéfiée a entraîné une transformation du marché de l'approvisionnement, augmentant les possibilités de diversification et générant des conditions géopolitiques de plus grande stabilité du marché.

Les pays producteurs seront rejoints par de nouveaux dépôts centraux côtiers dans un cadre que les fournisseurs sont en train d'élargir.

La distribution du GNL, à l'heure actuelle, est entièrement basée sur la libre concurrence entre les fournisseurs et les acheteurs qui régulent leur propre approvisionnement par une approche individualiste.

Chaque dépôt côtier ou installation de regazéification conclut directement le prix avec le distributeur de GNL. Le réseau de distribution est constitué de services directs O/D dédiés. Le réseau de distribution et la logistique qui en découle sont coûteux et inefficaces, notamment dans les cas où le dépôt est très éloigné de la zone des ports à desservir.

Le coût de la matière première doit également être associé au coût environnemental généré par un système maritime qui, globalement, consomme beaucoup plus de carburant que ce qui est nécessaire pour distribuer le GNL.

Le marché et les négociations avec les producteurs sont affectés par cette organisation.

L'objectif est de créer un réseau de distribution dans lequel les ports se coordonnent entre eux en utilisant des services de distribution dans lesquels un navire peut desservir plusieurs ports, le long de son itinéraire, sans revenir au dépôt du fournisseur.

Cela réduirait les coûts de distribution et offrirait également une plus grande marge de négociation sur le prix de vente à la source.

Le réseau de distribution des dépôts côtiers, conçu en termes de système, aura la double valeur de constituer à la fois l'élément fondamental pour l'approvisionnement des navires, afin d'encourager la construction de nouveaux navires ou la conversion de ceux actuellement en service vers l'adoption de systèmes de propulsion au GNL, et le premier noyau fondamental du réseau de distribution du GNL pour les véhicules routiers transportant des marchandises.

1.1 Avant-propos

Dans le monde entier, les principaux ports construisent des infrastructures dédiées au soutage et au stockage du GNL. Au niveau européen, dans le cadre des réseaux TEN-T, les ports deviennent de plus en plus déterminants dans le développement et l'implantation de carburants moins polluants (comme le GNL). En effet, d'ici 2025, ils devront prévoir la création d'un réseau pour le gaz naturel liquéfié qui assurera la continuité de l'approvisionnement en GNL des navires, des véhicules et des véhicules portuaires, tout en respectant la durabilité environnementale et économique. En effet, les ports sont amenés à faire des choix stratégiques concernant le dimensionnement des installations et l'utilisation de solutions spécifiques capables de favoriser la pénétration de ces combustibles.

Dans le cadre des projets Interreg maritimes ITA-FRA, le projet SIGNAL (Cross-border Strategies for the Valorisation of Liquid Natural Gas) concerne la définition d'un système intégré de distribution de GNL dans les 5 territoires partenaires impliqués, qui partagent l'inadéquation des ports dans la disponibilité des ressources en GNL et des sites de stockage permettant d'approvisionner les navires et les moyens de transport. L'objectif général est d'aborder ces questions critiques à travers le développement de plans et de stratégies pour soutenir la mise en œuvre de la directive 2012/33UE et également d'aider les territoires caractérisés par des réseaux de méthanisation limités ou absents à transformer l'opportunité offerte par le GNL en valeur ajoutée pour réduire les émissions polluantes produites par les secteurs de l'industrie et du transport des territoires impliqués dans le projet. Dans ce contexte, le projet vise à développer:

- un modèle d'optimisation du réseau maritime pour l'approvisionnement en GNL dans les cinq territoires concernés;
- un modèle pour la localisation des sites de stockage dans les ports de destination;
- un modèle de distribution interne dans les territoires des zones les plus faibles concernées.

Dans le cadre de SIGNAL, les activités seront développées de manière synergique et participative dans le but d'exploiter le potentiel des territoires individuels au profit d'un système intégré plus complexe et efficace impliquant toute la zone de coopération. Dans ce contexte, l'approche méthodologique utilisée dans le projet SIGNAL consiste à définir des plans et des stratégies, en attribuant aux ports le rôle de hubs pour l'exploitation et l'utilisation du GNL. En effet, les ports sont des lieux de ravitaillement des transports maritimes et terrestres; des lieux de stockage et d'utilisation directe du GNL; des portes d'entrée pour la distribution du GNL sur le territoire. SIGNAL représente un élément de communication entre les 5 territoires impliqués afin de réaliser un système intégré pour l'approvisionnement, le stockage et la distribution de GNL sur le territoire, qui soit efficace et compétitif, et qui garantisse des avantages économiques à toute la zone de coopération,

en améliorant la durabilité environnementale des activités portuaires commerciales à travers la réduction des émissions de CO₂ grâce à l'utilisation accrue du GNL.

La diffusion du gaz naturel liquéfié (GNL) dans les ports nécessite, en effet, la mise en place d'un système d'infrastructures favorisant les logiques de corridor et l'établissement d'un réseau de distribution fiable, sûr et intégré.

La construction d'infrastructures portuaires implique des décisions stratégiques concernant l'optimisation du réseau d'approvisionnement et de distribution de GNL en mer, un plan d'implantation des installations de stockage, de soutage et d'approvisionnement en GNL, et la définition d'un modèle optimal de distribution terrestre dans les territoires dépourvus de réseaux méthaniers. Dans ce document, qui représente la composante T1 du formulaire de projet, une première *analyse de la demande et des principales conditions d'offre au niveau actuel/prospectif des zones de coopération identifiées* sera développée.

1.2 Principales étapes et caractéristiques de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL)

Dans les chapitres suivants, l'attention sera portée sur l'*analyse de la demande actuelle et future de GNL dans le contexte territorial de référence* et sur les *systèmes de fourniture de services maritimes de la chaîne d'approvisionnement en GNL* dans la zone de coopération. À cet égard, les principales caractéristiques et phases de la chaîne d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL) seront décrites. La chaîne d'approvisionnement peut être divisée en cinq phases principales:

- l'extraction et la production de gaz;
- la liquéfaction;
- le transport de GNL;
- la regazéification;
- la logistique de distribution du GNL.

Chacune de ces phases est rendue possible par une série d'éléments et d'installations qui permettent la gestion du GNL en fonction de besoins spécifiques. Selon la classification proposée par le GIE (Gas Infrastructure Europe), les principaux éléments de la gestion du gaz sont les suivants:

- Terminal d'importation de GNL;
- Usine de liquéfaction de GNL / station de liquéfaction;
- Installation de soutage de GNL pour les navires / navire de chargement de carburant (à terre);
- Navire ravitailleur de GNL (off-shore);

- Station de ravitaillement en GNL pour les camions / route de chargement du carburant;
- Stockages satellites de GNL;
- Installations de GNL à petite échelle.

En ce qui concerne le cas spécifique des solutions de soutage du GNL, quatre configurations principales peuvent être identifiées, à savoir:

- Configuration Truck to Ship (TTS);
- Configuration de type Ship to Ship (STS);
- Configuration du terminal au navire (TPS);
- Configuration des réservoirs de carburant mobiles.

1.2.1 Configuration Truck to Ship (TTS)

La configuration de soutage du GNL définie comme "*Truck-to-Ship*" (TTS) prévoit que le soutage du navire est effectué par l'utilisation d'un camion-citerne ou d'un navire-citerne utilisé pour le stockage et le transport du GNL. D'un point de vue opérationnel, le camion-citerne est positionné sur le quai à l'endroit préétabli pour le ravitaillement, conformément aux procédures de sécurité. Ensuite, des tuyaux flexibles d'un diamètre compris entre 2 et 4 pouces (environ 5 et 10 cm, respectivement) sont reliés du camion aux réservoirs du navire, soutenus par une instrumentation spécifique conçue pour assurer la stabilité de la connexion et la sécurité des opérations (Bunkering of liquefied Natural Gas fuelled Marine Vessels in North America, 2014). En alternative, il est possible d'utiliser un pipeline avec lequel, comme dans le cas précédent, le camion-citerne est équipé, bien que pour des raisons de sécurité et de rapidité des opérations, la première solution soit préférée par des connexions directes. Le transfert du GNL s'effectue à l'aide d'une pompe installée sur le camion-citerne ou fixée à l'extérieur du camion-citerne au moment du ravitaillement, si ce dernier n'en est pas équipé. Une fois les opérations de soutage terminées, le camion ou le camion-citerne quitte le quai et se dirige vers les installations de stockage de GNL situées dans la zone la plus proche du port, afin de remplir les réservoirs pour un nouveau cycle de soutage. Contrairement aux opérations de ravitaillement effectuées à quai avec les équipements dont sont dotés les véhicules terrestres eux-mêmes, les réservoirs des camions et des camions-citernes sont remplis à l'aide des tuyaux flexibles de l'usine de stockage de GNL. Cette procédure accélère et simplifie le ravitaillement, bien qu'une surveillance constante de la température des réservoirs soit nécessaire afin d'éviter que le GNL ne s'évapore une fois transféré.

1.2.2 Configuration Ship to Ship (STS)

La configuration "*Ship-to-Ship*" (STS) implique l'utilisation de barges ou de petits navires (définis comme des allèges) pour effectuer les opérations de soutage du GNL. Les procédures d'avitaillement sont effectuées tant au large qu'à l'intérieur des eaux du port, dans des zones protégées des agents atmosphériques. En particulier, les unités de soutage navales travaillent à côté des navires à souder et effectuent le transfert de GNL à l'aide de tuyaux flexibles et de systèmes de pompage dont elles sont équipées. La configuration STS est actuellement utilisée en Suède, où le ferry "Viking Grace" est ravitaillé quotidiennement par la barge "Seagas" (dont les réservoirs ont une capacité de 187 m³), et en Norvège, où le méthanier "Pioneer Knutsen" a été convenablement équipé pour effectuer des opérations de soutage. En ce qui concerne le premier cas, il convient de noter la particularité du système utilisé, conçu par Linde, qui permet d'éliminer le tuyau de retour de la vapeur pour compenser la variation de pression dans la cuve du navire de soute, qui est au contraire gérée par un vaporisateur d'eau.

Un autre trait distinctif de cette technologie est l'absence d'un système de pompage du GNL. En effet, le transfert s'effectue en exploitant la pression du réservoir dans la cuve d'alimentation, ce qui implique toutefois la nécessité de maintenir des valeurs de pression allant jusqu'à 15 bars.

1.2.3 Configuration Port to Ship, Terminal to Ship e pipelines (PTS)

La configuration "*Terminal-to-Ship*", qui peut également être décrite en détail comme "*Pipeline-to-Ship*" (PTS), dans le cas où le navire est ravitaillé par des pipelines, consiste à installer une station de ravitaillement en GNL à terre (sur un quai ou une jetée dédiée), où les navires, une fois à quai, se ravitaillent. Ces opérations nécessitent l'utilisation de tuyaux rigides pour accélérer le transfert du carburant. Des tuyaux flexibles sont également utilisés dans la partie finale de la connexion avec le navire afin de garantir un certain degré d'adaptabilité et de flexibilité de l'installation de ravitaillement. De cette façon, l'usine peut servir différents types de navires sans avoir à modifier sa disposition.

Le réservoir de stockage du GNL est situé dans la station de soutage du quai et peut être soit de grande taille (à la pression atmosphérique), soit plus petit dans le cas des réservoirs pressurisés. Comme décrit précédemment, la configuration TPS exige que le navire soit amarré au quai où se trouve la station ou l'installation de soutage. Toutefois, des solutions alternatives ont été conçues: en utilisant un ponton flottant, sur lequel est positionné un réservoir de stockage de GNL, relié à l'usine à terre par des canalisations spéciales, le navire peut également se ravitailler à une certaine distance du quai.

Cette option nécessite le développement d'un appareil d'infrastructure pour garantir que les mouvements de la plate-forme flottante, par exemple en raison du mouvement des vagues et des intempéries, n'endommagent pas l'équipement utilisé pour le transfert.

1.2.4 Configuration Mobile Fuel Tanks

La configuration technologique " *Mobile Fuel Tank*" prévoit l'utilisation de réservoirs mobiles pour le ravitaillement en GNL. Il s'agit de réservoirs cryogéniques ou de conteneurs ISO avec une isolation à double paroi ou une isolation en polyuréthane à simple paroi, utilisés comme stockage temporaire de carburant: lorsque la demande se fait sentir, ces réservoirs sont transportés vers les quais du port pour ravitailler les navires. La particularité de cette configuration réside dans la possibilité de déplacer les réservoirs de carburant d'un endroit à l'autre en utilisant des moyens mécaniques simples, des sellettes ou des camions. Par conséquent, le *mobile fuel tank* est configuré comme une solution très flexible du point de vue opérationnel car il permet de moduler rapidement l'approvisionnement en fonction de la demande de GNL manifestée. Cependant, les volumes globaux de carburant gérés sont plutôt faibles car ils sont liés à la capacité limitée des réservoirs individuels utilisés pour le soutage.

Dans cette perspective, la quantité de GNL que cette configuration peut manipuler dépend du nombre de réservoirs manipulés et utilisés pour chaque service de soutage individuel. Cela implique que la solution des *mobile fuel tank* est plus adaptée aux petits approvisionnements, bien que l'évolutivité de la technologie permette également de répondre à une demande plus importante, en utilisant un nombre croissant de réservoirs.

Une fois le réservoir de GNL arrivé sur le quai, à proximité du navire, les opérations de soutage sont effectuées par un tuyau isolé reliant le réservoir aux cuves du navire. Les procédures sont similaires à celles déjà analysées pour la configuration TTS: les conteneurs ISO sont généralement déjà équipés pour effectuer la connexion et pomper le carburant dans les réservoirs du navire.

Parmi les questions les plus importantes à prendre en compte dans le cadre du ravitaillement en gaz naturel liquéfié (GNL) figurent les composants des systèmes d'alimentation en carburant, tant du point de vue technique que réglementaire. Il est particulièrement important que non seulement les normes technologiques soient assurées pour garantir la sécurité des opérations, mais aussi que les normes et les exigences soient harmonisées.

En effet, à ce stade, des divergences potentielles en matière de formation, des incompatibilités d'équipement et d'autres facteurs peuvent apparaître et affecter considérablement la sécurité et endommager l'environnement avec les rejets de méthane. La réduction des risques pour la vie et la propriété et l'atténuation des rejets de gaz sont des facteurs clés pour rendre la chaîne du GNL dans les ports aussi transparente et simple que possible.

En fonction de la combinaison de solutions aux problèmes ci-dessus, différents instruments réglementaires (nationaux, régionaux ou internationaux) doivent être utilisés.

L'identification des exigences potentiellement conflictuelles sera également pertinente pour l'élaboration de lignes directrices afin de pouvoir résoudre ces conflits en clarifiant, rationalisant et identifiant les procédures appropriées.

En ce qui concerne les options d'avitaillement, il est possible de détailler comment les différentes alternatives affectent les opérations d'avitaillement dans le port, quels aspects sont les plus difficiles pour les autorités portuaires et en quoi ils pourraient affecter les plans directeurs du port.

1.3 Cadre réglementaire de référence

Le cadre réglementaire de référence au niveau international, communautaire³ et national impose des contraintes juridiques importantes sur le choix des solutions technologiques à adopter et constitue le moteur fondamental des tendances qui caractérisent le secteur, compte tenu également des piliers envisagés dans le cadre de développement stratégique pour les énergies et carburants de substitution. Il est schématisé dans la Figure 1 suivante.

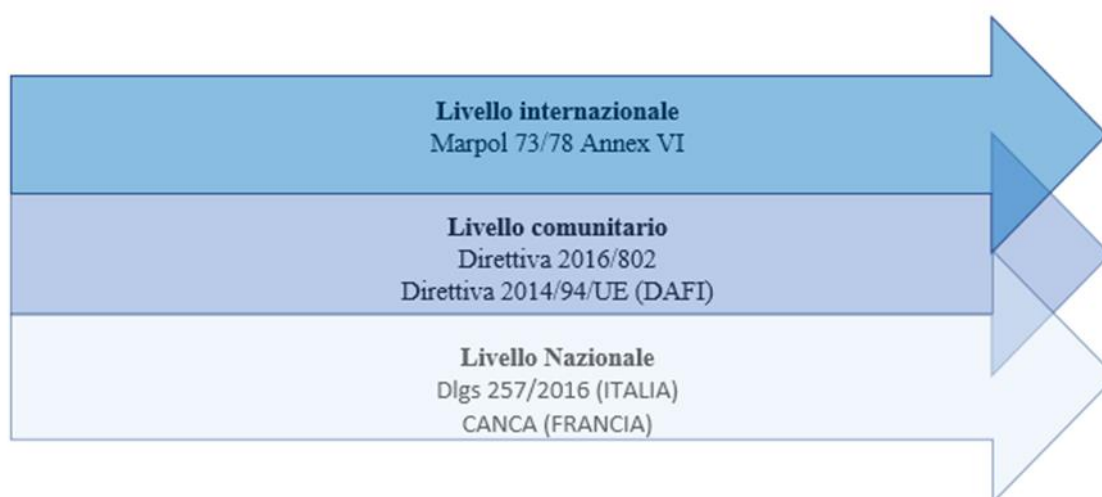


Figure 1 - Sources juridiques dans la zone de coopération du programme maritime Interreg pour l'utilisation des énergies durables

Dans la zone d'objectif du programme INTERREG Maritime, qui concerne à la fois les territoires italiens et français, la discipline nationale de transposition des directives européennes apparaît, au moins en partie, différente. En effet, l'Italie a transposé la directive DAFI avec le décret législatif 257/2016 "Règlement d'application de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014", sur la mise en place d'une infrastructure pour les carburants alternatifs "tandis que la France s'est adaptée à la

³ Pour le cadre réglementaire international et européen, voir le document "Lignes directrices".

disposition communautaire courant 2016 avec le décret n° 2017-1673 du 8 décembre 2017, "Cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures correspondantes" (CANCA).

Ainsi, à l'heure actuelle, en ce qui concerne les territoires inclus dans la zone de coopération du programme, des éléments de convergence et des profils de non-homogénéité coexistent sous le profil réglementaire, mais surtout en référence aux profils de planification nationale et de programmation stratégique. Cela est dû, au moins en partie, aux différentes interprétations données par les législateurs italiens et français dans leurs cadres stratégiques nationaux respectifs concernant l'approche différente utilisée pour l'estimation et le développement des réseaux de distribution de carburants alternatifs.

De manière générale, on peut noter que le nouveau paysage réglementaire en cours de définition évolue parallèlement à un marché où le GNL est utilisé comme carburant marin. De plus en plus de navires neufs fonctionnant au GNL, principalement des ferries Ro-Ro et Ro-Pax effectuant des trajets courts, et des navires de croisière, utilisent ce carburant. D'autre part, les ports européens investissent d'importantes dépenses d'investissement (CAPEX) dans leur capacité de soutage du GNL avec l'expansion prévue des installations de manutention et de stockage du GNL au-delà de 2020.

Les paragraphes suivants fournissent un résumé de la législation de référence dans les contextes italien et français: la législation italienne est basée sur le décret législatif du 3 avril 2006, qui met en œuvre la délégation conférée au gouvernement par la loi n° 308 de 2004 pour la réorganisation, la coordination et l'intégration de la législation environnementale. Ensuite, toujours en tenant compte des lois et prescriptions italiennes, les procédures environnementales ont été décrites à la fois au niveau national et spécifique à chaque région, y compris les procédures d'évaluation environnementale stratégique (VAS), d'évaluation de l'impact environnemental (VIA) et d'autorisation environnementale intégrée (IPPC). Concernant la réglementation française, le code de l'environnement et la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont pris en compte, en fonction de la capacité de l'installation.

Pour les exigences minimales que doivent avoir les zones territoriales, les infrastructures industrielles, civiles et de mobilité afin d'éviter et de contrôler les interférences qui peuvent être générées par les interventions, il convient de se référer au document *T2.1.1 Plan de distribution intégrée de GNL - Plan de localisation des sites de stockage de GNL dans les ports commerciaux*.

Dans le document susmentionné, étant donné qu'il traite des interventions dans un contexte portuaire (et en tout cas urbain), toutes les prescriptions existantes relatives aux Plans Municipaux ou aux Plans Portuaires d'un niveau urbanistique ont été évaluées. En fait, en ce qui concerne les ports italiens, des plans réglementaires ont été pris en considération, tant au niveau général (plan réglementaire général municipal ou plans de zone étendue)

qu'au niveau de la mise en œuvre (plans structurels ou autres plans sectoriels), tant à l'échelle municipale que portuaire (plans réglementaires portuaires).

1.3.1 Législation nationale en Italie

En cohérence avec les indications et les prescriptions données par l'Europe, l'Italie a assumé dans son cadre de planification de référence, entre autres, deux éléments significatifs qui ont constitué une référence importante également pour le développement du programme de travail du projet SIGNAL. Ils le sont:

- le renforcement de la durabilité sociale et environnementale, de l'efficacité et de la sécurité du système énergétique (avec des effets sur l'emploi);
- les approvisionnements extérieurs en produits pétroliers, en pétrole raffiné et en gaz: modification de la dépendance vis-à-vis des pays à risque géopolitique par la diversification des fournisseurs.

Les stratégies suivantes sont recommandées pour atteindre ces objectifs:

- utilisation de nouvelles technologies et de nouveaux actifs dans le secteur de l'énergie électrique: utilisation croissante du gaz naturel pour produire de l'énergie électrique, en plus des secteurs industriel et résidentiel. Cela est également dû à la présence des énergies renouvelables, qui nécessiteront de nouvelles visions et une diversification des sources d'approvisionnement;
- la pénétration accrue des énergies renouvelables;
- la sécurité des réseaux d'approvisionnement et de distribution du gaz.

Plus précisément, la directive 2014/94/UE a été transposée en Italie avec le **décret législatif n° 257 du 16 décembre 2016** "Règlement d'application de la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur l'établissement d'une infrastructure pour les carburants alternatifs". Afin de réduire la dépendance au pétrole et d'atténuer l'impact environnemental dans le secteur des transports. Le décret législatif 257/2016 établit les exigences minimales pour la construction d'infrastructures de carburants alternatifs, y compris les points de charge pour les véhicules électriques et les points de ravitaillement en gaz naturel liquéfié et comprimé, en hydrogène et en gaz de pétrole liquéfié, à mettre en œuvre par le biais du cadre stratégique national (CSN).

Le **QSN**, visé à l'annexe III, conformément aux dispositions de l'article 6 de la directive, pour le développement du marché des carburants de substitution dans le secteur des transports et la mise en place de l'infrastructure correspondante prévoit les éléments suivants:

- une évaluation de l'état actuel et des développements futurs du marché des carburants de substitution dans le secteur des transports;

- des objectifs nationaux pour le déploiement d'infrastructures de carburants de substitution;
- l'évaluation de la nécessité d'installer des points de ravitaillement en GNL dans des ports situés en dehors du réseau central du TEN-T;
- évaluation de la nécessité d'installer dans les aéroports des systèmes d'alimentation en électricité destinés à être utilisés par les avions stationnaires.

Le document est divisé en plusieurs sections:

- a. "fourniture d'électricité pour le transport";
- b. "fourniture d'hydrogène pour le transport routier";
- c. "fourniture de gaz naturel pour le transport et d'autres utilisations";
- d. "fourniture de gaz de pétrole liquéfié - GPL pour le transport".

En particulier, la première sous-section du point c fait état de la "fourniture de gaz naturel liquéfié (GNL) pour la navigation maritime et intérieure, le transport routier et d'autres utilisations". Après avoir rappelé les politiques européennes dans le secteur des transports et quelques caractéristiques technologiques du GNL, il décrit certains aspects du marché international et donne un aperçu des principales expériences de GNL à Small Scale LNG (SSLNG). L'analyse de ces expériences permet de mettre en évidence les principaux facteurs de réussite:

- la disponibilité de normes techniques applicables à la construction de navires à gaz;
- disponibilité de procédures d'autorisation claires pour la construction et l'exploitation d'infrastructures terrestres de ravitaillement en carburant (que ce soit de terminal à navire, de navire-citerne à navire, de navire à navire);
- la disponibilité d'installations de stockage de GNL sur le territoire;
- choix d'une technologie pour les applications de transfert de combustible de navire à navire et de navire à terre et de navire à terre qui garantit la sécurité à toutes les étapes du processus, du stockage au soutage et du stockage à bord à l'utilisation finale;
- la viabilité financière des projets et la viabilité économique, sociale et environnementale du système GNL;
- l'acceptation sociale du GNL et des infrastructures connexes.

La simplification des processus d'autorisation, l'existence de mécanismes d'incitation et d'allégement fiscal et la disponibilité de normes réglementaires et de sécurité sont donc reconnus comme étant d'une importance fondamentale.

Le cadre stratégique national fournit également le cadre de dimensionnement du réseau de stations de ravitaillement.

On suppose que d'ici **2030**, l'**infrastructure sera développée de manière à** couvrir un volume de marché mondial de 3,2 Mton (4 Mtoe), caractérisé comme suit:

- 5 dépôts côtiers de GNL de 30 000 à 50 000 m³;
- 3 navires de cabotage de 25 000 à 30 000 m³;
- 4 briquets;
- environ 800 stations-service GNL, y compris avec du GNL.

Les principaux facteurs critiques peuvent être identifiés comme suit:

- existence d'une législation sur les petits et moyens terminaux côtiers;
- la disponibilité de zones bien situées dans les zones industrielles;
- les coûts de mise en œuvre;
- la propension des opérateurs industriels à investir dans les infrastructures de GNSS;
- confiance dans la permanence du cadre fiscal actuel pour les combustibles gazeux;
- emplacement rationnel des distributeurs de GNL et de L-CNG;
- les synergies entre différents systèmes modaux et opérationnels (par exemple, les villages de fret: option rail + route; option distributeurs publics-privés);
- l'augmentation des modèles de véhicules proposés sur le marché.

En ce qui concerne le **réseau de ravitaillement en GNL à usage automobile**, le QSN rappelle l'obligation de la directive DAFI de garantir un nombre adéquat de points de ravitaillement en GNL accessibles au public au moins le long du réseau central du TEN-T d'ici le 31/12/2025 et l'hypothèse d'une autonomie minimale pour les véhicules lourds au GNL d'environ 400 km.

Selon ces hypothèses, considérant qu'en Italie le réseau TEN-T compte environ 3 300 km, on suppose que le développement du réseau de distribution de premier niveau n'est pas inférieur à 10 points de vente, à doubler pour garantir un niveau de service adéquat. Le développement du réseau est toutefois soumis à des décisions commerciales, qui dépendent de facteurs tant techniques qu'économiques.

En ce qui concerne le **réseau de distribution du GNL dans le secteur maritime et portuaire**, la NSF souligne que le développement de l'ensemble de la chaîne du GNL en termes d'approvisionnement, de stockage, de distribution primaire et secondaire nécessite l'analyse d'un certain nombre de facteurs:

- le type de trafic: les services réguliers, en particulier les services point à point dans lesquels un navire fait escale à intervalles rapprochés dans un même port, présentent un avantage pour l'utilisation du GNL (la distance entre deux ports influe en effet sur la préférence pour le GNL car elle affecte l'autonomie du navire), ainsi que les services effectués dans les ports tels que le remorquage et le soutage (bien que dans une moindre mesure car ils sont moins continus);
- l'âge du navire: à mesure que le navire vieillit, il peut être préférable de le remplacer plutôt que de l'adapter aux nouvelles réglementations, ce qui peut ne pas être rentable;
- zone de trafic: certaines zones, comme les ports adjacents à des zones densément peuplées et déjà fortement polluées, peuvent être plus sensibles socialement aux niveaux d'émission.

Le QSN suppose deux scénarios possibles concernant la demande de GNL à usage maritime, l'un à court terme et l'autre à moyen et long terme. Dans le premier cas (jusqu'en 2020), la demande de GNL pourrait être assez limitée, tant quantitativement que géographiquement, et se situer dans des zones où le trafic de passagers est important, avec des distances courtes et des itinéraires et des ports d'escale définis (puisque la quantité de carburant nécessaire est faible et que le point de ravitaillement est facilement identifiable). En particulier, les points de ravitaillement en GNL devraient à ce stade être également adaptés à la desserte du trafic routier lourd transitant à proximité du port maritime.

Dans le scénario à moyen/long terme (à partir de 2020), on pourrait assister à des dynamiques qui ne sont plus liées uniquement à la demande nationale et à un type spécifique de navigation; d'où la nécessité de simplifier les procédures pour la construction d'installations de petite taille et la modernisation des infrastructures existantes (par exemple, les terminaux de regazéification en mer).

Pour ce qui est de proposer des réseaux nationaux, la nécessité est double:

- mettre en place un réseau tenant compte des différentes solutions intermodales pour le ravitaillement des navires (c'est-à-dire "navire à navire", "terre à navire", "camion à navire" et chargement/déchargement de citernes mobiles);
- créer des réseaux de petite taille géographique qui, sur la base de normes communes, peuvent contribuer à la formation d'un réseau national qui, à son tour, s'interface avec le paysage international du GNL.

Une hypothèse de ce type peut être identifiée dans les trois macro-zones: mer Tyrrhénienne et mer Ligure, mer d'Italie du Sud et mer Adriatique. Ils pourraient faire partie d'un réseau national de distribution de GNL composé de ports du réseau RTE-T et d'autres ports qui pourraient contribuer à compléter le réseau d'approvisionnement (éventuellement en

desservant également le transport routier lourd lorsque les connexions routières le permettent).

Une **estimation de la demande de GNL pour le transport maritime** est également réalisée pour les ports "Core" des trois macro-zones décrites ci-dessus, qui couvrent le principal réseau RTE-T et exploitent les terminaux GNL présents sur le territoire (FSRU en Toscane, terminal GNL à Panigaglia⁴). Pour l'estimation présentée dans le Tableau 1 suppose que 25% (en raison de considérations de marché, de l'âge des navires, de la présence éventuelle de nouveaux navires alimentés au GNL) est la valeur théorique maximale de l'avitaillement en 2025.

En détail, les ports identifiés sont les suivants:

- par le couloir méditerranéen, les principaux ports de Livourne, La Spezia, Naples, Palerme, Bari, Tarente, Gioia Tauro;
- par le couloir Rhin-Alpes, le port principal de **Gênes**;
- par le corridor Baltique-Adriatique, les principaux ports de **Venise, Ravenne, Ancône et Trieste**.

Parmi ceux-ci, six appartiennent à la zone franco-italienne (Gioia Tauro, Livourne, Palerme, Naples, La Spezia, Gênes).

CORE PORTS	Max theoretical value of LNG consumption m ³ /year	% Maximum Bunkering Potential	Potential LNG Bunkering Demand 2025 (m ³ /year)
GENOVA	1.295.803	25%	323.951
LIVORNO	816.237	25%	204.059
NAPOLI	700.786	25%	175.196
ANCONA	688.438	25%	172.109
PALERMO	654.691	25%	163.673
TRIESTE	622.262	25%	155.566
VENEZIA	584.914	25%	146.229
RAVENNA	502.535	25%	125.634
LA SPEZIA	365.464	25%	91.366
GIOIA TAURO	315.606	25%	78.901
BARI	152.418	25%	38.104
TARANTO	43.946	25%	10.987

Tableau 1 - Estimation de la demande de GNL pour le transport maritime - Projet COSTA

Du point de vue de la question de la **sécurité du stockage et de la distribution**, afin d'assurer une croissance cohérente du secteur, il est nécessaire de prendre en compte à la fois le cadre réglementaire spécifique existant et les aspects liés à la diffusion d'une éducation, d'une information et d'une formation appropriées du personnel impliqué dans

⁴ Selon le GIE, le terminal GNL de Panigaglia a terminé l'étude de faisabilité pour les services à petite échelle et le chargement des camions. La décision finale d'investissement est attendue pour la fin de 2020.

l'exploitation et la maintenance des installations de stockage de GNL, ainsi que des personnes qui l'utilisent, par exemple, comme carburant.

L'acceptabilité sociale des infrastructures énergétiques de la part des communautés locales et de l'opinion publique est également un facteur qui conditionne leur mise en œuvre: cela détermine qu'une éventuelle utilisation préventive des outils de communication et de participation, même lorsqu'elle n'est pas prévue par les réglementations de protection de l'environnement, peut être un soutien dans le développement de la chaîne d'approvisionnement en GNL pour les utilisations finales.

Du point de vue de l'acceptabilité sociale, la principale question sur laquelle il faut concentrer les activités de communication préventive est celle du risque accidentel lié à la dynamique du conflit environnemental relatif aux procédures d'autorisation des terminaux de regazéification du GNL. Toujours à cet égard, le ministère du développement économique a l'intention d'activer un site web consacré à la chaîne d'approvisionnement du GNL afin de garantir une information correcte sur le produit et les infrastructures de stockage et de distribution.

En ce qui concerne le **marché potentiel du GNL**, le QSN fournit également quelques prévisions (Tableau 2) sur le développement du marché du GNL à petite échelle à travers des scénarios à 2020, 2025 et 2030, élaborés sur la base d'études déjà réalisées par les opérateurs du secteur, à partir desquelles il est possible de déduire la contribution significative du GNL à court et moyen terme pour le transport routier et maritime.

Applicazione	Previsioni 2020	Previsioni 2025	Previsioni 2030	Note
Impianti di stoccaggio (primari) di GNL presso terminali di rigassificazione e/o terminali di ricezione	3	4	5	depositi da 30.000-50.000 mc
Impianti di stoccaggio (secondari) di GNL	5	15	30	per una taglia da 1.500 mc liquidi fino a 10.000 mc liquidi
Impianti di rifornimento di metano integrati con GNL	2%	10%	800	
Mezzi di trasporto pesante su strada a GNL. Veicoli nuovi		0	12-15% (ovvero 30.000 - 35.000 mezzi)	percentuale sul parco circolante sia mono fuel che dual fuel
Domanda di GNL per trasporto pesante (tonnellate/anno)	400.000	1.250.000	2.500.000	
Domanda di GNL per trasporto leggero L-CNG (tonnellate/anno) - MIN			500.000	
Domanda di GNL per trasporto leggero L-CNG (tonnellate/anno) - MAX			1.000.000	
Domanda di GNL nel mercato OFF-GRID (tonnellate/anno)			Industria: 1.000.000 - 2.000.000 Civile: 300.000 - 600.000	
domanda GNL busker (tonnellate)		800.000	1.000.000	
Mezzi navali alimentati a GNL di nuova costruzione	2	20	35	
Conversione di mezzi navali alimentati a GNL	5	20	25	
Punti di carico per i veicoli sistemi di GNL	5	7	10	
Numero di punti di rifornimento per il GNL accessibili al pubblico almeno lungo la rete centrale della TIENT-T per assicurare la circolazione dei veicoli pesanti a GNL	3	5	7	
Punti di rifornimento del GNL per le navi che operano nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna	10	12	20	

Tableau 2 - Prévisions d'installation pour 2020, 2025 et 2030

Du point de vue du **marché potentiel du transport routier de marchandises** au GNL, on a développé un modèle⁵ qui quantifie et localise le nombre de trajets pouvant être effectués avec des véhicules fonctionnant au GNL. Ce modèle montre qu'environ un quart du nombre total de trajets sur le réseau routier primaire italien (soit 311 300 trajets/jour) pour le transport de marchandises peut être effectué avec des véhicules fonctionnant au GNL, avec les avantages environnementaux significatifs qui en découlent en termes de réduction des émissions de polluants et de gaz à effet de serre.

Certaines considérations sont également fournies en ce qui concerne d'autres utilisations du GNL, en particulier la demande d'énergie des marchés hors réseau et le potentiel relatif de pénétration du GNL. Le GNL, en effet, peut répondre aux besoins des utilisateurs non atteints par le réseau de distribution de gaz naturel et, à cet égard, le secteur industriel est celui qui présente le plus d'intérêt compte tenu des volumes en jeu (la pénétration sur le marché domestique et le secteur tertiaire est en effet actuellement peu attractive pour le GNL dans le cas des petits et moyens utilisateurs).

Dans le cadre du marché des autres utilisations industrielles hors réseau, le développement de l'utilisation du GNL peut être favorisé par les avantages environnementaux de l'utilisation de combustibles gazeux par rapport aux combustibles solides et liquides et par les politiques de l'UE visant à décarboniser l'Europe. À l'horizon 2030, une pénétration de 20% du GNL est donc considérée comme réaliste, sans préjudice de la nécessité de préparer, même pour les utilisations hors réseau, une structure de distribution adéquate, avec des infrastructures de stockage pour une capacité estimée à environ 3,5 millions de mètres cubes de GNL.

Enfin, le QSN fait état de certains éléments d'interopérabilité au niveau européen, en soulignant comment, lorsque la construction d'une nouvelle infrastructure près des frontières l'exige, il serait opportun que les États membres coopèrent pour assurer la continuité transfrontalière des infrastructures pour les carburants alternatifs, en accordant une attention particulière aux points de ravitaillement le long des liaisons routières transfrontalières.

Le décret législatif n° 257/2016 prévoit également, conformément aux dispositions de la directive 2014/94/UE, des mesures pour la mise en œuvre et la promotion de l'infrastructure pour les carburants alternatifs. En particulier, certaines **mesures de simplification des procédures administratives** sont adoptées (titre IV).

Dans le cas des infrastructures de stockage et de transport de GNL d'intérêt national qui sont connectées au réseau de transport de gaz naturel, ces infrastructures doivent être

⁵ Le modèle repose sur certaines hypothèses spécifiques concernant le réseau routier, l'autonomie des camions GNL, la demande potentielle de déplacements, le volume du trafic national de marchandises en 2013, la présence et la distance des points de ravitaillement en GNL, etc.

considérées comme des infrastructures stratégiques et des installations d'intérêt public qui ne peuvent être différées ou urgentes, conformément au décret présidentiel n° 327 du 8 juin 2001. Les exploitants de ces installations et infrastructures sont soumis à des obligations de service public et les autorisations d'installation sont délivrées par le ministère du Développement économique (MISE), agissant de concert avec le ministère des Infrastructures et des Transports (MIT), en concertation avec les régions concernées, à l'issue d'une procédure unique menée conformément à la loi n° 241/1990.

Les dispositions relatives aux infrastructures de stockage et de transport de GNL non destinées à alimenter les réseaux de transport de gaz naturel sont distinguées en trois cas, en fonction de la capacité (C) de l'infrastructure de stockage de GNL:

1. $C \geq 200$ t: les travaux et infrastructures sont à considérer comme stratégiques et font l'objet d'une autorisation unique, délivrée par la MISE en accord avec le MIT et les régions concernées;
2. $50 \leq C < 200$ t: les ouvrages et infrastructures sont soumis à une autorisation unique délivrée par la région ou l'organisme délégué par la région;
3. $C < 50$ t: les travaux et infrastructures sont réalisés selon une procédure administrative simplifiée, qui implique la présentation à la commune d'une déclaration accompagnée d'un rapport détaillé et des documents de conception appropriés, attestant du respect des règles d'environnement, de santé et de sécurité. Est joint à cette déclaration l'avis du bureau de douane compétent sur l'aptitude du projet à respecter la réglementation en vigueur en matière d'accises. À la fin de l'exécution de l'intervention, un certificat d'inspection finale est envoyé à l'administration municipale et au bureau de douane compétent, ainsi que la déclaration de la présentation éventuelle de la variation cadastrale.

Dans le cas où la réalisation des installations et des infrastructures implique des modifications substantielles du plan directeur du système portuaire, l'autorisation unique prévue aux articles 9 et 10, après avis du Conseil supérieur des travaux publics, vaut également approbation d'une modification du plan directeur du système portuaire.

Le décret (titre V) indique également certaines mesures visant à promouvoir la diffusion de carburants alternatifs.

Il prévoit pour le transport routier, sauf en cas d'impossibilités techniques documentées, les obligations relatives aux différents types d'installations énumérées dans le Tableau 3.

TYPE DE CAS	OBLIGATION	
Construction de nouvelles usines et restructuration totale des usines de distribution de carburant existantes.	L'équipement en infrastructures de recharge électrique de forte puissance au moins rapide, ainsi que le ravitaillement en GNC ou GNL également en mode libre-service exclusif.	
Installations de distribution routière de carburant existantes au 31 décembre 2015, qui ont distribué plus de 10 millions de litres d'essence et de diesel en 2015 et situées dans les provinces de l'annexe IV (dépassement des PM10).	Déposer avant le 31 décembre 2018 un projet, afin de s'équiper d'infrastructures de recharge électrique ainsi que de distribution de GNC ou de GNL, à mettre en œuvre dans les 24 prochains mois à compter de la date de dépôt du projet.	Avant le 31 décembre 2018, les concessionnaires d'autoroutes soumettent au concédant un plan de déploiement des services de recharge électrique, GNC et GNL, garantissant un nombre suffisant de points de recharge et de ravitaillement le long du réseau autoroutier et la protection du principe de neutralité technologique des installations.
Installations de distribution de carburant en bord de route existantes au 31 décembre 2017, qui ont distribué plus de 5 millions de litres d'essence et de diesel en 2017 et situées dans les provinces de l'annexe IV (dépassement des PM10).	Soumettre avant le 31 décembre 2020 un projet visant à s'équiper d'une infrastructure de recharge électrique et de distribution de GNC ou de GNL, à mettre en œuvre dans les 24 mois suivant la date de soumission du projet.	

Tableau 3 - Résumé des dispositions de l'article 18 du décret législatif n° 257/2016.

Dans le cas du remplacement du parc de voitures, d'autobus et de véhicules d'utilité publique, les entités publiques et les filiales des provinces de l'annexe IV (soumises à des dépassements de PM10) sont également tenues d'acheter au moins 25% de véhicules fonctionnant au GNL/GNC/électriques/hybrides.

En même temps, le décret demande aux autorités locales d'adopter des mesures pour permettre aux véhicules alimentés par des carburants alternatifs de circuler dans les zones à circulation restreinte.

1.3.1.1 Résumé de la législation de référence pour la construction d'une installation côtière de stockage de GNL

Les réglementations les plus intéressantes à prendre en considération en Italie pour la construction d'un dépôt côtier sont les suivantes (par ordre d'émission):

- Loi n° 308 de 2004;
- Décret législatif n° 152 de 2006;

- Décret législatif n° 105 de 2015;
- Décret législatif n° 257 de 2016;
- Circulaire VVFF 12 septembre 2018, n° 12112.

La **loi n° 308 du 15 décembre 2004** a pour objet la "Délégation au gouvernement pour la réorganisation, la coordination et l'intégration de la législation environnementale et des mesures d'application directe". L'objectif principal et déclaré du règlement est de procéder à la réorganisation, à la coordination et à l'intégration de la législation environnementale par la promulgation de décrets législatifs et, le cas échéant, de textes uniques sur les sujets suivants:

- la gestion des déchets et la remise en état des sites contaminés;
- la protection de l'eau contre la pollution et la gestion des ressources en eau;
- la conservation des sols et la lutte contre la désertification;
- la gestion des zones protégées, la conservation et l'utilisation durable des spécimens d'espèces protégées de la flore et de la faune;
- la protection contre les dommages environnementaux;
- procédures d'évaluation des incidences sur l'environnement (VIA), d'évaluation environnementale stratégique (VAS) et de permis environnemental intégré (IPPC);
- la protection de l'air et la réduction des émissions dans l'atmosphère.

L'objectif général de la loi est donc d'identifier la meilleure façon possible de réorganiser l'ensemble de la législation environnementale, de coordonner les règles nationales entre elles et avec les directives européennes, d'achever la transposition de ces dernières et d'éliminer toute discordance.

Le **décret législatif n° 152 de 2006**, appelé "Testo Unico Ambientale", a intégré diverses dispositions relatives à l'environnement (déchets, rejets dans l'eau, émissions atmosphériques, etc.) La deuxième partie de la loi est pertinente, car elle régit toutes les autorisations environnementales (évaluation environnementale stratégique, évaluation des incidences sur l'environnement et autorisation environnementale intégrée), à l'exception de celles requises pour les travaux de grande envergure.

Le **décret législatif n° 105 de 2015**, sur la "Maîtrise des risques d'accidents majeurs liés aux substances dangereuses", définit le type d'établissement en fonction des quantités et des types de substances présentes. Plus précisément, pour le GNL:

- établissement d'un seuil inférieur $50t \leq x < 200t$;
- établissement du seuil supérieur $x \geq 200t$.

En raison de leur définition et de leurs caractéristiques opérationnelles, les installations "à petite échelle" entrent dans le champ d'application du décret dit "Seveso", dans la catégorie des établissements à échelon supérieur: "Quiconque a l'intention de construire un nouvel établissement à échelon supérieur, avant de commencer la construction de l'installation, en plus de toutes les autorisations requises par la législation en vigueur, doit obtenir le permis de faisabilité visé à l'article 17, paragraphe 2; à cette fin, il doit soumettre au CTR visé à l'article 10, un rapport préliminaire de sécurité établi conformément aux critères de l'annexe C.". Le permis de construire ne peut être délivré sans le permis de faisabilité...".

Pour une référence supplémentaire au décret législatif 105 de 2015, voir la section 1.3.1.2.3.

Le **décret législatif n° 257 de 2016** couvre tous les cas d'installation nécessaires à la croissance de l'infrastructure de distribution en décrivant les procédures nécessaires à la construction d'installations de stockage, à travers des procédures simplifiées et en prévoyant certains délais pour leur conclusion. De plus, elle prévoit des règles d'autorisation diversifiées et calibrées en fonction des réalités spécifiques considérées:

- les installations de regazéification qui ont l'intention d'offrir également le service de transport, de stockage et de distribution du GNL (article 9);
- les installations définies comme "small scale LNG" (art. 10);
- les dépôts de stockage de GNL à petite échelle utilisés pour approvisionner les utilisateurs finaux (article 11).

Pour une analyse du décret en ce qui concerne la mise en œuvre de la directive DAFI, voir le paragraphe 1.3.1.2.5

En ce qui concerne la **circulaire n° 12112 du 12 septembre 2018**, publiée par le Département des incendies, celle-ci contient un guide technique de prévention des incendies pour l'analyse des projets d'installations de stockage de gaz GNL d'une capacité supérieure à 50 tonnes, élaboré par le Département national des incendies en collaboration avec l'association Assogasliquidi et l'Université de Pise. Il s'agit d'installations qui ne disposent pas encore d'un règlement technique pour la prévention des incendies, pour lesquelles il est donc essentiel de connaître les caractéristiques des installations de stockage de GNL, les particularités liées à l'identification des risques spécifiques des installations et les principales criticités.

Pour plus de détails sur la circulaire, voir le paragraphe 1.3.1.2.5.

Pour essayer de clarifier, après toutes ces réglementations en vigueur en Italie, le processus d'autorisation peut être schématisé comme suit:

- **Les stocks de plus de 200 tonnes:** sont soumis à un permis unique délivré par le ministère du Développement économique, en accord avec le ministère des Transports et en accord avec la Région;

- Les **stocks de moins de 200 tonnes et de plus de 50 tonnes**: sont soumis à un permis unique délivré par la Région ou son autorité déléguée;
- **Installations de stockage de GNL de moins de 50 tonnes**: une procédure administrative simplifiée est requise, fondée sur la présentation à la municipalité d'une déclaration attestant du respect des règles en matière d'environnement, de santé et de sécurité;
- **Installations de GNL automobile**: Les procédures administratives applicables au GNC sont applicables.

En outre, les stockages de GNL d'une capacité totale supérieure à 20 000 m³ doivent faire l'objet d'une procédure de VIA étatique, comme le prévoit le point 8 de l'annexe II du décret législatif 152/2006, modifié par le décret législatif 16/06/2017 n° 104.

1.3.1.1.1 Évaluation environnementale stratégique (VAS)

"L'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur le milieu naturel" a été introduite dans la Communauté européenne par la directive 2001/42/CE, connue sous le nom de directive VAS, qui représente une contribution importante à la mise en œuvre des stratégies communautaires de développement durable, en rendant opérationnelle l'intégration de la dimension environnementale dans les processus décisionnels stratégiques.

Au niveau national, la directive 2001/42/CE a été mise en œuvre par la deuxième partie du décret législatif n° 152 du 3 avril 2006, entré en vigueur le 31 juillet 2007, modifié et complété par le décret législatif n° 4 du 16 janvier 2008, entré en vigueur le 13/02/2008 et par le décret législatif n° 128 du 29 juin 2010, publié au Journal officiel n° 186 du 11 août 2010.

L'évaluation environnementale des plans et programmes susceptibles d'avoir des effets notables sur l'environnement vise à assurer un niveau élevé de protection de l'environnement et à contribuer à l'intégration des considérations environnementales dans la préparation, l'adoption et l'approbation de ces plans et programmes, en veillant à ce qu'ils soient cohérents et contribuent aux conditions du développement durable.

L'évaluation environnementale peut être initiée tant par des initiatives publiques que privées: l'administration publique peut soit élaborer le plan/programme, soit accepter l'initiative d'un sujet privé. L'administration publique qui adopte, adopte ou approuve le plan ou le programme, en même temps que le processus d'élaboration du plan ou du programme, lance l'évaluation environnementale stratégique, qui comprend:

- la réalisation d'un dépistage;
- la préparation du rapport environnemental;

- la tenue de consultations;
- l'évaluation du rapport environnemental et les résultats des consultations;
- la décision;
- l'information de la décision;
- surveillance.

Pour chacune des composantes de l'évaluation mentionnées ci-dessus, le décret établit les modalités de sa réalisation, son contenu et les sujets concernés.

L'autorité compétente est l'administration publique, qui est responsable de l'adoption de la mesure de vérification de la sujétion et de la préparation de l'avis motivé: la mesure obligatoire avec les éventuels commentaires et conditions qui conclut la phase d'évaluation VAS.

La VAS s'applique aux plans et aux programmes:

- qui sont élaborées pour l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, pour les secteurs de l'agriculture, de la sylviculture, de la pêche, de l'énergie, de l'industrie, des transports, de la gestion des déchets et des eaux, des télécommunications, du tourisme, de l'aménagement du territoire ou de l'utilisation des sols, et qui définissent en même temps le cadre de référence pour l'approbation, l'autorisation, la zone de localisation ou toutefois la réalisation de travaux ou d'interventions dont les projets sont soumis à VIA;
- pour lesquels une évaluation d'impact est jugée nécessaire en vertu de l'article 5 du décret présidentiel 357/1997 et des modifications et ajouts ultérieurs.

Pour les plans et programmes des catégories susmentionnées, qui déterminent l'utilisation de petites zones au niveau local, et pour les modifications mineures de ces plans et programmes, l'évaluation environnementale est nécessaire si l'autorité compétente estime, par le biais d'une procédure appelée vérification de l'adéquation, qu'ils produisent des impacts significatifs sur l'environnement sur la base de critères spécifiques contenus dans l'annexe I du décret législatif 152/2006 et des modifications ultérieures et en tenant compte des différents niveaux de sensibilité environnementale de la zone soumise à l'intervention.

Pour les plans et programmes qui n'entrent pas dans les catégories ci-dessus, qui définissent le cadre d'autorisation des projets, une VAS est requise si l'autorité compétente estime (évaluation de la subjectivité) que ces plans/programmes peuvent avoir des incidences notables sur l'environnement.

L'application du processus de VAS à travers les composantes spécifiques du processus, telles que la vérification de la durabilité des objectifs du plan, l'analyse des impacts environnementaux significatifs des mesures du plan, la construction et l'évaluation

d'alternatives raisonnables, la participation des parties prenantes au processus et le suivi de la performance environnementale du plan, représente un outil de soutien à la fois pour le promoteur et le décideur pour la définition d'adresses et de choix de planification durable.

Fondamentalement, la VAS est un élément constructif, évaluatif, de gestion et de suivi du plan/programme.

1.3.1.1.2 Évaluation des incidences sur l'environnement (VIA)

L'évaluation des incidences sur l'environnement est née aux États-Unis en 1969 avec le National Environment Policy Act (NEPA), anticipant le principe fondateur du concept de développement durable. En Europe, cette procédure a été introduite par la directive communautaire 85/337/CEE (directive du Conseil du 27 juin 1985, Évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement) comme instrument fondamental de la politique environnementale.

La procédure de VIA est structurée sur le principe de l'action préventive, selon lequel la meilleure politique environnementale consiste à prévenir plutôt qu'à combattre les effets négatifs de la mise en œuvre d'un projet. La structure de la procédure est conçue pour informer le public et guider la prise de décision de manière participative. La VIA a été créée comme un outil permettant d'identifier, de décrire et d'évaluer les effets directs/indirects d'un projet sur certaines composantes de l'environnement et par conséquent sur la santé humaine.

La VIA a été transposée en Italie par la loi n° 349 du 8 juillet 1986, telle que modifiée. Cette loi a institué le ministère de l'environnement et les normes relatives aux dommages environnementaux. Le D.P.C.M. 27 décembre 1988 et ses modifications et ajouts ultérieurs contiennent les normes techniques pour la préparation des études d'impact sur l'environnement et la formulation du jugement de compatibilité.

La directive 97/11/CE (directive du Conseil concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement, modifications et compléments à la directive 85/337/CEE) a été présentée comme une révision critique suite à l'expérience de l'application des procédures VIA en Europe. La directive a étendu le nombre de types de projets devant être soumis à l'EIE (annexe I) et a introduit les étapes de "vérification préliminaire" et de "scoping".

En Italie, le cadre réglementaire relatif aux procédures de VIA a été élargi à la suite de la publication de la "Legge Obiettivo" (L.443/2001) et du décret d'application correspondant (D. lgs. n. 190/2002). Le décret législatif identifie une procédure spéciale de VIA, avec une commission dédiée. La résolution n° 57/2002 du CIPE contient des dispositions relatives à la stratégie environnementale nationale pour le développement durable 2000-2010 et affirme que la VIA doit être intégrée en amont des plans et programmes qui répondent déjà

aux critères de durabilité environnementale, par le biais de l'évaluation environnementale stratégique.

Le décret législatif n° 152 du 3 avril 2006 entreprend la réorganisation de la législation environnementale italienne et tente de surmonter toutes les dissonances avec les directives européennes pertinentes. La partie II traite des procédures d'évaluation environnementale stratégique (VAS), d'évaluation des incidences sur l'environnement (VIA) et d'autorisation environnementale intégrée (IPPC).

Les concepts de base qui sous-tendent la procédure de VIA peuvent être résumés comme suit:

- Prévention: analyse de tous les impacts possibles dérivant de la réalisation de l'ouvrage/du projet, afin non seulement de sauvegarder mais aussi d'améliorer la qualité de l'environnement et de la vie;
- Intégration: analyse de toutes les composantes de l'environnement et des interactions entre les différents effets possibles (effets cumulatifs);
- Comparaison: dialogue et retour d'information entre le concepteur et l'auteur dans la collecte, l'analyse et l'utilisation des données scientifiques et techniques;
- Participation: ouverture du processus d'évaluation à la contribution active des citoyens en vue d'une plus grande transparence (publication de la candidature et possibilité de consultation).

En particulier, l'évaluation des incidences sur l'environnement (VIA) des projets, de même que la VAS, vise à garantir que l'activité humaine est compatible avec les conditions du développement durable. Elle implique donc l'identification, la description et l'estimation des incidences directes et indirectes qu'un projet peut avoir sur l'environnement:

- l'homme, la faune et la flore;
- le sol, l'eau, l'air et le climat;
- les biens matériels et le patrimoine culturel;

évaluer également l'interaction entre ces facteurs, afin d'identifier la solution de conception la plus appropriée pour la poursuite des objectifs visés à l'alinéa 3 de l'art. 4 du décret législatif n° 152/2006.

L'évaluation des incidences sur l'environnement, dans laquelle se situe la phase de vérification de l'assujettissement à la VIA elle-même, comme prévu par l'art. 19 du décret législatif n° 152/2006, concerne les projets définis par l'art. 5 comme "la réalisation de travaux de construction ou d'autres installations ou travaux et autres interventions sur l'environnement naturel ou sur le paysage, y compris ceux destinés à l'exploitation des ressources du sol", donc la notion de projet comprend la construction et la modification des

installations ou des travaux intéressés indiqués dans les annexes II, III et IV de la partie II du décret, avec les modalités expliquées dans les paragraphes suivants.

En ce qui concerne les projets soumis à l'évaluation des incidences sur l'environnement, il convient, d'un point de vue opérationnel, de distinguer la vérification de la subjectivité de la VIA de la VIA proprement dite, puisque le titre III de la partie II du décret législatif n° 152/2006 prévoit des procédures spécifiques pour chacune d'entre elles.

1.3.1.1.2.1 La vérification de l'assujettissement à la VIA

La vérification de l'assoggettabilità est définie comme la procédure qui doit être activée pour "évaluer, le cas échéant, si les projets peuvent avoir un impact négatif significatif sur l'environnement" et doit donc être soumise à la phase de VIA. Elle représente donc une phase préliminaire à la VIA proprement dite.

Selon les dispositions de l'article 20 du décret législatif n° 152/2006, la vérification de la subjectivité de la VIA (également appelée "screening") est prévue:

- les projets énumérés à l'annexe II de la partie II qui sont exclusivement ou principalement destinés à la mise au point et à l'essai de nouvelles méthodes ou de nouveaux produits et qui ne sont pas utilisés pendant plus de deux ans;
- les modifications ou extensions de projets énumérés à l'annexe II, dont la mise en œuvre "peut avoir des effets négatifs importants sur l'environnement";
- les projets énumérés à l'annexe IV;
- les projets énumérés à l'annexe IV qui se situent dans des zones naturelles protégées, les seuils de taille, le cas échéant, sont réduits de 50%.

L'art. 7 du décret législatif n° 152/2006 établit que le ministère de l'Environnement et de la Protection du territoire et de la mer est responsable des projets de l'annexe II, tandis que les projets de l'annexe IV sont de la responsabilité des autorités auxquelles les lois régionales ou les provinces autonomes ont confié des tâches de protection, de protection et de mise en valeur de l'environnement (voir le paragraphe 6 de l'art. 7).

L'annexe IV et les seuils de taille qu'elle prévoit méritent d'être étudiés plus avant car ils ont fait l'objet de litiges et, surtout, de procédures d'infraction communautaires. Il est donc nécessaire de comprendre comment elle a évolué dans le cadre de la législation communautaire et nationale. La directive 85/337/CEE, première directive de l'UE en matière de VIA, (transposée en Italie par la loi 349/1986 et complétée par des instruments d'application tels que le DPCM 377/88, le DPCM 27.12.1988 et le DPR 16.4.1996) prévoyait deux listes de projets:

- celles énumérées à l'annexe I de la directive pour lesquelles une VIA était obligatoire;

- celles énumérées à l'annexe II (sans seuils) pour lesquelles les États membres auraient pu établir l'obligation de VIA en fonction de leurs caractéristiques en spécifiant "certains types de projets à soumettre à une évaluation des incidences ou en établissant des critères et/ou des seuils" (voir article 4, paragraphe 2, de la directive 85/337/CEE, ancien texte).

La directive 85/337/CEE n'a donc fourni aucune indication pour la fixation des seuils, par conséquent les seuils établis par le D.P.R. 16 avril 1996⁶ étaient conformes aux dispositions communautaires. Cependant, avec la directive 97/11/CE, les dispositions de la directive mère ont été modifiées, de sorte que l'article 4 prévoit que les États membres doivent procéder à l'évaluation de la VIA des projets énumérés à l'annexe II:

- en les examinant au cas par cas;
- en fixant des seuils ou des critères qui tiennent compte des critères de sélection pertinents énoncés à l'annexe III de la directive.

1.3.1.1.3 L'évaluation des incidences sur l'environnement proprement dite

Selon ce qui est établi par les paragraphes 6 et 7 de l'art. 6, la VIA est obligatoirement prévue:

- les projets visés aux annexes II et III de la partie II du décret législatif n° 152/2006;
- les projets visés à l'annexe IV, relatifs à de nouveaux ouvrages ou interventions, qui se situent, même partiellement, à l'intérieur des zones naturelles protégées telles que définies par la loi n° 394/1991;
- pour les projets suivants, pour lesquels la procédure d'examen EIE a montré qu'ils sont "susceptibles d'avoir des incidences négatives importantes sur l'environnement":
- les projets énumérés à l'annexe II qui sont exclusivement ou essentiellement destinés au développement et à l'essai de nouvelles méthodes ou de nouveaux produits et qui ne sont pas utilisés pendant plus de deux ans;
- les modifications ou extensions des projets énumérés à l'annexe II qui peuvent avoir des effets négatifs importants sur l'environnement;
- les projets énumérés à l'annexe IV.

⁶ Acte d'adresse et de coordination aux Régions acte d'adresse et de coordination relatif aux conditions, critères et normes techniques pour l'application de la procédure d'impact sur l'environnement aux projets inclus dans l'annexe II de la directive 85/337/CEE, en application du paragraphe 1 de l'art. 40 de la loi n° 146/1994 - Loi communautaire 1993

Par rapport au screening, la VIA prévoit un niveau de détail évidemment plus élevé en ce qui concerne les informations qui doivent être produites à l'autorité compétente, à tel point que l'art. 21 du décret législatif n. 152/2006 prévoit également une phase facultative de consultation entre le promoteur, l'autorité compétente et les sujets compétents en matière d'environnement, visant à définir le degré de détail des informations, la méthodologie à suivre nécessaire à la préparation de l'étude d'impact environnemental (SIA).

Cette phase, également appelée "scoping", est réalisée sur la base de l'avant-projet et de l'étude environnementale préliminaire, ainsi que de la liste des autorisations, ententes, concessions, licences, avis, nulla osta et consentements nécessaires à la construction et à l'exploitation du projet, à produire en priorité sous format électronique. Il est clair que pour les projets qui ne sont pas déjà soumis à la VIA, les documents doivent être préparés à cet effet, donc à première vue cela pourrait être une charge supplémentaire, mais le scoping a des avantages significatifs: la comparaison préliminaire peut prévenir une demande ultérieure de compléments ou d'études supplémentaires et engage l'autorité à vérifier "l'existence de tout élément d'incompatibilité", mais sans la lier à la décision pour la VIA.

La phase de consultation doit se conclure dans un délai de 60 jours par une prise de position expresse de l'autorité compétente sur les aspects énumérés au paragraphe 2 de l'art. 21.

Avant de soumettre la demande, le promoteur doit préparer l'étude d'impact sur l'environnement (SIA), qui est le principal document concernant les aspects et les impacts environnementaux du projet. Le paragraphe 3 de l'article 22 du décret législatif n° 152/2006 prévoit un contenu minimal pour la SIA:

- description du projet et de ses caractéristiques, en analysant la zone dans laquelle il sera situé;
- description des mesures envisagées pour éviter, réduire et, si possible, compenser les incidences négatives importantes;
- indication des données nécessaires pour identifier et évaluer les principaux impacts sur l'environnement et le patrimoine culturel que le projet peut produire, tant pendant la construction que pendant l'exploitation de l'ouvrage;
- un aperçu des principales solutions envisagées, y compris l'option zéro, expliquant les raisons du choix de la conception en termes d'incidences sur l'environnement;
- plan de suivi des impacts qui seront produits.

Des indications plus détaillées pour la préparation de la SIA sont fournies par l'annexe VII de la partie II du décret législatif n° 152/2006, d'où l'on déduit également que le promoteur doit effectuer une comparaison, d'un point de vue environnemental, des alternatives possibles identifiées avec le projet soumis.

Toutes les informations doivent être résumées dans un résumé non technique pour l'information du public moins expérimenté.

La demande doit être soumise directement à l'autorité compétente, qui, pour les projets relevant de l'annexe II, est identifiée comme le MATTM, tandis que pour ceux relevant des annexes III et IV, la compétence est attribuée selon les dispositions des lois régionales. La demande doit être accompagnée de:

- le projet final (c'est-à-dire le projet avec un niveau de détail similaire à celui prévu au paragraphe 4 de l'article 93 du décret législatif n° 163/2006[2]);
- étude d'impact environnemental;
- résumé non technique;
- liste des autorisations, accords, concessions, licences, avis, habilitations et consentements, quelle que soit leur dénomination, déjà acquis ou à acquérir pour la construction et l'exploitation de l'ouvrage;
- des copies informatisées des projets, conformes aux originaux soumis;
- une copie d'un communiqué de presse (pour les projets relevant de la compétence de l'État, l'annonce doit être publiée dans un quotidien à couverture nationale et régionale, tandis que pour les projets relevant des annexes III et IV, la publication doit se faire dans des quotidiens à couverture régionale ou provinciale).

Comme dans le cas de la vérification de la subjectivité de la VIA, la confidentialité industrielle ou commerciale est également garantie dans la VIA, ce qui permet de soustraire les informations confidentielles à l'accès du public (co. 4 de l'art. 9 du décret législatif n° 152/2006).

La documentation doit être déposée non seulement auprès de l'autorité compétente, sur le site Internet de laquelle doit être notifié le dépôt de la demande (par. 1 art. 24), mais aussi auprès des bureaux des régions, provinces et municipalités susceptibles d'être affectées, même partiellement, par les impacts. Ainsi, contrairement au processus de screening, pour lequel il suffit que la documentation soit déposée dans les bureaux où se trouve le projet, la VIA garantit une plus grande implication des territoires affectés, non seulement par le projet, mais aussi par les impacts résultant de sa mise en œuvre. À cette fin, il est essentiel que le promoteur estime soigneusement ses impacts, également afin d'éviter un nouveau dépôt de la demande auprès des bureaux des entités initialement négligées et peut-être même une nouvelle publication avec un nouveau début des termes, puisque le paragraphe 3 de l'art. 24 prévoit que la publication indique une brève description des "principaux impacts environnementaux possibles" du projet.

Pour s'assurer que la documentation présentée est complète, le législateur a prévu une phase visant à vérifier l'exhaustivité tant de la présentation que du paiement des frais

préliminaires prévus par l'art. 33 du décret législatif n° 152/2006. Cette phase doit être achevée dans un délai de 30 jours à compter de la présentation de la demande, après quoi, si aucun document supplémentaire n'a été demandé (impliquant l'interruption des délais), la demande est considérée comme correctement présentée. Cette première phase consiste uniquement à vérifier que la demande est accompagnée des documents requis sans toutefois engager l'autorité compétente à en évaluer le contenu, ce qui est fait lors de la phase d'enquête préliminaire. Les compléments éventuels doivent être présentés dans le délai fixé par l'autorité compétente, qui ne peut excéder 30 jours, prorogeable si la documentation à produire est particulièrement complexe. Le fait de ne pas produire les documents demandés "dans le délai imparti" est considéré comme un retrait de la demande. Nous sommes donc en présence d'un archivage ex lege (non prévu pour la procédure de vérification de la subjectivité de la VIA), qui n'implique pas nécessairement une réponse de l'autorité compétente, ni le début des procédures de l'art. 10-bis de la L. n. 241/1990, même si cela pourrait, toutefois, être approprié.

La participation du public est garantie par la possibilité de consulter le projet et de soumettre des observations dans un délai de 60 jours à compter de la présentation de la demande. Contrairement au screening, la VIA prévoit également des formes plus actives de participation du public, puisque le co. 6 de l'art. 24 du décret législatif n. 152/2006 donne à l'autorité compétente la possibilité de réaliser la consultation par le biais d'une enquête publique au cours de laquelle les citoyens peuvent formuler leurs observations.

Le proposant pourrait être convoqué à une audition avec ceux qui ont soumis des avis ou des commentaires, qui pourrait également être demandée par le proposant.

La documentation supplémentaire peut être présentée soit à l'initiative du demandeur, également à la suite des observations présentées (art. 24, al. 9), soit à la demande de l'autorité compétente (art. 26, al. 3); en tout état de cause, tant la proposition du demandeur que la demande de l'autorité compétente doivent être présentées dans les 30 jours à compter de l'expiration du délai de présentation des observations (donc dans les 90 jours à compter de la présentation de la demande). Cette éventualité allonge le délai d'enquête, qui peut encore être prolongé si l'autorité compétente considère que les modifications apportées sont substantielles (selon la définition de la lettre l-bis) de l'alinéa 1 de l'art. 5) et, par conséquent, soumises à un nouveau dépôt selon les modalités déjà décrites; par conséquent, les délais pour l'adoption de la mesure de la VIA, normalement fixés à 150 jours à partir de la présentation de l'alinéa 1 de l'art. 26, peuvent s'étendre jusqu'à 330 jours.

Les proposants doivent prêter une attention particulière aux délais fixés par l'autorité compétente pour la soumission de la documentation supplémentaire, étant donné que le paragraphe 3 ter de l'article 26 prévoit qu' "aucune suite ne sera donnée à l'évaluation" si les demandes ne sont pas satisfaites. Toutefois, la disposition n'est pas aussi claire que

celle qui prévoit le retrait de la demande en cas de non présentation dans le délai imparti de la documentation manquante lors de la vérification du caractère complet de la demande (voir paragraphe 4 de l'art. 23): le fait que le législateur, à l'art. 26, ait adopté une formulation différente "ne se conforme pas aux demandes d'informations supplémentaires" pourrait laisser ouverte la possibilité que l'autorité compétente prenne en compte la documentation fournie avec un délai minimum, par exemple de l'ordre de quelques jours, en poursuivant l'enquête.

En cas de pollution transfrontalière, l'État affecté doit être informé par une notification spéciale afin qu'il puisse exprimer son intérêt à participer à la procédure dans un délai de 60 jours. Le récent D.L. n° 91/2014, converti avec des modifications par le L. n° 116/2014 a prévu que sur le site web de l'autorité compétente la preuve de la notification est donnée. Si l'État étranger exprime son intention de participer, les autorités publiques et le public transfrontalier peuvent envoyer des avis et des commentaires respectivement dans les 90 jours de la déclaration d'intérêt, c'est-à-dire dans les 150 jours de la notification, ce qui rend effectivement impossible le délai de 150 jours pour la conclusion de la procédure de VIA.

En ce qui concerne l'enquête préliminaire, une conférence de service n'est pas obligatoire, mais elle est considérée comme le meilleur instrument pour la comparaison entre l'autorité compétente, les sujets environnementaux compétents et le proposant. En l'absence de conférence de services, l'autorité compétente doit recueillir l'avis des parties qui doivent délivrer des autorisations, des avis ou d'autres titres en matière d'environnement, dans les termes établis par le paragraphe 3 de l'article 25. Dans le cas de projets relevant de la compétence de l'État, le MATTM doit également recueillir l'avis des régions concernées. Si les avis ne sont pas exprimés ou s'il y a désaccord, l'autorité compétente "procède toutefois conformément à l'article 26" afin de prendre une décision finale. À cet égard, il est particulièrement évident que la convocation d'une conférence des services en vertu de la loi n° 241/1990, qui est considérée comme compatible avec les procédures de la partie II du décret législatif n° 152/2006 en vertu des dispositions de l'art. 9, serait un avantage important pour l'autorité compétente, en particulier pour la gestion de la dissidence, car, selon le co. 1 de l'art. 14-ter de la loi n° 241/1990, la dissidence:

- ne pouvait pas être exprimée en dehors de la conférence;
- doivent être suffisamment motivés et pertinents par rapport au sujet de la conférence;
- doit fournir des indications précises sur les modifications de conception requises pour obtenir le consentement.

Ainsi, la conférence des services jouerait un rôle de comparaison efficace.

Malheureusement, toutes les dispositions de la loi 241/1990 concernant la conférence des services ne sont pas applicables aux procédures de VIA. En particulier, il est exclu, pour l'indication expresse du paragraphe 7 de l'art. 14-ter de la loi n. 241/1990, la possibilité de

considérer comme acquis pour la VIA (ainsi que pour la VAS et l'AIA) le consentement des administrations "dont le représentant, à l'issue des travaux de la conférence, n'a pas exprimé définitivement la volonté de l'administration représentée". Par conséquent, l'autorité compétente qui n'est pas en mesure d'obtenir les avis requis même lors de la conférence de service est obligée de procéder conformément à l'art. 26 du décret législatif n° 152/2006.

Si l'adoption d'une mesure négative est envisagée, l'autorité compétente doit activer les procédures prévues à l'art. 10-bis de la loi n° 241/1990 afin de s'assurer que le promoteur puisse produire, dans un délai de 10 jours, d'éventuelles observations contenant des justifications de nature à considérer les obstacles surmontés.

La mesure de VIA, si elle est favorable, doit contenir des prescriptions concernant l'impact sur l'environnement non seulement pendant l'exploitation d'un ouvrage, mais aussi pendant sa construction et son déclassement (par. 5 de l'art. 26), en signalant les mesures de surveillance des impacts (par. 1 de l'art. 28), et il est souhaitable qu'elle rappelle l'obligation, qui peut être étendue, de réaliser les projets dans un délai de 5 ans à compter de la publication de la décision finale établie par le par. 6 de l'art. 26.

Le contrôle des impacts est fondamental pour vérifier la véracité des évaluations effectuées tant au moment de la demande qu'au moment de l'enquête préliminaire et, surtout, pour donner à l'autorité compétente le pouvoir d'apporter des modifications à la mesure s'il y a "des impacts négatifs supplémentaires et différents" et même de suspendre l'activité en attendant l'identification des actions correctives applicables dans le cas où "de graves répercussions négatives non évaluées précédemment sur la santé publique et l'environnement peuvent en résulter" (co. 1-bis de l'art. 28).

La mesure de VIA est contraignante par définition (lettre o) du paragraphe 1 de l'art. 5 du D. Lgs. n. 152/2006) et remplace ou coordonne (voir définition et paragraphe 4 de l'art. 26) toutes les autorisations, accords, concessions, licences, avis, nulla osta et consentements dans tout domaine environnemental nécessaire à la construction et à l'exploitation de l'ouvrage projeté. Dans le cas des installations soumises à la VIA et à l'AIA, l'article 10 du décret législatif n° 152/2006 prévoit que lorsque la compétence est celle de l'État (installations incluses dans l'annexe XII de la partie II du décret), la mesure de VIA "tient lieu" de l'AIA, tandis que dans les autres cas, les régions doivent veiller à ce que la procédure d'EAI soit coordonnée avec la VIA.

Le législateur n'a pas précisé ce qu'il entendait par "remplace ou coordonne", car le remplacement d'une autorisation conduirait à une nouvelle forme juridique de permis d'environnement, alors qu'une simple coordination impliquerait une enquête unique pour tous les permis nécessaires, chacun d'entre eux conservant son statut. La procédure de VIA, telle qu'elle est prévue par la législation nationale, ne peut pas être comprise comme une nouvelle autorisation, car, d'une part, aucune durée n'est indiquée et, d'autre part, à

l'art. 29, concernant les sanctions, celles de la législation actuelle ne sont pas affectées (contrairement à l'AIA pour laquelle des sanctions spécifiques sont identifiées).

1.3.1.2 Réglementation technique sur le transport et le stockage du GNL en Italie

1.3.1.2.1 Usines de GNL pour l'industrie automobile

Les distributeurs de carburants de tout type sont soumis à des visites et à des contrôles de prévention des incendies par la Brigade nationale des pompiers, comme le prévoit le point 13 de l'annexe I "Liste des activités soumises à des visites et à des contrôles de prévention des incendies" du décret présidentiel 151/2011 relatif aux: "Systèmes fixes de distribution de carburants pour l'automobile, la marine et l'aviation; distributeurs de carburants liquides en conteneurs amovibles".

Au fil des ans, le ministère de l'intérieur a publié de nombreuses circulaires contenant des spécifications, des clarifications et des détails concernant les distributeurs en particulier.

Pour la distribution de gaz naturel pour les véhicules à moteur, le décret du Ministère de l'Intérieur du 24 mai 2002 (G.U. n. 131 du 6/6/2002) est aujourd'hui en vigueur, concernant le "Règlement de prévention des incendies pour la conception, la construction et l'exploitation des systèmes de distribution de gaz naturel pour les véhicules à moteur".

Le décret considère essentiellement deux types d'installations (utilisant du gaz naturel comprimé - GNC): les installations alimentées par gazoduc et les installations alimentées par camions-citernes.

Afin de maintenir les normes de sécurité, le décret identifie des zones favorables du point de vue de la sécurité, éloignées des centres habités ou en tout cas dans des lieux à faible densité de population.

La réglementation en matière de prévention des incendies ne concernait que le cas des stations de ravitaillement en GNC à partir d'un réseau fixe ou d'un camion-citerne et ne couvrait pas encore la construction d'installations de distribution de gaz naturel par stockage cryogénique de méthane liquide (GNL).

En particulier, le décret ministériel 24/05/2002 a récemment été modifié et intégré au décret ministériel 12/03/2019, qui a mis à jour et défini les normes techniques des systèmes automatiques et en libre-service, en mettant l'accent sur les instructions nécessaires qui doivent être données aux utilisateurs.

Le guide technique publié avec la **circulaire du ministère de l'Intérieur Prot. n. 3819 du 21/03/2013** a été le premier à fournir des orientations spécifiques sur la conception, la construction et l'exploitation des usines de GNL sur le territoire national.

En vue d'améliorer l'efficacité des outils de conception de la prévention des incendies en fonction de l'évolution technologique et des nouvelles exigences de réduction des coûts et de l'impact environnemental, le Guide a été révisé et mis à jour en mai 2015 par la lettre **circulaire Prot. n° 5870 du 18/05/15**, actuellement en cours de transformation de guide en règle technique, à mettre en œuvre par la publication d'un décret spécifique. Les deux lettres circulaires sont examinées plus en détail aux paragraphes 1.3.1.2.2 et 1.3.1.2.3.

1.3.1.2.2 Lettre circulaire Prot. N° 3819 du 21/03/2013

Depuis 2013, afin d'assurer la diffusion généralisée du GNL pour l'automobile dans des conditions de sécurité uniformes sur tout le territoire national, le Département national des incendies, avec la lettre circulaire Prot. n° 3819 du 21/03/2013, a publié le "Guide technique et actes d'orientation pour la préparation des projets de prévention des incendies liés aux usines d'approvisionnement en gaz naturel liquéfié (GNL) avec réservoir cryogénique hors sol desservant les stations de gaz naturel comprimé (GNC) pour l'automobile". Comme l'indique le titre du document, il ne s'agit pas d'une norme technique mais d'un guide technique applicable:

- uniquement pour les systèmes de distribution de gaz naturel comprimé en bord de route;
- pour les usines de GNL de 5 à 50 tonnes.

Le guide technique de prévention des incendies s'applique à:

- nouvelles installations;
- en conformité avec la réglementation incendie en cas de modifications aggravant les conditions de sécurité incendie existantes;
- les cas d'extension de l'usine ou d'augmentation de la capacité de stockage des réservoirs;
- les cas de restructuration d'usines.

Le guide technique de 2013, compte tenu de l'état des connaissances expérimentales sur les installations de GNL, a conduit à la mise de côté de l'approche déterministe et a abouti à l'abandon de l'approche prescriptive au profit de l'adoption de lignes directrices pour une conception correcte et une bonne ingénierie dans la construction et l'exploitation des installations de GNC/GN pour l'automobile.

Dans tous les cas, le Guide Technique laisse le professionnel désigné libre de concevoir les systèmes, conformément aux "Directives pour la mise en œuvre de l'approche technique de la sécurité incendie" (avec les méthodologies visées dans le décret ministériel 09/05/2007), en démontrant la réalisation des objectifs de sécurité également avec des "systèmes/distances/implantations" différents de ceux indiqués dans la Circulaire.

Le Guide recommande de se conformer à la norme technique UNI EN 13645-2006 "Installations et équipements pour le gaz naturel liquéfié (GNL) - Conception des installations terrestres ayant une capacité de stockage comprise entre 5 et 200 t" lors de la conception et de la construction de l'installation. En ce qui concerne les caractéristiques générales du gaz naturel liquéfié, il est fait référence aux définitions contenues dans la norme technique européenne EN 1160.

Les objectifs du guide technique en ce qui concerne les exigences de sécurité sont les suivants:

1. minimiser les causes de libération accidentelle de gaz ainsi que d'incendie et d'explosion;
2. limite, en cas d'accident, de dommages corporels;
3. limiter, en cas d'accident, les dommages aux bâtiments ou locaux adjacents à l'usine;
4. réduire autant que possible la fréquence de remplissage des réservoirs fixes;
5. pour permettre aux sauveteurs d'opérer en toute sécurité.

Les sujets analysés par le guide sont les suivants:

- les informations relatives au GNL (Le produit, Effets physiques);
- l'emplacement de l'usine;
- éléments constitutifs de l'usine d'alimentation en GNL;
- les éléments dangereux de l'installation de GNL;
- les réservoirs cryogéniques et autres équipements;
- système d'urgence pour la sécurité incendie;
- les dispositifs et la configuration du point de remplissage des réservoirs cryogéniques;
- électrique, de mise à la terre, d'égouts et de collecteurs d'eaux pluviales;
- les distances de sécurité (interne-externe) et les distances de protection;
- règles d'exploitation de l'installation de GNL (stationnement des camions-citernes, opérations de remplissage, surveillance, secours, contrôles, signalisation).

Pour une analyse détaillée du contenu, veuillez consulter ci-dessous la version du guide technique, mise à jour en 2015.

[1.3.1.2.3 Lettre circulaire Prot. n. 5870 du 18/05/15](#)

En 2015, le Comité scientifique technique central de prévention du Service national des incendies a approuvé:

- a) le "Guide technique et lignes directrices pour la préparation des projets de prévention des incendies relatifs aux systèmes de distribution de L-GNL, L-GNC et L-GNC/GNL pour véhicules à moteur";

- b) le "Guide technique et lignes directrices pour la préparation des projets de prévention des incendies relatifs aux usines de GNL avec un réservoir cryogénique fixe desservant des installations autres que des véhicules à moteur". (utilisateurs dits hors réseau).

Les éléments suivants sont communs aux deux guides techniques:

- sont applicables à toute installation civile et industrielle impliquant du GNL;
- sont applicables pour les réservoirs cryogéniques jusqu'à 50 t de GNL (en dessous des valeurs seuils du décret législatif 105/15 dit Seveso);
- conservent la forme de lignes directrices pour une conception correcte et une bonne technique, mettant de côté l'approche déterministe prescriptive, laissant aux professionnels "toute liberté" de concevoir avec des méthodologies validées et reconnues par la réglementation spécifique;
- fournissent des indications utiles pour la conception d'installations au sol d'une capacité de stockage allant jusqu'à 50 t, également valables pour des installations autres qu'automobiles;
- ne contiennent pas d'indications relatives aux aspects urbains et territoriaux, conformément au principe d'attribution de ces compétences aux autorités locales.

Par rapport à la version précédente de 2013, les changements suivants ont été introduits:

- les critères d'identification des points dangereux des installations ont été révisés et, par conséquent, les indications relatives à la conception;
- la possibilité de mettre en œuvre des solutions de systèmes compatibles avec les objectifs de sécurité incendie reconnus au niveau communautaire a été étendue;
- les distances de sécurité ont été révisées en raison de nouvelles études approfondies sur des modèles validés par la littérature technique du secteur;
- Les distances de sécurité pour les équipements de distribution du GNL ont été maintenues;
- il est possible de combiner la fourniture de GNL et de gazole dans une seule unité de distribution, à condition que la fourniture simultanée des produits soit interdite.

Le guide technique pour les systèmes destinés à l'automobile conserve les objectifs et les domaines d'applicabilité du guide de 2013.

En ce qui concerne les plantes destinées à l'usage automobile, la circulaire M.I. n° 5870/2015 identifie trois types de plantes différentes:

- Usine de **GNC de type L** qui distribue le GNL stocké dans le réservoir sous forme de GNC (gaz naturel comprimé) pour le ravitaillement des véhicules alimentés au gaz

naturel traditionnel grâce à une section de pompage-vaporisation-accumulation à haute pression (300 bars);

- Les installations de type **L-GNL** qui distribuent le GNL stocké dans le réservoir sous forme de méthane liquide pour le ravitaillement des véhicules de conception récente fonctionnant au GNL (transport lourd) par l'intermédiaire d'une section de pompage à basse pression (15 bars);
- Les usines de type **L-GNC/GNL**, qui comprennent les deux sections d'usine des usines de type L-GNC et de type L-GNL.

Les images suivantes montrent les types de systèmes à usage automobile identifiés par la circulaire M.I. n° 5870/2015.

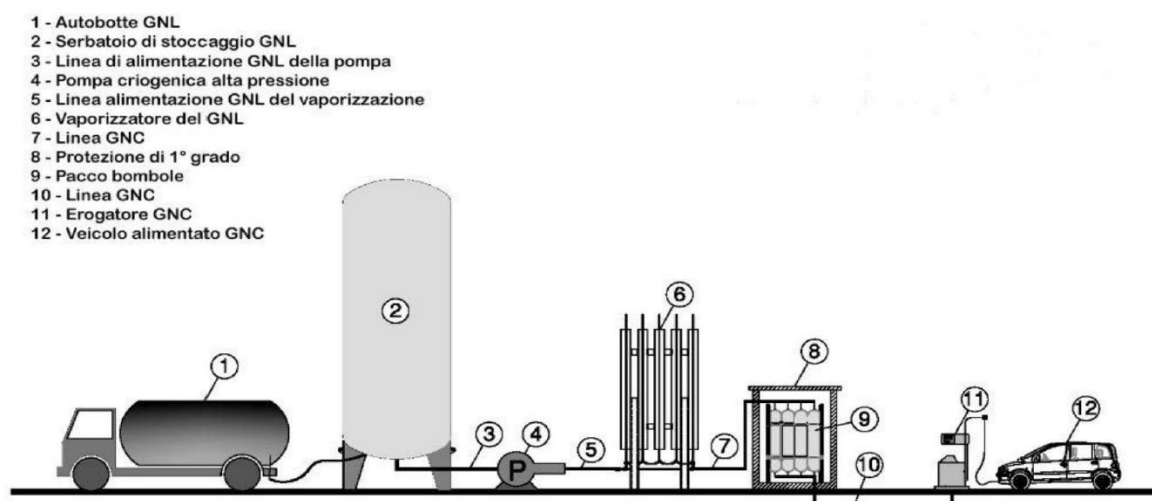


Figure 2- Usine de type L-GNC

- 1 - Autobotte GNL
- 2 - Serbatoio di stoccaggio GNL
- 3 - Linea di alimentazione GNL
- 4 - Pompa criogenica
- 5 - Linea alimentazione GNL dell'erogatore
- 6 - Erogatore GNL
- 7 - Veicolo alimentato GNL

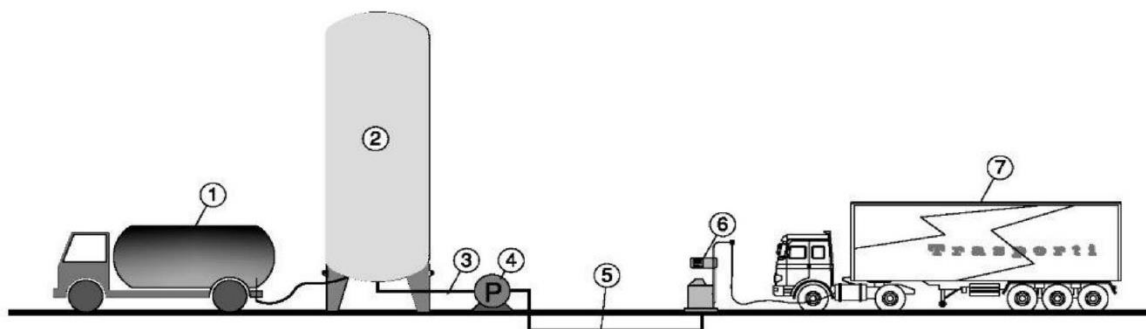


Figure 3- Centrale de type L-GNL

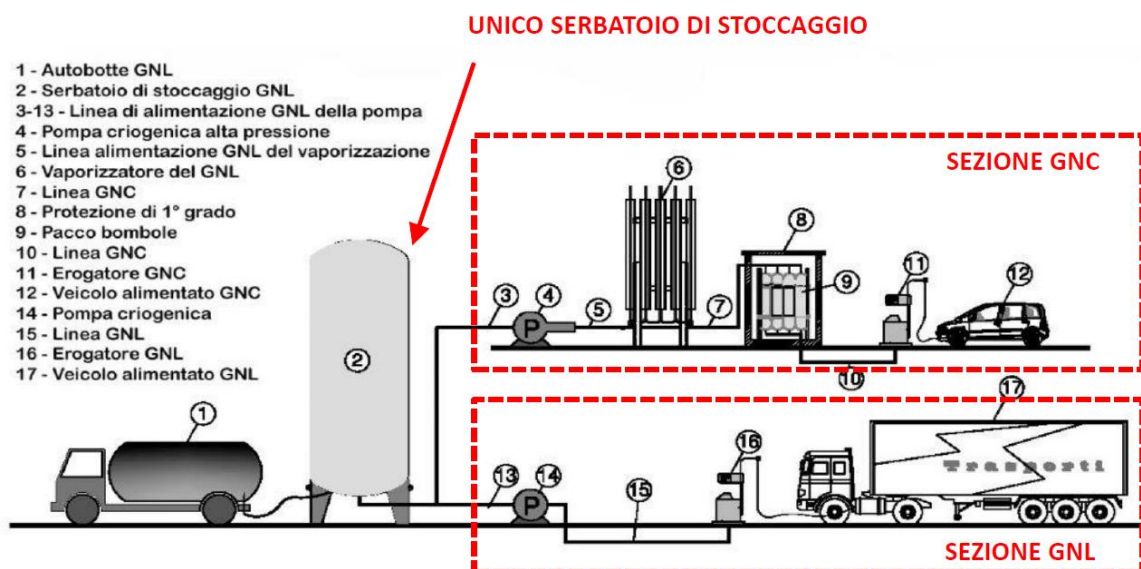


Figure 4- Usine L-GNC/GNL

Les annexes techniques du guide fournissent des dispositions générales sur les aspects suivants:

1. éléments constitutifs;
2. des éléments dangereux;
3. réservoirs cryogéniques;
4. pompes;
5. vaporisateurs et échangeurs/régulateurs de température;

6. système de confinement;
7. barrière de confinement;
8. torche froide;
9. clôture;
10. système d'urgence pour la sécurité incendie;
11. les dispositifs et la configuration du point de remplissage des réservoirs cryogéniques;
12. gazoducs de GNL;
13. système électrique
14. système de mise à la terre et protection des structures contre les décharges atmosphériques;
15. les égouts et les drains;
16. la protection contre les incendies;
17. la récupération des gaz d'évaporation du GNL (boil-off) de l'usine de distribution;
18. transportant les gaz d'évaporation (boil-off) des réservoirs de GNL des véhicules;
19. Unité de distribution de GNL;
20. les distances de sécurité (internes, systèmes mixtes, externes);
21. les distances de protection;
22. arrêt de camion-citerne;
23. vérification sismique;
24. les règles d'exploitation de l'installation de GNL;
25. libre-service (avec ou sans personnel).

Les principales indications techniques concernant les usines de GNL sont passées en revue ci-dessous.

Protection contre l'incendie

Des extincteurs à poudre sur roues d'une capacité minimale de 50 kg sont prescrits.

S'il n'y a pas de réseau d'eau d'extinction disponible dans l'usine ou à proximité, il faut prévoir une alimentation en eau pour les équipes de lutte contre l'incendie, avec une bouche

d'incendie de 300 l/min à 0,2 MPa avec une réserve minimale de 10 m³, ou un point d'alimentation public présentant les caractéristiques ci-dessus.

Éléments dangereux

L'identification des risques potentiels dans une installation de stockage et de distribution de GNL suit les références établies par la norme UNI EN ISO 16903:2015 et sont brièvement rapportées ci-dessous:

- déversements de GNL: FLASH-FIRE et JET-FIRE;
- élévation incontrôlée de la température des dépôts et des véhicules: BLEVE;
- expansion et dispersion des nuages de gaz: FIREBALL;
- l'asphyxie et l'exposition au froid.

Les "éléments constitutifs dangereux" de l'installation sont:

- points de remplissage;
- réservoir cryogénique configuration standard 60 m³;
- pompe haute pression L-GNC;
- distributeurs de GNC et/ou de GNL;
- Salle de récupération des gaz d'ébullition;
- la pièce contenant les conteneurs de stockage.

La torche froide n'est plus considérée comme une composante dangereuse du système, mais une exigence a été introduite pour canaliser tous les rejets des soupapes de sécurité et des purges dans la torche froide.

Distances de sécurité

Les distances de sécurité internes aux éléments dangereux A, B et E du tableau sont réduites par la règle de la ligne tendue (en plan) d'un maximum de 50% si des barrières de confinement sont mises en œuvre.

Les distances [m] entre les parties dangereuses de l'installation doivent être respectées au moins comme indiqué dans le tableau suivant:

Elementi Pericolosi dell'impianto	A	B	C	D	E	F
A - Punto di riempimento	-	-	8	(3)	8 (4)	(3)
B - serbatoi, barrel, pompe,	-	(2)	8	(3)	8 (5)	(3)
C - Apparecchi di distribuzione GNC	8	8	(1)	(1)	8	(7)
D - Locale recipienti di accumulo	(3)	(3)	(1)	-	(6)	-
E -Apparecchio distribuzione GNL	8 (4)	8 (5)	8	(6)	8	(7)
F - Locale sistema recupero vapori boil-off	(3)	(3)	(7)	-	(7)	-

Tableau 4- Distances de sécurité internes

(1) Distances selon le décret ministériel du 28/6/2002 et les modifications et ajouts ultérieurs.

(2) La distance entre les réservoirs ne doit pas être inférieure à 1,5 m.

(3) La salle de la cuve d'accumulation et la salle du système de récupération des vapeurs d'ébullition doivent être situées à l'extérieur du système de confinement visé au paragraphe (6).

(4) Aucune distance de sécurité n'est requise si des systèmes automatiques sont utilisés pour empêcher le remplissage simultané des réservoirs fixes et le ravitaillement des véhicules.

(5) Il n'est pas nécessaire de prévoir une distance de sécurité si un mur écran ayant une résistance au feu de 120 minutes avec h=2m (EI 120) et une largeur suffisante pour protéger les éléments dangereux B du tableau de l'équipement de distribution du GNL est interposé.

(6) Voir les distances selon DM 28/6/2002 et modifications ultérieures applicables à l'unité de distribution de GNC.

(7) Dans le cas des systèmes visés au point 17.1 lettre a), voir les distances établies par le DM 28/6/2002 et les modifications ultérieures applicables aux salles des compresseurs, tandis que dans le cas des systèmes visés au point 17.2 lettre b), voir les distances de sécurité internes établies par le DM 30/4/2012 applicables à la VRA.

Distances de sécurité internes supplémentaires:

- les parkings, y compris les parkings en plein air, comptant plus de 9: **15m de véhicules**;
- parkings, y compris les parkings en plein air, avec moins de 9 véhicules: **10m**;
- ouvertures communiquant avec des locaux souterrains ou en sous-sol: **20 m**;

- de l'aire de stationnement du camion-citerne, des équipements de distribution, des bâtiments appartenant à l'installation, des aires de stationnement et des ouvertures: **8m.**

Distances de sécurité pour les installations mixtes:

- entre les points A, B et E du tableau ci-dessus et les trous d'homme des réservoirs de carburant liquide (essence et diesel): **10 m**;
- entre les points A, B et E du tableau ci-dessus et les trous d'homme des réservoirs de carburant liquide (essence et diesel) et de GPL: **8 m**;
- entre l'aire de stationnement du véhicule méthanier et celle des autres combustibles liquides ou gazeux: **5 m**;
- entre les éléments A et B du tableau I et les mêmes éléments dangereux du système de distribution du GPL: **10m.**

Distances de sécurité externes. Les distances de sécurité suivantes doivent être respectées par rapport aux éléments dangereux A, B et E du tableau ci-dessus:

- du point de remplissage: **30 m**;
- à partir des réservoirs, fûts, pompes: **20 m (30 m** pour les réservoirs d'une capacité totale > 30 m³);
- de l'unité de distribution de GNL: **20 m**;
- par rapport aux autres routes utilisées pour le trafic motorisé et aux voies navigables: **15 m**;
- à partir de la zone d'arrêt du camion-citerne, par rapport aux dépendances, aux autoroutes, aux lignes de chemin de fer publiques et aux tramways de plein droit: **15 m**, et par rapport aux autres routes et aux voies navigables: **10 m**;
- par rapport aux parkings à ciel ouvert de plus de 9: **20 m.**

Les distances de sécurité extérieures, à l'exception des distances par rapport aux lignes électriques aériennes, sont réduites par la règle du fil tendu (en plan) de 50% maximum si des barrières de confinement sont construites.

Les distances de sécurité indiquées ci-dessus doivent être augmentées de 50% en ce qui concerne les édifices du culte, les casernes, les musées, les marchés stables, les stations des lignes de transport public et privé, les cimetières, les aires destinées au stationnement des cirques et des parcs d'attraction et en ce qui concerne les activités visées aux points 65, 66, 67, 68, 69 et 71 de l'annexe I du décret présidentiel n° 151 du 1/8/2011.

Distances de protection. Les distances de protection suivantes doivent être respectées par rapport aux parties dangereuses du système:

- du point de remplissage: **5 m**;
- à partir de réservoirs, fûts, pompes: **5 m**;
- de l'aire de stationnement des camions-citernes: **5 m**;

Réservoirs cryogéniques

Le guide de 2015 a introduit l'obligation de veiller à ce que le contour du réservoir et des équipements associés puisse être facilement inspecté.

En outre, par rapport à la version précédente du guide technique, le pourcentage du niveau maximal indiqué par le fabricant dans lequel le système d'alerte de niveau élevé doit être activé a été augmenté (de 85% à 95%) et les "équipements auxiliaires" dont la citerne doit être équipée ont été définis en détail.

Les dispositions suivantes sont données pour les réservoirs cryogéniques (capacité de stockage utile inférieure à 50 t):

- doivent être installés et raccordés au système de manière fixe (être correctement ancrés à leur dalle);
- peuvent être à axe vertical ou horizontal, isolés thermiquement, en groupes de deux réservoirs ou plus;
- sont installés au-dessus du sol et peuvent être installés sous un auvent;
- ils doivent assurer un contrôle visuel aisé de l'ensemble du réservoir et de ses équipements. Les accessoires du réservoir doivent être facilement accessibles par le personnel responsable;
- Les conduites de raccordement des réservoirs doivent être équipées de vannes d'arrêt;
- les conduites qui se déversent directement dans l'atmosphère doivent être munies d'une double vanne, dont la seconde doit pouvoir se fermer automatiquement en cas de cessation d'activité de l'opérateur;

doit être équipé:

- système de mesure du niveau capable d'activer une pré-alarme de niveau élevé lorsque 95% du niveau maximal indiqué par le fabricant est atteint;
- système indépendant de bloc de remplissage automatique permettant d'atteindre le niveau maximal indiqué par le fabricant;
- système de mesure du débordement pour la vérification du niveau maximal;

- système de contrôle de la pression;
- au moins une soupape de sécurité de secours et un dispositif approprié pour mettre hors service les soupapes de sécurité individuelles à des fins de maintenance;
- un manomètre relié au sommet du réservoir.

Système de confinement et barrières

Au moins un système de confinement d'un volume de 2 m³ et d'une superficie minimale de 2 m² doit être prévu pour toute fuite de GNL. Des systèmes appropriés de drainage des eaux pluviales doivent également être prévus.

Les barrières de confinement, constituées de structures en maçonnerie ou en métal, doivent être de type continu et avoir une extension en longueur non inférieure à 20 m ou inférieure à 20 m, mais pas inférieure à la distance de sécurité à réduire.

Les distances de sécurité des parties dangereuses de la section d'alimentation sont réduites jusqu'à 50% si la section d'alimentation est complètement entourée par la barrière de confinement, quel que soit son périmètre.

Système d'urgence

C'est ce que prévoit le système d'urgence destiné à la sécurité incendie:

- les installations de GNL doivent être équipées d'un système d'urgence à activation automatique, qui peut être activé par:
 - boutons de réinitialisation manuelle;
 - des détecteurs d'incendie électroniques ou mécaniques;
 - détecteurs d'atmosphère inflammable et système d'alarme acoustique.
- le système d'urgence doit être activé le plus rapidement possible et, en tout état de cause, dans un délai maximum de 15 secondes à compter de l'activation:
 - Isolez complètement chaque réservoir cryogénique et chaque camion-citerne en fermant les vannes d'arrêt automatiques télécommandées;
 - arrêter les pompes cryogéniques et les compresseurs installés dans l'usine;
 - arrêter la pompe cryogénique, si le camion-citerne en est équipé;
 - interrompre l'alimentation du système de distribution;
 - le rétablissement des conditions de fonctionnement ne doit être possible que manuellement.

Spécifications de construction des méthaniers

Le service de logistique et de transport de GNL pour les stations-service est normalement assuré par des camions-citernes équipés d'un compteur volumétrique conformément aux spécifications de sécurité pour le transport et le déchargement de gaz inflammables (ADR). Chaque camion-citerne doit présenter les caractéristiques techniques requises par l'ADR, notamment:

- bouton d'urgence pour bloquer l'équipement de déchargement;
- le blocage automatique des roues du véhicule et l'ouverture des vannes de fond de cuve en soulevant au moins une des portes du compteur de litres;
- des clapets anti-retour sur les brides et/ou les raccords de chargement.

Procédures de déchargement du GNL

Les procédures suivantes sont données pour les opérations de déchargement du GNL:

- Le transfert de GNL ne peut être effectué en même temps que le transfert d'autres produits pétroliers et le ravitaillement des véhicules au GNL;
- le déchargement doit avoir lieu dans la zone réservée et équipée pour cette opération;
- Avant de commencer les opérations, diverses mesures de sécurité doivent être mises en place.

Les opérations de remplissage du ou des réservoirs stationnaires ne peuvent commencer qu'après:

- le moteur de la citerne a été coupé et les circuits électriques du véhicule ont été interrompus. Les camions-citernes équipés d'un système d'arrêt d'urgence peuvent décharger pendant que le moteur tourne si ce système est capable de fermer les vannes de fond de citerne et d'arrêter le moteur;
- le système d'arrêt installé sur le camion-citerne a été connecté au système d'urgence de l'usine;
- les roues du véhicule ont été bloquées par des dispositifs externes appropriés.

Mode libre-service

Le ravitaillement en libre-service est autorisé tant avec des systèmes habités que non habités, dans les conditions suivantes:

- présence de systèmes permettant de détecter la présence de l'utilisateur;

- des instructions détaillées fournies aux utilisateurs;
- présence de systèmes de communication capables d'aider l'opération de ravitaillement;
- présence de systèmes de contrôle à distance de la zone de distribution.

En ce qui concerne les détails de l'orientation fournie sur les distributeurs automatiques, la distribution en libre-service et les instructions aux utilisateurs, veuillez vous référer à la mise à jour fournie par le décret ministériel 12/03/2019, analysé ci-dessous.

1.3.1.2.4 Arrêté du 12 mars 2019 - développement du mode libre-service.

Le décret ministériel du 12 mars 2019 apporte des modifications et des compléments au décret ministériel 24/05/2002, avec une mise à jour et une nouvelle définition des "Normes de prévention des incendies pour la conception, la construction et l'exploitation des systèmes de distribution de gaz naturel en bordure de route pour les véhicules à moteur".

Le présent décret met en œuvre les dispositions du décret législatif 16/12/2016, n° 257 transposant la directive 2014/94/UE relative à l'établissement d'une infrastructure pour les carburants alternatifs et, en particulier, l'art. 18, alinéa 2, qui prévoit: "Afin de développer le mode de libre-service pour les installations de distribution de GNC, dans les douze mois à compter de l'entrée en vigueur du présent décret, par décret du ministère de l'Intérieur, en accord avec le ministère du Développement économique, la réglementation technique prévue par le décret du ministre de l'Intérieur du 24 mai 2002 n° 131 est mise à jour", et ses modifications ultérieures, sur le thème de la sécurité, en tenant compte des normes de sécurité utilisées en Europe".

Le décret entre en vigueur 30 jours après sa publication au Journal officiel. Les modifications des règlements techniques concernent les cas suivants:

- les distributeurs automatiques;
- les panneaux de sécurité;
- fonctionnement en mode libre-service;
- des instructions pour les utilisateurs du distributeur en libre-service.

Les principales innovations introduites par le décret sont analysées ci-dessous, avec une attention particulière aux prescriptions et aux indications fournies concernant la possibilité d'utiliser des distributeurs en libre-service, ce qui représente un élément de grande actualité et d'intérêt de la part des opérateurs du secteur car il est reconnu comme une mesure visant à stimuler le développement du marché.

Pour les distributeurs automatiques (titre II, point 2.7.5 du décret ministériel 12/03/2019), les compléments apportés prévoient:

- Les distributeurs pour la fourniture de gaz naturel pour les véhicules à moteur doivent être munis du marquage CE et de la déclaration de conformité correspondante, conformément au décret législatif n° 85 du 19 mai 2016. Ce marquage CE doit certifier que le distributeur est construit de manière appropriée, conformément à l'analyse des risques effectuée par le fabricant en vertu de toutes les directives européennes applicables.
- La distribution simultanée de carburants liquides et gazeux au moyen de distributeurs multiproduits conformes aux dispositions applicables en vigueur est autorisée; il est

toutefois interdit de faire le plein simultanément de plus d'un carburant dans un même véhicule.

- L'appareillage doit être équipé d'un raccord à décharge de traction sur le tuyau de chargement du véhicule.
- Le raccordement de l'unité de distribution à la ligne d'alimentation en gaz doit se faire par l'intermédiaire d'une vanne de surdébit.
- Un clapet de retenue doit être installé avant le pistolet d'alimentation en gaz du véhicule.
- Le système d'évacuation atmosphérique doit être capable de résister aux contraintes mécaniques produites par les gaz de combustion à la pression de service. Le conduit d'évacuation atmosphérique doit être acheminé vers une zone sûre et, dans tous les cas, l'extrémité supérieure du conduit doit être située à une distance d'au moins 2,50 m du plan de marche et protégée par un pare-flammes en acier inoxydable.
- Chaque appareil de distribution doit être muni d'un dispositif d'arrêt à la racine de l'appareil.
- Afin d'empêcher la distribution à des pressions supérieures à 220 bars, un système de contrôle automatique de la pression interagissant avec la tête de dosage, ou un système d'efficacité équivalente et non modifiable, doit être installé à chaque point de distribution de l'équipement de distribution.

Le même article précise que, pour permettre le ravitaillement en carburant en mode libre-service, les exigences suivantes doivent être prises en compte:

- Chaque dispositif de distribution doit être équipé d'un bouton de maintien qui commande l'alimentation en gaz par une action manuelle sur le dispositif lui-même. Toute pression ultérieure sur le même bouton entraîne l'arrêt immédiat de l'alimentation en gaz. Le bouton d'arrêt doit être positionné de manière à permettre à l'utilisateur d'avoir une vue complète de l'unité de distribution afin de vérifier que le gaz est correctement fourni.
- Dans les systèmes de libre-service avec personnel, dans une zone sûre, à une distance appropriée des distributeurs et dans une position qui garantit une vue complète des distributeurs, un système de communication doit être positionné de manière à ce que l'utilisateur puisse recevoir l'assistance du personnel responsable et au moins un point de contrôle à distance doit être installé sur les distributeurs à partir duquel le personnel responsable peut ordonner l'interruption de l'approvisionnement.
- Dans les installations en libre-service sans personnel, les exigences décrites ci-dessus sont maintenues, sauf que le système de communication doit être configuré

à distance, activé au moyen d'un bouton spécial ou par un appel à un numéro de téléphone clairement affiché, avec un standard téléphonique dédié actif 24 heures sur 24, permettant à l'utilisateur de recevoir une assistance pendant l'opération de ravitaillement, ainsi que de signaler un accident ou une situation d'urgence et de recevoir des instructions sur les opérations à effectuer et le comportement à adopter. Le personnel travaillant au standard téléphonique doit avoir obtenu le certificat de qualification technique (visé à l'article 3 de la loi n° 609 du 28 novembre 1996, après avoir suivi le cours de type C visé à l'annexe IX du décret du ministre de l'intérieur du 0 mars 1998).

Le titre IV, paragraphe 4.7 du décret définit les exigences et les méthodes d'**exploitation en libre-service des systèmes habités et non habités**, en définissant un certain nombre de prescriptions communes, notamment: la présence d'un accompagnateur formé, un système de vidéosurveillance, la reconnaissance de l'utilisateur, l'instruction et l'enregistrement dans une base de données spéciale des utilisateurs en libre-service, etc.

En particulier, en ce qui concerne le ravitaillement en mode libre-service, le décret prévoit que:

- Le fonctionnement en libre-service est autorisé dans les systèmes de distribution de gaz **avec personnel** s'il y a un préposé capable d'intervenir en connaissance de cause et rapidement en cas d'urgence. A cet effet, le préposé doit suivre un cours de prévention des activités à haut risque d'incendie conformément à l'arrêté du ministre de l'intérieur du 10 mars 1998 et acquérir une parfaite connaissance du plan d'urgence et des méthodes d'intervention relatives à la mise en sécurité du système.
- Le ravitaillement en libre-service **sans surveillance** en gaz naturel pour les véhicules à moteur est autorisé dans les conditions suivantes:
- Les installations sont équipées d'un système de vidéosurveillance, qui permet de visualiser l'appareil de distribution, la zone où les véhicules sont ravitaillés, la plaque d'immatriculation et le véhicule qui a fait le plein. Le système doit être en mesure d'archiver les images de manière appropriée, afin qu'elles puissent être consultées exclusivement par les organismes de contrôle dans le cadre de leurs activités.
 - a) Les installations sont équipées d'un système de reconnaissance de l'utilisateur, qui est identifié par la saisie de l'instrument de paiement électronique qui donne son consentement à la fourniture.
- Les utilisateurs qui ont l'intention d'utiliser la modalité de libre-service doivent être préalablement instruits sur la manière de réaliser le ravitaillement en libre-service, les risques qui y sont liés, ainsi que les avertissements, les limitations, les interdictions et le comportement à adopter en cas d'urgence, les conséquences d'un comportement inapproprié ou non autorisé et être enregistrés dans une base de

données spécifique. Cet enregistrement a lieu selon des modalités définies par le ministère de l'intérieur, partagées avec les ministères du développement économique et des infrastructures et des transports, et s'effectue sur le portail télématique du site web du ministère des infrastructures et des transports. Alternativement, l'enregistrement peut être effectué sur un portail télématique mis en œuvre par une société réglementée par l'Autorité de régulation des réseaux d'énergie et de l'environnement, ou alternativement, sur le portail d'un site web d'un organisme opérant dans le domaine des infrastructures gazières présentes sur l'ensemble du territoire national, sous réserve de l'approbation du Corps national des sapeurs-pompier.

En ce qui concerne la formation (instruction) nécessaire pour pouvoir utiliser le mode libre-service dans les installations non habitées (visées au point c), le décret précise que l'instruction doit se faire selon l'une des procédures suivantes:

- Instruction effectuée auprès d'un distributeur de gaz naturel pour véhicules à moteur avec système de libre-service par l'exploitant ou le personnel délégué par celui-ci, qui doit également comprendre une formation sur l'utilisation correcte du distributeur en libre-service et doit être accompagnée d'une notice de démonstration spéciale (c.1). L'achèvement de l'instruction entraîne l'enregistrement de l'utilisateur dans la base de données susmentionnée par l'opérateur.
- Instruction réalisée à l'aide d'un "tutoriel" (c.2), au moins en italien et en anglais, disponible sur le portail mentionné précédemment. La preuve de sa compréhension, c'est-à-dire que l'utilisateur a été instruit, est fournie par l'enregistrement des données personnelles de l'utilisateur qui a profité de l'instruction et, à l'issue de la procédure, l'utilisateur est automatiquement enregistré dans la base de données susmentionnée.

Dans le cas d'un système sans équipage, dans les deux modes d'instruction, l'utilisateur doit déclarer qu'il a été suffisamment instruit sur la manière de réaliser le ravitaillement en libre-service et les risques qui y sont liés, sur les avertissements, les limitations, les interdictions et le comportement à adopter en cas d'urgence, que les véhicules destinés au ravitaillement doivent répondre aux exigences de circulation conformément à la réglementation en vigueur, y compris les aspects relatifs à l'homologation des bouteilles installées et aux vérifications périodiques y afférentes, en assumant toute la responsabilité de l'utilisation correcte de ce système de ravitaillement (d).

Pendant la phase d'utilisation des systèmes de distribution de gaz naturel pour les véhicules à moteur, les utilisateurs doivent, en deux phases successives:

- déclarent, sous leur propre responsabilité, qu'ils ont été dûment instruits de la manière prévue au paragraphe c) ci-dessus et que les véhicules destinés au ravitaillement sont en possession des conditions requises pour circuler

conformément aux dispositions en vigueur, y compris les aspects relatifs à l'homologation des bouteilles installées et aux contrôles périodiques y afférents;

- déclarer utiliser personnellement l'instrument de paiement électronique, l'identification pour le mode libre-service pour le ravitaillement en carburant, confirmant en outre, avant de commencer la livraison de carburant, les déclarations précédentes sur les instructions et les exigences du véhicule, en assumant toute responsabilité résultant de l'utilisation non autorisée du système.

Signes de sécurité (Titre IV, paragraphe 4.5 du décret ministériel 12/03/2019)

Pour les panneaux de sécurité, il faut respecter les dispositions du décret législatif 9 avril 2008, n. 81. En outre, à l'intérieur de l'installation et à un endroit bien visible, des panneaux appropriés doivent être affichés, portant un diagramme de flux du système de gaz et un plan du système de distribution, mettant également en évidence les commandes d'urgence. Des indications spécifiques sont également fournies concernant:

- signalisation;
- les interdictions (fumer, téléphones portables, flammes nues);
- comportement en cas d'urgence;
- position des dispositifs de sécurité;
- les manœuvres à effectuer pour sécuriser le système (par exemple, l'actionnement des boutons d'urgence et le fonctionnement des équipements de lutte contre l'incendie).

Instructions pour les utilisateurs de distributeurs en libre-service (Titre IV, point 4.7.1 de l'A.M. 12/03/2019).

Le décret ministériel 12/03/2019 définit en détail les informations qui doivent être fournies "à proximité de l'appareil de distribution, dans une position facilement visible, avec des panneaux appropriés, rédigés en au moins deux langues, l'italien et l'anglais". Veuillez vous référer au texte du décret pour des indications spécifiques.

1.3.1.2.5 Installations de stockage de GNL d'une capacité supérieure à 50 tonnes

Avec la circulaire du ministère de l'intérieur 12 septembre 2018, prot. n° 12112, le guide technique de prévention des incendies pour l'analyse des projets d'installations de stockage de GNL d'une capacité supérieure à 50 t a été publié.

Le présent guide technique a été élaboré afin de fournir des informations permettant une évaluation homogène sur le territoire national en ce qui concerne les installations similaires

et les éventuelles solutions d'installation qui peuvent être adoptées et analysées dans les processus d'autorisation de ces installations.

Le Guide vise à diffuser la connaissance des caractéristiques et des particularités des installations liées à l'identification des risques spécifiques des installations de stockage de GNL de moyenne et grande taille, en approfondissant les principales criticités et les systèmes d'atténuation associés pour les installations de stockage de GNL (définies comme des installations "secondaires" par le tableau 6 de l'annexe III du décret législatif n° 257/2016) ayant une capacité de plus de 50 tonnes.

Le contenu du guide technique ne doit pas être interprété comme l'adoption de critères de prévention des incendies ou de principes d'évaluation des ratios de sécurité, mais comme un recueil de références techniques, sur lesquelles les parties prenantes et le personnel du CNVVF⁷ peuvent s'appuyer dans l'exercice des pouvoirs établis par le décret législatif n° 105/2015 et des procédures d'autorisation correspondantes.

Le guide peut être périodiquement mis à jour sur la base des contributions et des commentaires reçus, ainsi qu'en fonction des innovations qui peuvent résulter de la publication de nouvelles réglementations techniques pour le secteur.

La référence principale pour le domaine d'intérêt du guide est la norme UNI EN 1473:2016 "Installations et équipements pour le gaz naturel liquéfié (GNL) Conception des installations au sol" qui renvoie à un grand nombre d'autres normes mentionnées dans le document suivant. Pour les installations plus petites, la norme EN 13645:2006 est une référence utile pour la conception des installations de stockage de GNL d'une capacité comprise entre 5 t et 200 t.

Certains des principaux aspects relatifs aux éléments de stockage (réservoirs) sont décrits ci-dessous, étant entendu que les normes techniques pertinentes sont la source réelle à laquelle il faut se référer et qu'il faut se reporter au Guide technique pour obtenir des informations détaillées sur les autres composants.

⁷ Brigade nationale des pompiers

Zones de stockage (réservoirs cryogéniques)

Les éléments des zones de stockage sont essentiellement les réservoirs cryogéniques, ainsi que les pompes cryogéniques qui les desservent.

Les réservoirs cryogéniques sont fabriqués dans des matériaux adaptés pour supporter les basses températures du produit. La norme technique de référence est la norme ISO EN UNI 16903:2015.

Les réservoirs actuellement utilisés fonctionnent normalement à des pressions de service allant de la pression atmosphérique à 9 bars.

Les réservoirs peuvent être de trois types différents:

- Confinement unique: implique un seul récipient de matériau approprié, entouré d'une couche d'isolation;
- Double Containment: implique deux conteneurs, l'un à l'intérieur de l'autre. Le récipient interne est fait d'un matériau approprié pour contenir le GNL, tandis que le second est fait d'un matériau qui ne peut pas contenir le GNL pendant une longue période. Une isolation spéciale est placée entre les deux conteneurs;
- Confinement complet: dispose d'un confinement externe fait d'un matériau approprié pour contenir tout déversement de GNL en phase liquide.

Dans le cas des réservoirs cylindriques et sphériques à simple confinement, une zone de confinement doit être prévue pour recueillir et contenir toute fuite éventuelle de GNL, construite de manière à éviter, en cas de rejet, le stationnement de produit liquide sous le réservoir lui-même.

Pour les réservoirs à double confinement, les bassins doivent être construits de manière à éviter, en cas de déversement, la station du produit liquide sous le réservoir lui-même selon les critères énoncés dans la norme UNI EN 1473: 2016, tandis que, selon la même norme, pour les réservoirs à confinement total, la construction de zones de confinement accessoires n'est pas envisagée.

Des vannes d'arrêt sont prévues sur les conduites reliant l'installation aux systèmes de raccordement (pour les opérations de transfert de GNL), tandis qu'un système d'inertage et de drainage est prévu sur les conduites.

Dans le cas du GNL, les matériaux doivent être adaptés aux températures d'utilisation. En outre, comme l'exige la norme UNI EN 1473: 2016, pour les réservoirs de GNL atmosphériques dont la pression est inférieure à 0,5 bar, les tuyaux de raccordement doivent provenir exclusivement du toit du réservoir.

En ce qui concerne les distances de sécurité, la seule indication de la norme UNI EN 1473:2016 est que l'espace entre deux réservoirs adjacents doit être au moins égal à la moitié du diamètre du confinement secondaire du réservoir le plus grand.

Pourcentage maximal de remplissage du réservoir

Le pourcentage maximal de remplissage n'est pas une valeur standard commune et dépend de chaque site, du type de réservoir utilisé et des choix de conception effectués par le concepteur pour assurer la sécurité.

La norme technique de référence (UNI EN 1473:2016) ne fournit pas d'indications spécifiques sur la limite du remplissage maximal d'un réservoir. Par conséquent, le degré maximal de remplissage est défini lors de la phase de conception par le concepteur, dans les limites établies par le fabricant.

Les réglementations visées par la directive 2014/68/UE (sur l'harmonisation de la législation relative à la conception des équipements sous pression) applicables aux réservoirs ne fixent pas non plus de limites au niveau de remplissage maximal. Toutefois, la réglementation stipule que les citernes doivent obtenir la certification correspondante délivrée par un organisme notifié.

La norme technique de référence pour la conception, la fabrication, l'inspection et l'essai des réservoirs fixes cryogéniques isolés sous vide conçus pour une pression maximale admissible supérieure à 0,5 bar (UNI EN 13458-2:2004) indique comme pourcentage maximal de remplissage de la phase liquide 98% du volume total du réservoir, réduit à 95% dans le cas des réservoirs destinés à contenir des liquides inflammables. Cette norme peut également servir de référence utile pour les mêmes récipients dont la pression maximale admissible est inférieure à 0,5 bar.

Les réservoirs à fond plat fonctionnent généralement à des taux de remplissage d'environ 80%.

1.3.2 Législation nationale en France

La France participe au MoU de Paris, l'organisation qui harmonise les systèmes de contrôle par l'État du port, en veillant à ce que les navires respectent les normes internationales de sécurité et d'environnement. Début 2019, le Mémorandum de Paris, en coopération avec d'autres mémorandums, a mené conjointement une campagne de sensibilisation à l'intention des navires qui n'étaient pas prêts à se conformer à la directive sur le soufre. Les agents de contrôle de l'État du port du mémorandum d'entente de Paris contrôleront le respect de la directive sur le soufre au moyen des bons de livraison, des journaux et des registres des navires, ainsi qu'en prélevant des échantillons dans les conduites de carburant pour vérifier la teneur en soufre des carburants utilisés⁷. Par ailleurs, le ministère français de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie a déjà publié en mars 2017 une note technique décrivant le plan d'action à suivre par les autorités publiques en cas d'infraction au règlement sur le soufre signalée à l'aide d'un drone⁸.

Plus précisément, la France a confié la fourniture d'échantillons à SGS Oil, Gas & Chemicals. Environ 5 000 échantillons sont analysés chaque année dans les dépôts et 20 000 dans les stations-service, avec un taux de non-conformité global très faible (0,1%).

Pour faire face aux cas de non-conformité, la France a déjà mis en place une législation appropriée pour sanctionner les violations de la directive sur le soufre. Plus précisément, la loi 218-15 prévoit une peine de prison et une amende de 200 000 euros en cas de violation des limites de soufre⁹.

Enfin, depuis 2011, la France a déjà établi par la loi un registre public auprès des fournisseurs de combustibles marins¹⁰.

Selon la loi n° 2015-992 (article 52) et la loi n° 2016-816 (article 86)⁸, l'État français doit soutenir les opérations pilotes et les installations de soutage/distribution de GNL dans les ports, sauf en cas d'absence de demande ou de coûts disproportionnés (y compris les avantages environnementaux).

Un aperçu des directives relatives aux opérations de soutage du GNL est inclus dans le Règlement pour le transport et la manutention des marchandises dangereuses dans les ports maritimes (RDM), publié par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

⁸ Loi 2015- 992 pour la transition énergétique pour la croissance verte e Loi 2016-816 pour l'économie bleue.

Des réglementations locales sur l'avitaillement en GNL ont également été développées dans différents ports, comme le port du Havre.

En outre, le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie a établi le plan national pour l'utilisation du GNL comme carburant marin, ce qui a contribué à l'achèvement du NPF. Le plan vise à soutenir les parties prenantes dans le financement des projets pertinents, l'harmonisation des réglementations sur l'utilisation du GNL comme carburant marin, le suivi de la formation de toutes les parties prenantes et la promotion des projets d'infrastructures de GNL comme carburant en France.

En transposition de la directive DAFI, 2014/94/UE, la France a procédé à l'élaboration de son Cadre stratégique national (CSN) pour le développement du marché des carburants alternatifs dans le secteur des transports et la mise en œuvre des infrastructures correspondantes avec le "**Cadre d'action national pour le développement des carburants alternatifs dans le secteur des transports et le déploiement des infrastructures correspondantes**" (CANCA).

Il est divisé en plusieurs macro-sections:

- "État des lieux des carburants de substitution dans le secteur des transports";
- "Mesures et objectifs pour le développement d'une infrastructure de charge pour les carburants alternatifs";
- Annexes techniques sur la méthodologie de dimensionnement des réseaux de recharge électrique et d'approvisionnement en gaz naturel pour les transports et autres usages et sur l'estimation de la demande annuelle future de GNL maritime et fluvial.

Chaque section traite du sujet pertinent en déclinant les différents carburants alternatifs (électricité, gaz naturel pour le transport, GNL pour le transport maritime et fluvial, hydrogène et biocarburants).

En ce qui concerne le GNL pour le **transport maritime et fluvial**, CANCA souligne comment le développement de ce carburant est une priorité pour la France depuis 2011, comme principale solution technologique pour répondre aux besoins environnementaux actuels et futurs.

Les premiers utilisateurs potentiels de GNL à usage maritime sont identifiés dans les navires de croisière en relation avec les opérations de "repassage à froid", qui permettraient aux navires d'utiliser uniquement des moteurs auxiliaires au GNL pendant les escales. Les porte-conteneurs et les ferries ont également un fort potentiel pour le marché du GNL.

Dans le secteur de la navigation intérieure, bien que ses avantages environnementaux soient bien établis, le GNL n'est pas une priorité, car ce mode de transport utilise déjà un carburant à faible teneur en soufre et le taux de renouvellement de sa flotte est plus faible.

Afin de réaliser un dimensionnement fiable des points de ravitaillement en GNL sur le réseau central du TEN-T pour les ports maritimes d'ici 2025 et pour les ports intérieurs d'ici 2030, comme l'exige la directive 2014/94/UE, une étude prévisionnelle évaluant la demande en GNL était nécessaire. Cette étude a été réalisée par l'Association française du gaz en impliquant différents acteurs du secteur (autorités portuaires, armateurs, opérateurs de terminaux de regazéification, fournisseurs de gaz).

L'étude a pris en compte les cinq principaux paramètres suivants:

1. le trafic actuel et prévu pour chaque port;
2. la capacité d'approvisionnement actuelle de chaque port;
3. la consommation annuelle actuelle d'essence par type de navire et les quantités embarquées pour chaque opération d'approvisionnement;
4. les procédures opérationnelles des armateurs (contrats avec les fournisseurs d'énergie, remplissage d'un ou plusieurs dépôts de stockage, etc;)
5. le taux de conversion des navires au GNL lié aux pratiques de renouvellement de la flotte des armateurs.

D'autres facteurs considérés comme cruciaux dans l'évolution du marché du GNL sont également:

- la présence de terminaux de regazéification et leur emplacement géographique (Tableau 5);
- densité du transport maritime à courte distance (SSS);
- enregistrement d'un port dans le réseau central TEN-T;
- la mise en place d'instruments incitatifs publics ou privés et l'accès aux financements européens.

ZONE SEA	PORT	TERMINAL GNL	CAPACITÉ DE REGAZÉIFICATION	CAPACITÉ DE STOCKAGE	OPERATEUR
Atlantica	Nantes-Saint Nazaire	Montoir-de-Bretagne	10	360 000	Elengy
Mediterranea	Marseille	Fos-Tonkin	3	80 000	Elengy
		Fos-Cavaou	8,25	330 000	Elengy
Manche - Mer du Nord	Dunkerque	Dunkerque	13	570 000	Dunkerque GNL

Tableau 5 - Terminaux de regazéification sur le territoire français en 2017

L'étude de la demande future de GNL comprend deux scénarios, un scénario de base et un autre plus optimiste, pour les plans de soutage du GNL.

Selon le scénario de référence (Figure 5), les 7 points de ravitaillement en GNL seront développés dans les ports maritimes d'ici 2025 et dans 3 ports intérieurs d'ici 2030, à travers le réseau principal du RTE-T, en profitant des terminaux GNL existants sur le territoire français.

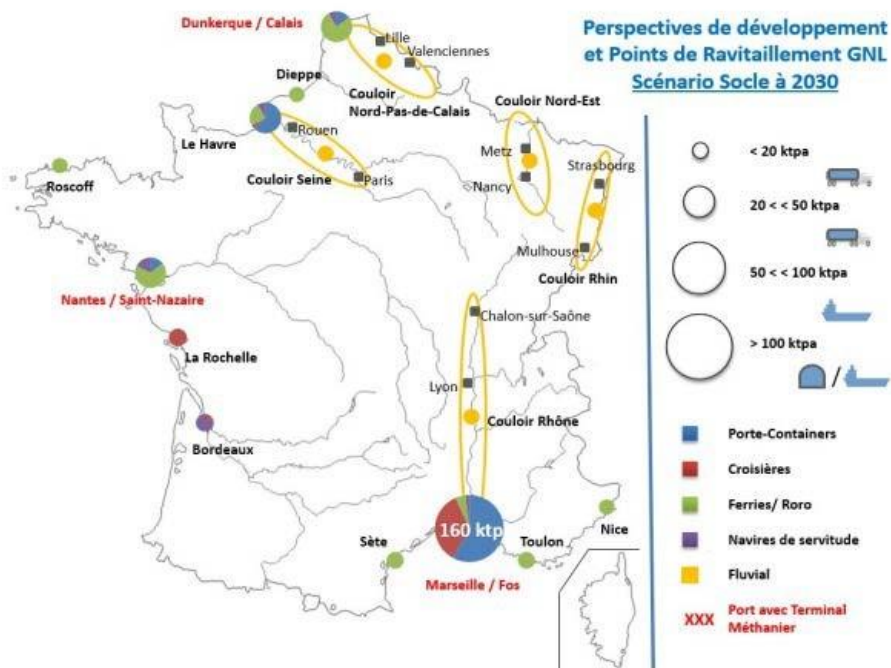


Figure 5 - Utilisation du GNL comme carburant marin en 2030: scénario de base

Plus précisément, sur le corridor méditerranéen, l'existence de deux terminaux GNL (Fos Cavaou, Fos Tonkin), le fort marché des croisières et le trafic maritime à courte distance créent un terrain fertile pour le développement du service de soutage de GNL dans le principal port maritime de **Marseille FoS** d'ici 2025. Une installation de ravitaillement en GNL a déjà été planifiée et des directives et procédures opérationnelles sont en cours d'élaboration.

Par ailleurs, dans le canal de la mer du Nord, le **port du Havre** accueille des services de soutage de GNL depuis mai 2016. En raison de leur situation géographique, de leur entrée dans le nord de l'Europe et de leur proximité avec la zone SECA, ainsi que de l'existence du terminal méthanier de Dunkerque, les ports de **Rouen** et de **Dunkerque** prévoient également d'assurer le soutage au GNL à l'horizon 2025.

Sur la côte atlantique, le terminal méthanier de Montoir-de-Bretagne a déjà permis le chargement de réservoirs de GNL. En raison de l'émergence de la demande, il convient d'accroître la capacité de chargement en soutenant les principaux ports de **Nantes Saint-Nazaire** et de **Bordeaux**, ainsi que le port polyvalent de **La Rochelle**.

En ce qui concerne les ports intérieurs, des projets d'avitaillement mobile en GNL du camion au navire ou de petites usines de GNL pourraient être développés dans les ports de **Strasbourg, du Havre** et de **Rouen** d'ici 2030, via les corridors Rhin-Alpes, Atlantique, Mer du Nord-Méditerranée, Rhin-Danube.

Le scénario optimiste (Figure 6) comprend également:

- le principal port maritime de **Calais** dans le corridor de la mer du Nord;
- les grands ports maritimes de Dieppe, Brest, Nice, Toulon, Roscoff, Caen Ouistreham Cherbourg;
- le port intérieur de **Paris** et chaque réseau de voies navigables (Seine, Nord-Est, Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Saône).

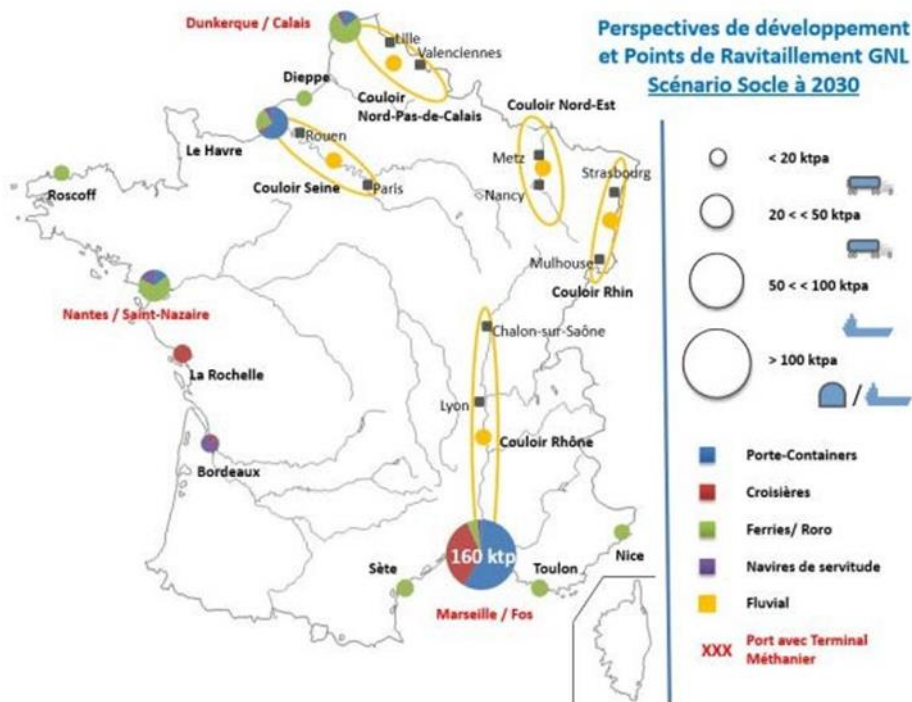


Figure 6 - Utilisation du GNL comme carburant marin en 2030: scénario optimiste

En ce qui concerne l'estimation nationale de la demande de GNL pour le **transport maritime**, à la fin de 2025, elle varie entre environ 150 kt pour le scénario progressif et environ 500 kt pour le scénario optimiste, selon la répartition indiquée dans le tableau ci-dessous.

ZONE SEA	SCÉNARIO PROGRESSIF (KT)	SCÉNARIO OPTIMISTE (KT)
Atlantica	60	220
Mediterranea	30	50
Manche - Mer du Nord	60	220
Total GNL marin	150	490

Tableau 6 - Scénarios de demande de GNL maritime jusqu'en 2025

La France entend améliorer l'offre actuelle, en visant à augmenter le réseau dans au moins un port de chacune des trois zones maritimes d'ici 2025:

Zone Manche-Mer du Nord: a un fort potentiel du fait de sa situation géographique, de son appartenance à la zone SECA et de la présence du terminal de regazéification de Dunkerque. Depuis 2016, un service d'approvisionnement fonctionne au port du Havre et d'ici 2025, il pourra également être assuré, par le biais de pétroliers, dans les autres grands ports maritimes des régions de Rouen et de Dunkerque.

Zone méditerranéenne: c'est la zone où les objectifs de développement de l'approvisionnement en GNL à l'horizon 2025, tant par voie maritime que fluviale, sont les plus concentrés, grâce à la présence de deux terminaux de regazéification (Fos Tonkin et Fos Cavaou), à la densité du transport en TMCD et à l'opportunité de capter le marché, en plein développement, de l'approvisionnement des navires de croisière. La présence combinée de ces facteurs favorisera l'augmentation de la capacité d'approvisionnement du port de Marseille.

Espace Atlantique: L'Espace Atlantique offre déjà un service d'approvisionnement par camions-citernes à partir du terminal de regazéification de Montoir, dont il est prévu d'augmenter la capacité afin de renforcer la distribution de GNL pour d'autres usages, tels que les stations de ravitaillement pour véhicules lourds et les applications industrielles.

L'étude montre que la solution d'approvisionnement par des navires-citernes est la plus simple et la plus rapide à mettre en œuvre, mais pourrait s'avérer limitée pour les besoins du marché potentiellement initié par les navires de croisière ou les porte-conteneurs nécessitant de grands volumes de GNL. On estime qu'à partir de 700 m³, un mode d'approvisionnement par bateau ou par pipeline depuis une station terrestre est nécessaire.

Compte tenu des prévisions de la demande, la mise en place d'une solution d'avitaillement d'une capacité supérieure à celle des pétroliers pourrait s'avérer nécessaire à court terme pour les ports du Havre et de Marseille.

En ce qui concerne l'estimation nationale de la demande de GNL pour le **transport fluvial**, elle varie, à la fin de 2030, entre environ 20 kt pour le scénario de base et environ 50 kt pour le scénario optimiste (dans les deux scénarios, plus de 70% sont attribués au seul bassin du Rhin, qui dispose de plus gros bateaux), selon la répartition présentée dans le tableau ci-dessous.

BACINO	SCÉNARIO ÉVOLUTIF	SCÉNARIO OPTIMISTE
Nord-Pas-de-Calais	1	2
Nord-Est	2	2
Rhin	12	35
Seine	3	5
Rhône	1	2
Total GNL intérieur	20	50

Tableau 7 - Scénarios de demande de GNL pour le transport fluvial à l'horizon 2030

Les plus grandes incertitudes concernent la demande future de GNL fluvial, exprimée ci-dessus, n'ont pas permis de déterminer avec précision les emplacements futurs des infrastructures de GNL et/ou des services d'approvisionnement nécessaires en 2030 pour répondre à la demande estimée.

Le CANCA propose également quelques considérations sur l'utilisation sur le territoire national du gaz naturel pour le **transport routier**, appelé Gaz Naturel Véhicule (GNV), tant sous sa forme comprimée (GNC) que sous sa forme liquéfiée (GNL).

Fin 2015 en France, le réseau de ravitaillement de GNV était composé de 43 stations au total, 42 stations pour le GNC (12 également accessibles aux camions) et 1 station pour le GNL (également accessible aux camions).

La directive 2014/94/UE vise à développer le réseau de distribution de GNL à proximité des agglomérations urbaines et d'autres zones densément peuplées à l'horizon 2020 (pour le GNC) et le long du TEN-T à l'horizon 2025 (pour le GNC et le GNL).

Afin d'estimer un nombre adéquat de points de ravitaillement (uniquement le scénario "de base") pour répondre aux exigences de la directive, une étude spécifique a été réalisée qui s'est d'abord concentrée sur les principaux axes et nœuds du réseau routier français, où la demande de GNV est considérée comme la plus importante (réseau RTE-T et 9 grandes zones urbaines françaises (Paris, Lyon, Marseille, Aix en Provence, Toulouse, Lille, Bordeaux, Nice, Nantes et Strasbourg).

L'approche dite de "descente" de l'étude est indépendante de la demande future en carburant et se base uniquement sur des critères d'accessibilité physique aux stations et de distance kilométrique entre deux stations, selon les principes suivants:

- le long de l'infrastructure TEN-T, la distance entre deux stations est considérée comme étant égale à la moitié de l'autonomie moyenne actuelle des véhicules, en fonction du type d'alimentation électrique;
- en milieu urbain, l'interdistance entre deux stations se traduit par un temps d'accès maximal à une station de ravitaillement, selon le type d'approvisionnement.

En particulier, le tableau ci-dessous montre les critères d'accessibilité pris en compte.

	Zones urbaines	Le long du réseau central du RTE-T
GNC	Interdistance de 30 km entre deux stations (égale à 30 minutes maximum de temps de déplacement du véhicule)	<ul style="list-style-type: none"> • Densité des stations dans les grandes agglomérations du réseau • Interdistance de 200 km entre deux stations • Stations situées dans des zones urbaines de plus de 100 000 habitants et à moins de 10 km du réseau RTE-T principal. • En outre, les ports du réseau central RTE-T sont également équipés d'une station GNC pour le ravitaillement des véhicules.
GNL		<ul style="list-style-type: none"> • Interdistance de 400 km entre deux stations • Stations situées à moins de 10 km du cœur du réseau TEN-T • En outre, les ports du réseau central TEN-T sont également équipés d'une station GNL pour le ravitaillement des véhicules.

Tableau 8 - Critères d'accessibilité pour l'estimation du nombre de points de ravitaillement en GNC et GNL - scénario de base

Sur la base de ces critères, l'étude a fourni les résultats du scénario de base:

- 79 points de ravitaillement en GNC au 31 décembre 2020 en tenant compte des stations existantes;
- 116 points de ravitaillement en GNC au 31 décembre 2025, dont environ 70 sur les axes RTE-T ou dans les zones urbaines;
- **25 points de ravitaillement en GNL** au 31 décembre 2025 le long du réseau TEN-T.

Il faut noter que l'approche ascendante permet de fournir un premier dimensionnement pour les points de ravitaillement en GNC et GNL, visant le développement initial de ces carburants, en minimisant le risque de sous-utilisation des stations; il sera ensuite nécessaire d'affiner les résultats afin de prendre en compte les spécificités locales du territoire et le dialogue avec les acteurs impliqués, en premier lieu les collectivités locales.

Par ailleurs, lorsque la demande est suffisamment forte pour saturer ce premier réseau ou justifier la présence de stations supplémentaires au-delà des agglomérations et des axes de transport initialement considérés, le réseau peut être intensifié sur la base d'analyses socio-économiques complémentaires.

Enfin, le CANCA présente une section de l'annexe 6.6 consacrée aux "Mesures prises pour développer les infrastructures de recharge/réapprovisionnement en carburants de substitution" qui énumère les mesures déjà prises et celles qui le seront bientôt, regroupées selon les catégories suivantes:

1. Cadre législatif et mesures réglementaires - comprend les mesures de nature législative relatives au transport routier, aérien et maritime, avec une attention particulière pour le secteur de la mobilité électrique. En ce qui concerne le GNL, nous soulignons la mesure "Évolution des réglementations nationales et portuaires pour l'utilisation sûre et économiquement durable du GNL comme carburant marin", qui vise à adapter le cadre réglementaire à la sécurité de l'industrie émergente du GNL. Actuellement, en effet, les opérations de soutage du GNL dans les ports français sont conformes aux règlements nationaux (RPM) et locaux (RLDM) pour le transport et la manutention des marchandises dangereuses et une étude de risque spécifique pour chaque port est requise.
2. Information, soutien et compétences - concerne les mesures d'information et de soutien (lignes directrices) pour les autorités locales et les autres parties prenantes. En ce qui concerne le GNL, on souligne la mesure "Schéma d'orientation national pour la distribution du GNL comme carburant maritime" approuvée en 2016, qui présente, parmi ses nombreux objectifs, la définition d'un cadre réglementaire et de financements publics nécessaires au développement du GNL maritime. La mesure "Actions pour la formation des opérateurs maritimes de GNL" concernant les opérations de stockage et de manutention à terre et dans les ports est également signalée.
3. Incitations - regroupe les mesures incitatives tant pour la mise en place d'infrastructures que pour l'achat et l'utilisation de véhicules utilisant des carburants alternatifs. En ce qui concerne le GNL, il convient de souligner la mesure "Aide financière à la conversion et à la construction de navires alimentés au GNL", qui établit le programme "Investissements pour l'avenir" pour financer des projets de recherche dans le secteur de la construction navale et aider les armateurs à adapter les navires aux nouvelles limites d'émission de soufre et d'azote.
4. Projets - comprend les propositions de projets élaborés au niveau national sur le thème des carburants alternatifs, tant en ce qui concerne les infrastructures que le transport routier et maritime. En ce qui concerne le GNL, la mesure "Création

de ports énergétiques exemplaires en termes d'efficacité, d'approvisionnement et de distribution d'énergie alternative" est mise en avant, qui soutient la conception et le développement d'une chaîne logistique innovante pour l'approvisionnement, le stockage et la distribution de GNL dans les ports.

5. Recherche, développement et innovation - comprend un certain nombre de projets de recherche et développement menés sur le territoire français, tels que la réutilisation des batteries de véhicules électriques et le développement d'infrastructures pour les véhicules à hydrogène.
6. Projets transfrontaliers coordonnés - regroupe les projets, mesures et initiatives européens auxquels la France participe avec d'autres États membres pour le développement de la mobilité transfrontalière basée sur l'utilisation de carburants alternatifs. En ce qui concerne le GNL, le projet européen "GAINN4MOS" est mis en avant. Il développe des actions pilotes innovantes pour soutenir l'utilisation du GNL maritime pour les navires dans les zones atlantique et méditerranéenne et réunit 6 États membres (Espagne, France, Croatie, Italie, Portugal et Slovénie).

1.3.2.1 Réglementation technique sur le stockage et le transport du GNL en France

Le cadre réglementaire français traite différemment les installations et équipements de stockage de GNL, pour lesquels il existe une législation existante, et les opérations de soutage dans les zones portuaires, pour lesquelles une législation est en cours d'élaboration, dans un souci d'harmonisation au niveau national et d'intégration aux réglementations locales de chaque port.

Bien que la réglementation du transport de GNL ne concerne pas directement les projets de construction d'installations de stockage et de distribution de GNL en zone portuaire, dans la suite de l'exposé, les grandes lignes du cadre réglementaire régissant le transport sont décrites. La réglementation en vigueur peut également s'appliquer au stationnement des pétroliers ou des navires et barges dans le port.

1.3.2.1.1 Réglementation ICPE

Les installations de stockage et de distribution de GNL peuvent relever du code de l'environnement et de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), en fonction des capacités concernées.

Toute installation industrielle ou agricole pouvant présenter un risque pour l'environnement, la sécurité ou la santé publique est une installation classée. Les activités visées par la législation sur les installations classées sont répertoriées dans une nomenclature qui les soumet à un régime administratif correspondant auquel il est fait référence pour réglementer le fonctionnement de l'installation, en fonction de l'importance des risques ou des nuisances qu'elles peuvent engendrer:

- **Déclaration:** pour des activités moins polluantes et moins dangereuses. Une simple déclaration à la préfecture est nécessaire;
- **Enregistrement:** conçu comme une autorisation simplifiée pour les secteurs pour lesquels les mesures techniques de prévention des nuisances sont bien connues et normalisées. Cette pratique a été introduite par l'ordonnance n° 2009-663 du 11 juin 2009 et mise en œuvre par une série de dispositions publiées au Journal officiel du 14 avril 2010;
- **Autorisation:** pour les installations présentant le risque ou la pollution les plus élevés. L'exploitant doit demander un permis environnemental avant la mise en service, en démontrant l'acceptabilité du risque. Le préfet peut autoriser ou refuser l'opération.

Le tableau suivant liste les activités potentiellement couvertes par une inscription à la Nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement (annexe de l'article R511-9 du code de l'environnement). Et il présente les informations suivantes:

- numéro et titre de l'inscription à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement;

- les détails de l'activité nécessitant une classification;
- les seuils de classification;
- schéma de classification prévu (D(C)): Déclaration (avec contrôle), E: Enregistrement; A: Autorisation);
- rayon de visionnement exprimé en kilomètres (pour les activités soumises à autorisation);
- les textes réglementaires associés: ces décrets fixent les exigences minimales et les dispositions de construction à prévoir pour le projet.

Le Tableau 9 présente les usines de GNL potentiellement concernées et une analyse des postes ICPE auxquels elles sont potentiellement soumises.

Il convient de noter que les installations de stockage et de distribution de GNL ne sont pas couvertes par les points suivants du tableau:

- 1434 Installations pour le stockage ou la distribution de liquides inflammables. Ce point couvre les liquides dont le point d'éclair est compris entre 60°C et 93°C, et le point d'éclair du GNL est >-58°C;
- 1435 Stations-service. Cette rubrique couvre les installations où les carburants sont transférés de réservoirs de stockage fixes dans les réservoirs de carburant des véhicules à moteur, des navires ou des avions. Cependant, la rubrique 1414-3 autorise déjà ces installations et est spécifique aux gaz liquéfiés. Il s'applique donc mieux aux activités du projet 1435.

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
1414 Installations pour le stockage ou la distribution de gaz inflammables liquéfiés	1. Installations de remplissage de bouteilles ou de conteneurs	-	(A - 1)	Ordonnance du 04/10/2010 Ordonnance du 02/02/1998	Remplissage de conteneurs de GNL
	2. Installations de service pour le stockage de gaz inflammables (y compris le stockage souterrain):	a) Les installations de chargement ou de déchargement desservant une installation de stockage de gaz inflammables soumise à autorisation.	(A - 1)	Ordonnance du 04/10/2010 Ordonnance du 02/02/1998	Distribution de GNL associée à un stockage soumis à autorisation au titre du 4718 <u>Exemple:</u> chargement/déchargement de barges dans un terminal GNL
		b) Installations autres que celles visées au point 2.a, où le nombre maximal d'opérations de chargement et de déchargement est ≥ 20 par jour.	(A - 1)	Ordonnance du 04/10/2010 Ordonnance du 02/02/1998	Distribution de GNL sans stockage sous la rubrique 4718 ou en combinaison avec un stockage soumis à autorisation sous la rubrique 4718 <u>Exemple:</u> chargement/déchargement de camions ou de bus.

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
		c) Installations autres que celles visées aux points 2 a) et 2 b), où le nombre maximal d'opérations de chargement et de déchargement est ≥ 75 par semaine.	(DC)	Ordonnance du 05/12/2016	barges associées au stockage de GNL < 50 tonnes
	3. Installations de remplissage de réservoirs alimentant des moteurs ou d'autres équipements d'exploitation avec des dispositifs de sécurité (manomètres et soupapes)	-	(DC)	Ordonnance du 30/08/2010	Remplissage des moteurs GNL équipés de dispositifs de sécurité <u>Exemple</u> : remplissage des ferries de passagers
	4. Installations de chargement ou de déchargement de citerne à citerne, à l'exclusion des installations utilisées exclusivement pour l'entretien des citernes, lorsque les citernes sont définies par les règlements concernant le transport de marchandises dangereuses par route (ADR) ou par rail (RID).	-	(A - 1)	Ordonnance du 04/10/2010 Ordonnance du 02/02/1998	Forage des réservoirs <u>Exemple</u> : d'un train à un camion

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
2910 Combustion	A - Lorsqu'ils sont consommés exclusivement, seuls ou en mélange: gaz naturel, gaz de pétrole liquéfié, biométhane, fioul domestique, charbon, fioul lourd, biomasse, telle que définie aux paragraphes a) ou b) i) ou b) iv) de la définition de la biomasse, produits connexes de la scierie et de la transformation mécanique déchets de bois brut tels que définis au paragraphe b) v) de la définition de la biomasse, biomasse provenant de déchets en application de l'article L. 541-4-3 du Code de l'environnement, ou de biogaz provenant d'installations classées sous la rubrique 2781-1, si la puissance thermique nominale est:	(1) ≥ 20 MW et < 50 MW	(E)	Ordonnance du 03/08/2018	Générateurs d'électricité alimentés au gaz naturel pour fournir de l'électricité aux navires à quai (vaporisation du GNL avant sa combustion).
		(2) ≥ 1 MW et < 20 MW	(DC)	Ordonnance du 03/08/2018	

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
	B - Lorsque des produits autres que ceux visés au point A, ou de la biomasse telle que définie aux points b) ii) ou b) iii) ou b) v) de la définition de la biomasse, sont consommés seuls ou en mélange:	(1) Biomasse uniquement au sens du sous-paragraphe (b)(ii) ou (b)(iii) ou (b)(v) de la définition de la biomasse, biogaz autre que le biogaz relevant de la rubrique 2910-A, ou produit autre que la biomasse issue de déchets au sens de l'article L 541-4-3 du code de l'environnement, d'une puissance thermique nominale ≥ 1 MW et < 50 MW.	(E)	Ordonnance du 03/08/2018	Non applicable (produits autres que le gaz naturel)
		(2) Carburants autres que ceux visés au point 1 ci-dessus, avec puissance thermique nominale $\geq 0,1$ MW et < 50 MW	(A - 3)	Ordonnance du 04/10/2010 Ordonnance du 02/02/1998	Non applicable (produits autres que le gaz naturel)

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
4718 Gaz liquéfiés inflammables des catégories 1 et 2 (y compris GPL) et gaz naturel (y compris le biogaz raffiné, s'il est traité conformément aux normes applicables au biogaz purifié et raffiné, garantissant une qualité équivalente à celle du gaz naturel, y compris la teneur en méthane, et avec une teneur maximale en oxygène de 1%)	La quantité totale susceptible d'être présente dans les installations (*) comprenant des cavités souterraines (strates naturelles, aquifères, cavités salines et mines abandonnées, à l'exclusion du gaz naturel présent avant l'exploitation de l'installation) est la suivante: 1) Pour le stockage dans des récipients sous pression transportables:	(a) ≥ 35 t	(A - 1)	Ordonnance du 02/01/2008	Non applicable (pas de stockage de GNL sous pression)
		(b) ≥ 6 t et < 35 t	(DC)	Ordonnance du 23/08/2005 Ordre du 07/01/2003	

Section	Description de l'activité	Seuils	Système - Rayon de vision	Textes normatifs	Plantes potentiellement affectées
	La quantité totale susceptible d'être présente dans les installations (*) comprenant des cavités souterraines (strates naturelles, aquifères, cavités salines et mines abandonnées, à l'exclusion du gaz naturel présent avant l'exploitation de l'installation) est la suivante: 2) Pour les autres installations:	(a) ≥ 50 t	(A - 1)	Ordonnance du 04/10/2010	Stockage des réservoirs de GNL
		Seuil bas de la quantité SEVESO: 50 t Seuil haut de la quantité SEVESO: 200 t		Ordonnance du 02/02/1998 Ordonnance du 02/01/2008	
		(b) ≥ 6 t et < 50 t	(DC)	Ordonnance du 23/08/2005 Ordonnance du 07/01/2003	

Tableau 9 - Analyse des points ICPE auxquels les usines de GNL sont potentiellement soumises

Les procédures applicables à la création d'une installation relevant de la nomenclature ICPE dépendent du système identifié et de sa localisation dans un site ICPE existant ou non. Si l'installation prévue relève de plusieurs rubriques et de plusieurs systèmes, le système le plus important sera choisi pour la définition de la procédure à appliquer (par exemple, une procédure de permis tiendra compte de la déclaration).

Les procédures suivantes (en plus de la soumission d'une demande de permis de construire, si nécessaire) doivent être suivies lors de la construction d'une installation sur un nouveau site:

- Pour le système de **déclaration**: la procédure est numérisée avec l'utilisation du téléservice et le remplissage du formulaire Cerfa n° 15271. A l'exception des zones sensibles (Natura 2000, etc.) ou des demandes de dérogation, la procédure ne nécessite pas d'étude spécifique (en dehors des descriptions et des plantes) et son application est immédiate. Dans ce cas, le risque est considéré comme acceptable avec l'application de mesures standard à l'échelle nationale et définies dans des "ordonnances types". Pour le système à courant continu, outre la déclaration au préfet avant la mise en service, l'installation est soumise à un contrôle périodique par un organisme accrédité.
- Pour le système d'**enregistrement**: une demande d'enregistrement doit être déposée à la préfecture du département. Dans le cas classique, les conseils municipaux sont consultés avant l'examen du dossier, qui est finalement transmis au CODERST. Lorsque le préfet autorise le fonctionnement de l'installation, un arrêté préfectoral d'autorisation est préparé (l'enregistrement est un régime d'autorisation simplifiée). L'ensemble de la procédure d'enregistrement peut prendre jusqu'à 5 mois (7 mois en cas de transfert vers le CODERST). En fonction de la sensibilité du projet (impact environnemental, risques pour les zones voisines, etc.), le préfet peut décider d'instruire la demande d'enregistrement comme une procédure d'autorisation. Dans ce cas, le dossier nécessitera une étude de risque et éventuellement une étude d'impact environnemental. Le délai de traitement de la demande est le même que pour un dossier d'autorisation.
- Pour le régime d'**autorisation**: la demande de permis d'environnement doit être déposée auprès de la préfecture du département. En particulier, le dossier nécessite la réalisation d'une étude de risque pour démontrer l'acceptabilité du risque et peut être soumis à une évaluation environnementale avec, dans ce cas, l'obligation de réaliser une étude d'impact environnemental. Si le préfet autorise l'exploitation de l'usine, un arrêté préfectoral d'autorisation est préparé après consultation du public et passage éventuel devant le CODERST. L'instruction de la procédure d'autorisation dure généralement 11 mois.

L'installation d'une station fixe terrestre de GNL d'une capacité de stockage supérieure à 50 tonnes doit donc faire l'objet d'un examen spécifique dans le cadre du classement Seveso "seuil bas" et l'installation d'une station fixe terrestre de GNL d'une capacité de stockage supérieure à 200 tonnes doit faire l'objet d'un examen spécifique dans le cadre du classement Seveso "seuil haut" qui nécessite notamment une maîtrise de l'urbanisation (mise en place de servitudes).

Pour l'**intégration d'installations dans un site ICPE existant**, les modifications doivent être communiquées à l'administration (via une note de synthèse). En cas de changements significatifs, ils doivent être notifiés avec tous les éléments techniques, quantitatifs et organisationnels pertinents qui permettent à l'administration d'évaluer leur potentiel à causer des risques et/ou des nuisances significatifs dans l'environnement du site.

En fonction de l'importance de la modification, le site sera soumis soit à des exigences supplémentaires établies par arrêté préfectoral, soit à une nouvelle demande de permis d'environnement.

Enfin, notez qu'un projet peut faire l'objet d'un débat **public**; ce débat doit avoir lieu, si nécessaire, avant le dépôt officiel des dossiers. La liste des catégories d'opérations relatives à des projets d'hébergement ou d'équipement à soumettre à la Commission nationale du débat public est fixée à l'article R121-2 du code de l'environnement.

Pour les équipements industriels, le plafond de soumission d'un projet au débat public est de 300 millions d'euros.

1.3.2.1.2 Réglementation de la loi sur l'eau

La loi sur l'eau, codifiée au chapitre 4 du titre Ier du livre II du code de l'environnement, s'applique aux IOTA (Installations Travaux et Activités) en vertu de l'article R214-1 de ce code. La nomenclature classe les IOTA en rubriques selon un système d'autorisation (A) ou de déclaration (D), généralement sur la base de seuils. Les installations de stockage et de distribution de GNL peuvent relever du code de l'environnement et de la législation IOTA. Les éléments potentiellement applicables à un projet devront être identifiés en fonction des volumes, de la qualité et de l'origine des prélèvements et des rejets de l'installation.

Les éléments identifiés dépendent notamment de:

- l'emplacement du projet;
- la taille de la parcelle associée au projet;
- l'origine de l'eau utilisée;
- la destination des eaux rejetées.

Il n'est pas possible de déterminer les éléments IOTA applicables en l'absence de détails sur le projet. Toutefois, certains éléments potentiellement pertinents sont énumérés dans le tableau ci-dessous.

Section IOTA	Description	Seuils	Système
Titre I - Prélèvements			
Non applicable			
Titre II - Rejets			
2.1.5.0	Rejet des eaux pluviales dans les eaux douces de surface ou dans le sol ou le sous-sol; la superficie totale du projet, augmentée de la superficie correspondant à la partie du bassin naturel dont les eaux de ruissellement sont interceptées par le projet, est de:	≥ 20 ha	(A)
		> 1 ha et < 20 ha	(D)
2.2.2.0	Rejets en mer; capacité totale de rejet:	> 100 000 m ³ /jour	(D)
2.2.4.0	Installations ou activités qui entraînent un rejet d'effluents dans le milieu aquatique de plus d'une tonne/jour de sels dissous.	-	(D)
2.3.1.0	Rejets d'effluents dans le sol ou le sous-sol, à l'exclusion des rejets visés au 2.1.5.0, des rejets des installations visées aux 2.1.1.0, 2.1.2.0, des déversements visés aux 2.1.3.0 et 2.1.4.0 et des réinjections visées au 5.1.1.0.	-	A
Titre III - Impact sur l'environnement aquatique ou la sécurité publique			
Non applicable			
Titre IV - Impact sur le milieu marin			
4.1.2.0	Travaux portuaires et autres travaux réalisés en contact avec le milieu marin et ayant un impact direct sur ce milieu. Pour un montant:	≥ 1.900.000 €	(A)
		≥ 160.000 € e < 1.900.000 €	(D)
Titre V - Systèmes de permis valables en tant que permis au titre de la loi sur l'eau			
Non applicable			

Tableau 10 - Analyse des sections de l'IOTA auxquelles les usines de GNL sont potentiellement soumises

Les procédures suivantes doivent être suivies pour un nouveau site (en plus de la soumission d'une demande de permis de construire si nécessaire):

- Si le projet est soumis à déclaration au titre de la loi sur l'eau, un dossier de déclaration doit être déposé auprès du guichet IOTA du territoire où se situe le projet. Le préfet peut s'opposer à la déclaration ou notifier des prescriptions particulières au projet dans un délai de deux mois à compter de la réception du projet complet. L'absence de réponse vaut acceptation de commencer les travaux à la fin des deux mois.
- Si le projet est soumis à autorisation, le seuil d'autorisation atteint dans la nomenclature "eau" ouvre la porte à la procédure de permis environnemental. Mais cela comprendra d'autres procédures réglementaires (par exemple, dérogation pour les espèces protégées, autorisation d'aménagement de friches industrielles, déclaration ICPE), qui doivent être répertoriées. Le délai d'instruction d'un dossier de permis d'environnement est d'environ 11 mois.

Dans le cas d'une autorisation ICPE et/ou loi sur l'eau, une seule demande d'autorisation environnementale doit être déposée à la préfecture, qui doit couvrir les éventuelles demandes (déclaration ou enregistrement) relatives à l'autre procédure.

Pour la modification des installations à l'intérieur d'un site IOTA existant, les changements effectués doivent être signalés au préfet du département. Le préfet peut modifier à tout moment les prescriptions par ordonnance sur demande motivée du propriétaire ou sur recommandation du service de police de l'eau.

1.3.2.1.3 Réglementation portuaire

Les opérations de soutage du GNL dans les ports sont régies par les règles relatives au transport et à la manutention des marchandises dangereuses dans les ports: **le RPM** au niveau national (résultant des règles du **code des transports**), **le RLMD** et les éventuelles **contraintes de sûreté** au niveau local, notamment à travers **le RPP**.

Le RPM (Règlement des ports maritimes: arrêté du 9 décembre 2010 modifiant le règlement annexé à l'arrêté du 18 juillet 2000 réglementant le transport et la manutention des matières dangereuses dans les ports maritimes) précise que "les opérations d'avitaillement sont autorisées [...] pour les navires, les barges jumelées ou les navires-citernes à moteur, sauf dispositions particulières prévues par la réglementation locale". Il précise également que pour chaque port maritime, le préfet du département dans lequel est situé le port édicte un règlement local pour le transport et la manutention des marchandises dangereuses, après instruction locale (en particulier, l'instruction de l'étude de risque permettra d'établir les règles d'accueil et d'exploitation). En fonction du contexte local, le règlement peut définir des procédures plus précises selon lesquelles les opérations d'avitaillement doivent être effectuées.

Il est donc nécessaire d'adapter les réglementations portuaires locales RLMD (Local Regulations for the Transport and Handling of Dangerous Substances) pour prendre en compte les spécificités du GNL. Le RLMD, délivré par le préfet du département où se situe le projet, doit préciser notamment les zones et les conditions dans lesquelles les opérations d'avitaillement peuvent être réalisées.

Dans le cas des ports maritimes, les dispositions peuvent également être complétées par les dispositions du Règlement général de police pour les ports maritimes de commerce et de pêche.

En outre, dans les zones portuaires, les contraintes de sécurité peuvent induire des exigences supplémentaires concernant les conditions d'accès et de circulation dans ces zones. Il peut s'agir d'installations vitales, de zones de sécurité portuaire, de zones à accès restreint, etc.

Le cadre réglementaire des opérations de soutage des navires alimentés au GNL est en cours d'élaboration en vue d'une harmonisation à l'échelle nationale. Globalement, les procédures de base recommandées pour la réalisation de ces opérations, dans le but de définir des minima acceptables, sont les suivantes:

- la réalisation d'une analyse préliminaire des risques pour déterminer les zones potentielles d'avitaillement dans les ports;
- effectuer une analyse complète des risques de la zone sélectionnée, en tenant compte des spécificités locales (notamment si le soutage est prévu pendant des opérations commerciales, pour tenir compte de la présence potentielle du public ou de navires à proximité);
- l'obtention de l'accréditation de la société d'avitaillement auprès des autorités portuaires;
- intégration des opérations d'avitaillement dans la réglementation locale de chaque port, avec détermination des modalités d'autorisation de l'avitaillement.

L'autorité portuaire mène donc rigoureusement des études préliminaires pour définir les zones pouvant accueillir en toute sécurité les opérations de soutage. Les compagnies/navires de soutage réalisent alors des études détaillées pour démontrer que les activités prévues respectent les zones de sécurité recommandées par le port.

Par ailleurs, la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages a introduit dans le code de l'environnement l'obligation de réaliser des **études de risques pour certaines infrastructures de transport**. Les infrastructures concernées comprennent notamment les aires de stationnement routier et les ports maritimes et fluviaux. C'est notamment le cas pour la zone d'étude du port de Toulon (et de plusieurs autres ports de France listés dans

l'arrêté du 15 juin 2012): ce port est visé par l'article R. 551-10 du code de l'environnement. À ce titre, **l'étude de risque du port pourrait être mise à jour** pour inclure les installations de stockage/approvisionnement en GNL dans la description des activités portuaires. Toutefois, il convient de noter que les opérations de soutage du GNL ne sont pas en soi couvertes par cette réglementation.

1.3.2.1.4 Transport de GNL par voie maritime ou fluviale

Pour le secteur maritime, les navires relèvent des codes de l'**OMI**, du **code IGC** pour les navires de soute et du **code IGF** pour les navires fonctionnant au GNL.

L'OMI (Organisation maritime internationale) est l'institution spécialisée des Nations unies chargée d'assurer la sécurité et la sûreté du transport maritime et de prévenir la pollution des mers par les navires.

Le code international relatif à la construction et à l'équipement des navires transportant des gaz liquéfiés en vrac (IGC) fait partie du chapitre VII (transport de marchandises dangereuses) de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), adoptée en 1974, relative à la sécurité des navires marchands. Le code IGC regroupe un certain nombre d'exigences relatives à la construction de navires et de barges de soute. Les navires transportant du GNL doivent être inspectés et certifiés conformément aux conditions énoncées dans le présent code.

Le code IGF (Code international de sécurité pour les navires utilisant des gaz ou d'autres combustibles à bas point d'éclair) est une norme internationale qui fixe des exigences pour les navires fonctionnant au GNL. Le chapitre 8 de ce code est entièrement consacré à l'avitaillement et en particulier aux aspects de construction liés à l'emplacement et aux détails d'une station d'avitaillement. Les exigences fonctionnelles sont décrites ainsi que les éléments relatifs à l'emplacement de l'installation et des équipements, etc.

Les recueils et codes maritimes ont été transposés en France par l'arrêté du 23 novembre 1987 relatif à la sécurité des navires et les règlements qui lui sont annexés, pour tout ce qui concerne la sauvegarde de la vie humaine en mer, la prévention de la pollution, la sécurité et la certification sociale des navires.

En ce qui concerne le secteur de la navigation intérieure, les bateaux (qu'ils soient amarrés ou non) sont couverts par l'**accord européen ADN** et la CCNR pour le Rhin, qui n'est pas concerné par ce projet. L'ADN (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures) est une convention européenne qui fixe les exigences relatives à la construction et à l'exploitation des navires et des péniches ainsi qu'à la formation du personnel.

Cet accord permet le transport de GNL pour certains types de réservoirs pressurisés. En revanche, l'ADN doit être complété par la possibilité de transporter du GNL avec des

réservoirs à membrane. La révision de l'accord ADN était prévue pour 2019 mais n'était pas publiée au moment de la rédaction de cette étude: dernière version janvier 2017.

1.3.2.1.5 Transport terrestre du GNL

En termes de stationnement et de circulation, les méthaniers sont couverts par l'accord européen **ADR** et l'ordonnance **TMD** (transport de marchandises dangereuses).

L'ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route) est une convention européenne qui régit le transport des camions par route et des conteneurs par rail. L'ADR classe les substances dangereuses en différentes classes de danger; les gaz appartiennent à la classe 2. Le principe de l'ADR est que, à l'exception de certaines marchandises excessivement dangereuses, les autres marchandises dangereuses peuvent être transportées internationalement par des véhicules routiers, pour autant que les conditions soient remplies:

- Annexe A, en particulier en ce qui concerne l'emballage et l'étiquetage;
- Annexe B, notamment en ce qui concerne la construction, l'équipement et le fonctionnement du véhicule.

L'ADR prévoit notamment les exigences relatives aux camions de GNL et aux opérations de chargement/déchargement du GNL; le chapitre 8.4 de l'ADR prévoit les exigences relatives à la surveillance des véhicules dans une aire de stationnement.

L'ordonnance TMD du 29/05/09 relative au transport terrestre de substances dangereuses complète le règlement ADR (règlement européen) et introduit des exigences spécifiques pour les opérations effectuées sur le territoire français. L'annexe I de l'ordonnance TMD contient les dispositions spécifiques relatives au transport de marchandises dangereuses par route (2.3 - Transport et stationnement).

Selon le Code du travail, toute opération de chargement de camion doit faire l'objet d'un protocole de sécurité entre l'opérateur et le transporteur.

Le transport ferroviaire est couvert par le règlement **RID** (également transposé en France par l'ordonnance TMD).

1.3.2.1.6 Autres règlements

Les paragraphes précédents illustrent les différentes réglementations relatives aux installations de stockage et de soutage du GNL pour les navires, ainsi que pour le transport. Cela n'exclut pas que les réglementations habituelles soient également applicables à ces installations (code du travail, code de l'environnement, code de l'urbanisme...).

En particulier, outre les principaux cadres réglementaires mentionnés ci-dessus, les installations de stockage et de distribution de GNL peuvent être affectées par les réglementations suivantes en matière de planification et de zonage:

- Dépôt d'une demande de permis de construire ou de déclaration préalable. Les nouvelles constructions nécessitant un permis de construire sont les suivantes:
 - Construction dont l'empreinte au sol ou la surface de plancher est supérieure à vingt pieds carrés;
 - Les bâtiments dont la hauteur au-dessus du sol est supérieure à douze pieds et dont l'empreinte au sol ou au plancher est supérieure à cinq pieds carrés.
- Le délai normal d'instruction d'un permis de construire est de trois mois. Toutefois, des interactions avec d'autres dossiers administratifs peuvent prolonger cette période ou suspendre son exécution;
- L'installation dans un port maritime peut nécessiter une concession ou une autorisation d'occupation temporaire (AOT), notamment pour les opérations de soutage occasionnelles. En particulier, les AOT du domaine public maritime prennent la forme d'un arrêté préfectoral qui est délivré au demandeur après instruction par le service de gestion du domaine public maritime de la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM).

1.3.2.1.7 Le Règlement général de police

Le règlement général de police est issu du code des transports (livre III pour les ports maritimes, chapitre III). Dans le tableau ci-dessous, la réglementation est analysée afin d'identifier les éventuels obstacles au démarrage des activités, à l'installation des équipements GNL et aux adaptations nécessaires.

Article	Thème	Commentaires
R. 5333-1	Article	-
R. 5333-2	Définitions	Le GNL est défini comme une marchandise dangereuse dans le RPM: des règles doivent être établies dans un
R. 5333-3	Demande d'attribution de lits	Définir les spécifications pour le GNL et le TMD: attribuer une priorité spécifique?
R. 5333-4	Documentation à fournir pour la mission dans le port	Inclure les conditions d'admission au port des navires de GNL ou des navires transportant du GNL: obtenir l'approbation de la compagnie
R. 5333-5	Demande d'autorisation de sortie	Intégrer les conditions de sortie pour les navires de GNL ou de transport de GNL.

Article	Thème	Commentaires
R. 5333-6	Sièges, entrée et sortie des bateaux de pêche et de plaisance et des équipements flottants	-
R. 5333-7	Navires militaires français et étrangers	-
R. 5333-8	Dispositions communes à tous les navires, bateaux ou engins flottants en ce qui concerne leurs mouvements dans le port	Définir les spécificités pour les navires GNL ou les navires transporteurs de GNL: pilotage obligatoire/ remorqueurs autorisés?
R5333-9	Stationnement de navires, bateaux ou engins flottants, amarrage et ancrage	-
R5333-10	Accostage et amarrage	-
R5333-11	Passer à l'ordre	-
R5333-12	Le personnel à garder à bord	Définir les spécifications des navires alimentés au GNL ou transportant du GNL: exigences minimales en matière d'équipage?
R5333-13	Chasseurs et pertuis	-
R5333-14	Chargement et déchargement	Emplacements à définir pour les installations de GNL (zones de sécurité) et fréquence à définir.
R5333-15	Stockage et déménagement de marchandises	Fixer des règles spécifiques pour les installations de GNL: zones et délais.
R5333-16	Drains d'eau Ballad	Définir les spécificités des navires alimentés au GNL ou transportant du GNL: des contrôles renforcés?
R5333-17	Ramonage - Emission de fumée dense et malodorante	-

Article	Thème	Commentaires
R5333-18	Nettoyage des quais et des terre-pleins	-
R5333-19	Restriction de l'utilisation du feu et de la lumière	Insistez sur les interdictions dans les zones de sécurité du GNL.
R5333-20	Non fumeur	Insistez sur les interdictions dans les zones de sécurité du GNL.
R5333-21	Directives relatives aux réclamations	Intégrer les risques et les mesures spécifiques au GNL dans le plan de sûreté portuaire.
R5333-22	Construction, réparation, entretien et démolition de navires, bateaux et engins flottants, essais de machines	-
R5333-23	Engagement de navires, bateaux ou engins flottants	-
R5333-24	Pêche, collection d'animaux marins, natation	-
R5333-25	Circulation et stationnement des véhicules	Insistez sur les interdictions dans les zones de sécurité du GNL.
R5333-26	Stockage des équipements de manutention	Envisager des zones de sécurité pour le GNL dans les zones de stockage approuvées.
R5333-27	Exécution des travaux	Tenir compte des SIMOPS dans les analyses de risques.
R5333-28	Préservation du domaine public	Considérez le risque de déversement de GNL.

Tableau 11 - Analyse du règlement général de la police

1.3.3 Quelques considérations sur la transposition de la directive DAFI dans l'espace de coopération (Italie et France)

Les analyses effectuées dans les chapitres précédents ont mis en évidence la stratégie de développement du marché des carburants alternatifs dans le secteur des transports et la mise en place des infrastructures correspondantes dans la zone de coopération.

La transposition de la directive 2014/94/UE en Italie et en France présente quelques **éléments d'inhomogénéité** dans l'approche utilisée pour estimer le développement du réseau de distribution de GNL.

En ce qui concerne le GNL pour le transport maritime, le décret législatif n°. 257/2016 fournit des prévisions à court terme (jusqu'en 2020) et à moyen terme (de 2020 à 2030) basées sur l'estimation d'une demande potentielle tenant compte de facteurs tels que le type de trafic, l'âge du navire et la zone de trafic; la CANCA élabore plutôt deux types de scénarios, un "basique" et un "optimiste", tous deux à l'horizon 2025, en tenant compte de certaines incertitudes, telles que la captation effective du nouveau segment de marché des navires de croisière et la mise en œuvre d'outils incitatifs d'initiative publique ou privée et d'accès aux financements européens.

Du point de vue du GNL pour le transport intérieur, seule la France fournit deux scénarios (de base et optimiste, tous deux à l'horizon 2030) pour le développement du réseau en relation avec le transport fluvial qui, avec 5 corridors fluviaux principaux, dont le Rhin, représente un mode de transport important sur le territoire français; cependant, il est souligné que le GNL comme carburant alternatif n'est pas une priorité car ce mode de transport utilise déjà un carburant à faible teneur en soufre et a un taux de renouvellement de sa flotte plus faible.

En ce qui concerne le GNL pour le transport routier, en Italie, l'utilisation d'un modèle a permis de quantifier les trajets pouvant être effectués avec des véhicules fonctionnant au GNL, tandis qu'en France, on a adopté une approche qui ne se fonde pas sur la demande future de carburant, mais uniquement sur des critères d'accessibilité physique aux stations et de distance en kilomètres entre deux stations; il convient également de noter que la réglementation française considère toujours un scénario commun (scénario de base) pour le développement du GNC et du GNL.

Il est également possible d'identifier certains **éléments de convergence** dans la transposition de la directive DAFI par l'Italie et la France.

Dans les deux textes réglementaires analysés, une attention particulière est accordée à la question de la sécurité du stockage et de la distribution du GNL, tant en ce qui concerne la définition d'un cadre réglementaire relatif aux risques liés à l'utilisation de ce combustible qu'en ce qui concerne la formation du personnel chargé de l'exploitation et de la

maintenance des installations de stockage du GNL et des personnes qui l'utilisent comme combustible.

En ce qui concerne la question des procédures d'autorisation, l'Italie et la France en soulignent l'importance et proposent des mesures visant à les simplifier pour promouvoir efficacement les infrastructures de GNL. Le CANCA, contrairement au décret législatif n° 257/2016 ne traite pas directement de la question dans le corps du décret, mais présente quelques références réglementaires aux mesures présentées de manière synthétique à l'annexe 6.6 ("Schéma d'orientation national pour la distribution du GNL comme carburant maritime").

Enfin, les deux États membres soutiennent l'absolue nécessité de mettre en place des mesures et des instruments incitatifs pour le développement d'un réseau d'infrastructures pour la distribution du GNL (tant pour le transport maritime que routier) et pour faciliter la politique d'adaptation des navires aux nouvelles limites d'émissions de soufre et d'azote.

1.3.3.1 Utilisation de fiouls conformes: le cas italien.

En Italie, les cas de nouvelles fournitures de LSFO sont le cas Saras et le cas Bunker energy Spa qui approvisionneront respectivement les ports sardes de Sarroch et de Cagliari et le port sicilien d'Augusta. En outre, ENI et Exxon ont également déclaré leur intérêt pour l'approvisionnement du système portuaire italien en nouveaux carburants légers, en se concentrant principalement sur le port de Gênes.

La raffinerie italienne Saras est sur le point d'ouvrir un terminal de soutage dans le port sarde de Cagliari et Sarroch. L'installation fournira du fioul à très basse teneur en soufre (VLSFO) produit par la raffinerie de Sarroch (production de 300 000 barils par jour, 15 millions de tonnes par an). La société a déclaré que ce service a été proposé pour répondre aux besoins des navires à l'arrivée et au départ des ports susmentionnés, ainsi que pour offrir des options d'approvisionnement supplémentaires aux navires passant par le détroit de Sicile et la mer Tyrrhénienne.

Le soutage sera effectué par le pétrolier Atlantic, d'une capacité de 5 142 m³, tandis que l'activité commerciale sera assurée par Saras Trading SA, fondée en 2015, une société basée à Genève et détenue à 100% par Saras. Selon un rapport de Reuters, la société est également en train de construire un terminal de ravitaillement des navires sur son site de Sardaigne, à partir duquel le carburant pour son service de soutage existant sera fourni.

En plus du projet mentionné ci-dessus, Bunker Energy Spa a annoncé qu'elle est en train de finaliser la logistique avec les barges et les terminaux pour assurer la cohérence de la disponibilité et de la livraison des carburants conformes avant la date limite du 1er janvier 2020 fixée par l'OMI.

Le produit est traité directement par une raffinerie située dans le nord de l'Italie. Le premier lot de LSFO 0,5 PCT a déjà été introduit mais pour pouvoir le vendre, il faudra d'abord que

toutes les lignes et les pompes soient convenablement rincées pour éviter toute contamination par d'autres combustibles à plus forte teneur en soufre. L'objectif de Bunker Energy est de promouvoir le rôle d'Augusta en tant que port de soutage pour les navires traversant la Méditerranée. Des mesures similaires ont également été prises à Civitavecchia, où il existe une situation comparable à celle d'Augusta en termes de volume des réservoirs, environ 50 000 m³ contre 57 000 m³ en Sicile, et où la compagnie tente de pénétrer.

Les 7 sœurs ont également annoncé publiquement leurs projets respectifs pour l'Italie. En particulier, la société américaine ExxonMobil, présente en Italie sous la marque Esso, commencera bientôt à mettre à disposition dans une série de ports sa nouvelle ligne de combustibles navals EMF.5, des combustibles de soute LSFO (Low Sulphur Fuel Oil) conformes aux nouvelles limites établies par l'OMI qui entreront en vigueur le 1er janvier 2020.

Bientôt, le carburant à faible teneur en soufre produit et distribué par Esso sera également disponible dans le port de Gênes. Selon le Dr. Luca Volta, Marine Fuels Venture Manager chez ExxonMobil, Gênes sera approvisionnée à partir de septembre 2019 par le bunker EMF.5 produit par la raffinerie SARPOM de San Martino di Trecate (dont Esso Italiana est actionnaire majoritaire). La gestion des opérations connexes prévoit le stockage sous la Lanterna, où la société dispose d'un dépôt de carburant: le dépôt peut être approvisionné aussi bien par camion-citerne que par train. En outre, en cas de nécessité, il sera possible d'approvisionner Gênes avec la production provenant de la raffinerie d'ExxonMobil de Fos.

La raffinerie Iplom de Busalla (Gênes) et le groupe ENI ont également déclaré récemment leur intérêt pour l'approvisionnement du marché maritime en carburant à faible teneur en soufre, conformément aux exigences de la nouvelle réglementation qui entrera en vigueur le 1er janvier 2020. Dans le cas d'ENI, cela sera possible grâce à l'utilisation primaire de la raffinerie de Sannazzaro (Pavie), dont la production sera intégrée à celle provenant d'autres sites de l'entreprise. ENI estime préparer une capacité de production pour le nouveau type de combustible égale à environ 1 million de tonnes par an.

Au niveau italien, aucune donnée n'est disponible sur la consommation exacte de MDO et de MGO, et il ne semble pas que, contrairement au cas des combustibles résiduels légers, il y ait de nouveaux investissements pour augmenter la capacité des ports à approvisionner les navires avec cette solution. Le système italien semble être davantage orienté vers la fourniture de combustibles résiduels légers et non de distillats.

1.3.3.2 Projection de la demande de GNL au niveau national (Italie)

Le cadre stratégique national (QSN) relatif à la "fourniture de gaz naturel pour les transports et autres usages" joint à la transposition nationale de la directive 2014/94 (dite DAFI) relative à la mise en œuvre du réseau pour les carburants alternatifs a récemment analysé le

marché potentiel lié à la fourniture de gaz naturel liquéfié (GNL) pour la navigation maritime et intérieure, le transport routier et autres usages.

En ce qui concerne le marché du gaz naturel, le cadre national souligne comment l'émergence de nouvelles technologies a permis de mettre sur le marché des ressources qui, il y a quelques années encore, étaient impossibles à développer et qui ont conduit à une augmentation des volumes échangés et des acteurs impliqués, avec une multiplication conséquente des routes parcourues, avec plus de 350 transporteurs de gaz actifs sur les routes transocéaniques. Dans le même temps, la composante "spot" de l'offre a augmenté sa part, atteignant 30% des volumes échangés, et la concurrence entre les opérateurs alternatifs s'est accrue tant du côté de l'offre que de la demande.

En ce qui concerne le gaz naturel liquéfié (GNL), les estimations fournies par le cadre stratégique national prévoient un développement important du marché du GNL dans les années à venir. La consommation nationale de GNL en 2030 est estimée entre 5,5 et 7 millions de tonnes par an, dont:

- entre 50 et 60% pour le transport;
- entre 25 et 30% pour les usages industriels;
- entre 7 et 10% pour les usages civils;
- entre 14% et 20% pour le transport maritime

Les prévisions de l'évolution du marché sont liées à plusieurs variables, notamment:

- le maintien de l'avantage fiscal actuel du gaz par rapport aux carburants traditionnels;
- le maintien d'un cadre réglementaire favorable au développement du GNL;
- la disponibilité de véhicules à des prix compétitifs.

Les impacts de la directive AFI concernent un nombre plus limité d'acteurs de taille moyenne à grande dans le transport maritime, tandis que les actions dans le secteur routier pourraient toucher jusqu'à 80 000 entreprises possédant des véhicules lourds.

Il consumo di LNG stimato per il **2030** è pari a **5,5 - 7 milioni di tonnellate all'anno**, di cui:

- Tra il 50 e il 60% per il trasporto;
- Tra il 25 e il 30% per usi industriali;
- Tra il 7 e il 10% per usi civili;
- Tra il 14% e il 20% per il trasporto navale.

Previsioni per la diffusione di veicoli a LNG

Veicoli	2020	2030
Mezzi di trasporto pesante su strada a LNG veicoli pesanti	-	12 - 15% (30.000 - 35.000 mezzi)*
Mezzi navali alimentati a LNG di nuova costruzione	2	35
Conversione di mezzi navali alimentati a LNG	5	25

*percentuale sul parco circolante sia mono fuel che dual fuel

Figure 7 - Prévisions de développement du GNL pour les années à venir (source: PWC sur la base des données QSN, 2017)

APPLICAZIONE	PREVISIONI 2020	PREVISIONI 2025	PREVISIONI 2030
Impianti di stoccaggio presso terminali di rigassificazione	3	4	5
Impianti di stoccaggio (secondari) di GNL	5	15	30
Impianti di rifornimento di GNC integrati con GNL	2%	10%	800
Mezzi di trasporto pesante su strada a GNL - veicoli nuovi			12% - 15% (30-35.000)
Impianti di rifornimento di GNC	1300	1900	
Mezzi alimentati a GNC su strada	1.350.000	2.300.000	
Mezzi navali alimentati a GNL di nuova costruzione	2	20	35
Conversione di mezzi navali alimentati a GNL	5	20	25
Punti di carico per i veicoli cisterna di GNL	5	7	10
N. di punti rifornimento stradale lungo la rete TEN-T	3	5	7
Punti di rifornimento di GNL per mezzi navali nei porti	10	12	20

Figure 8 - Résumé du scénario de la demande envisagé par le cadre stratégique national

L'analyse des scénarios de développement de la demande a montré qu'à moyen-long terme, la demande de transport maritime, dans le sillage des réglementations sectorielles de plus en plus strictes en matière de pollution atmosphérique (limitation à 0,5% de la teneur en soufre des carburants marins d'ici 2020), pourrait jouer un rôle croissant dans le développement du marché du GNL et du réseau de distribution associé.

Les projections de Snam estiment la demande de GNL en Italie à 1,6 Mtpa en 2030 dans le scénario bas, et respectivement 2,4 et 3 mtpa dans les scénarios moyen et haut, avec un développement appréciable de la demande liée au soutage à partir de 2025. Le scénario bas prévoit une demande pour le secteur maritime d'environ 0,1 mtpa en 2025, avec une croissance à 0,6 mtpa en 2030.

Ces estimations sont également confirmées par une récente projection de REF-E (2019) qui prévoit un total d'environ 2,5 mtpa dans le scénario doux et jusqu'à 4,2 mtpa dans le scénario dur d'ici 2030, avec une demande maritime comprise entre 0,45 et 0,9 mtpa.

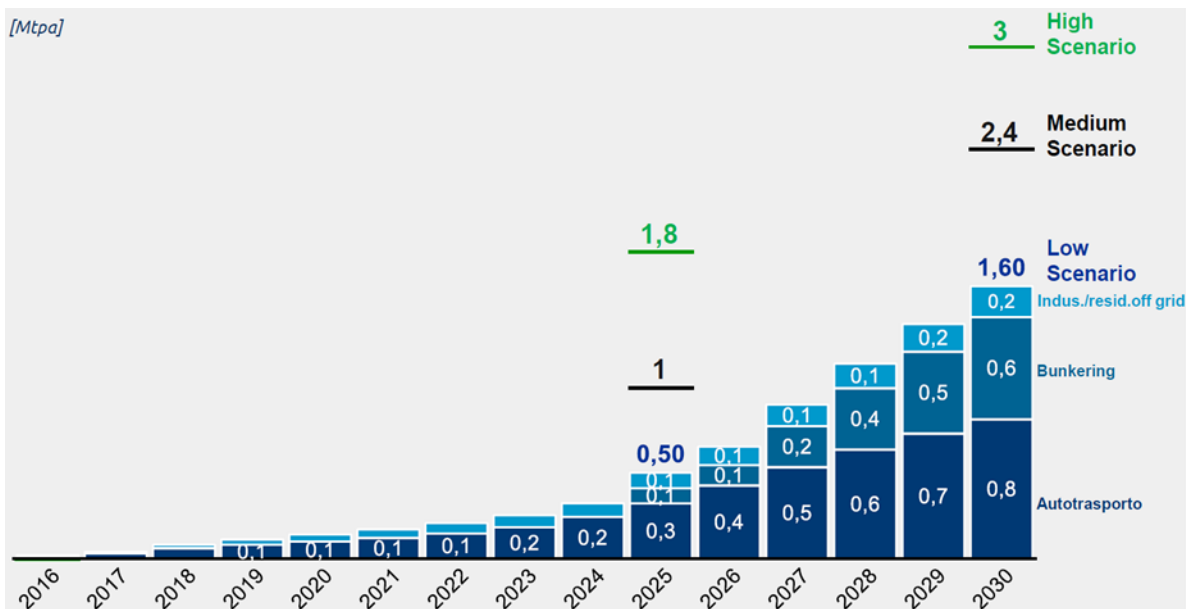


Figure 9 - Scénario de demande nationale par type d'usage à l'horizon 2030 (Snam)

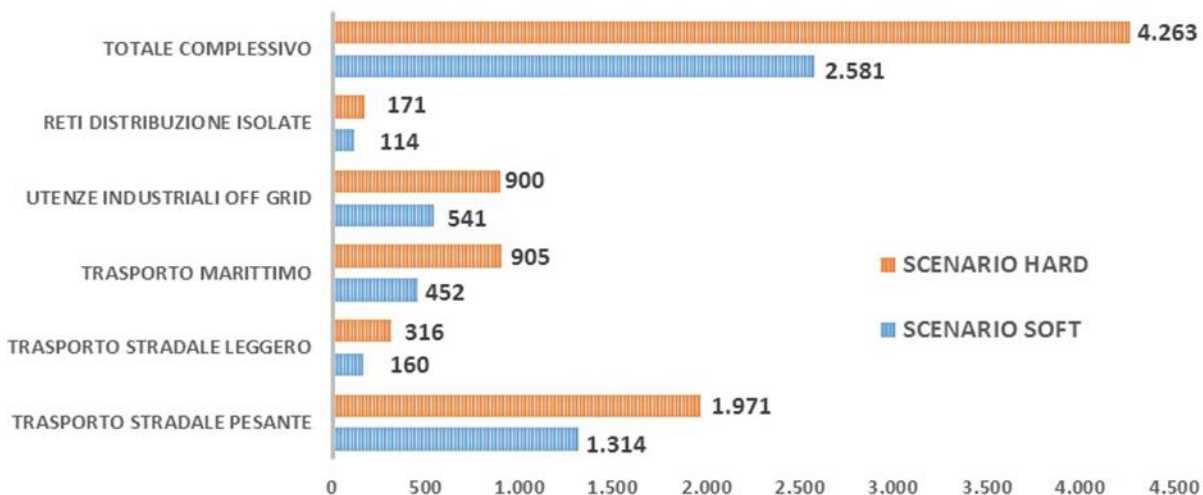


Figure 10 - Scénario de demande nationale (kt) par type d'utilisation à l'horizon 2030 (REF-E)

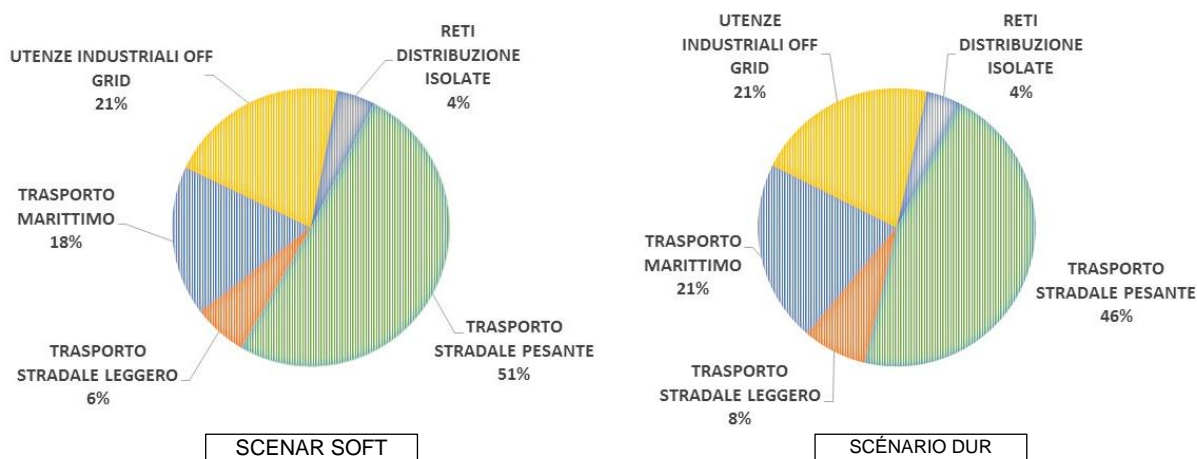


Figure 11 - Répartition de la demande nationale par type d'utilisation en 2030 (REF-E)

Il ressort des deux études que la demande de terres liée au secteur routier représente toujours la part majoritaire (estimée entre 45% et 50%), même dans les scénarios à moyen et long terme, et qu'elle constituera donc un élément important de la chaîne des infrastructures maritimes liées aux gisements côtiers.

En ce qui concerne le marché des autres utilisations industrielles (hors réseau), le QSN estime une pénétration de 20% d'ici 2030, avec une demande qui peut être quantifiée à environ 3,5 millions de mètres cubes de GNL. Les prévisions de pénétration du GNL sur le marché des utilisateurs non raccordés au réseau de distribution de gaz naturel en Italie fixent, comme objectif de consommation pour 2030, environ 1 million de tonnes par an de GNL consommé par les utilisateurs industriels, de 0,5 à 1 million de tonnes consommées par les utilisateurs de la distribution de GNL à usage automobile, et environ 0,3 million de tonnes consommées par les utilisateurs civils hors réseau. La consommation hypothétique totale pour les utilisateurs non raccordés au réseau de distribution de gaz naturel se situe entre 1,8 et 2,3 millions de tonnes de GNL.

1.3.3.3 Demande de GNL pour la traction en Italie

Dans le secteur routier, le potentiel de développement considérable du GNL est confirmé par le nombre croissant de véhicules immatriculés avec ce type de carburant ces dernières années. L'utilisation du GNL à des fins automobiles permet en effet d'augmenter l'autonomie par rapport au gaz naturel comprimé (GNC) tout en maintenant les avantages en termes de réduction des émissions par rapport au diesel. L'état liquide permet, avec le même volume, une autonomie d'environ 2,5 fois celle du GNC.

Le QSN prévoit, sur la base des données relatives au réseau routier primaire italien (où 311 300 voyages/jour sont effectués pour le transport de marchandises), un marché potentiel pour le transport avec des véhicules GNL d'environ 75 800 voyages/jour, soit environ un quart des voyages, dont plus de 50 000 sont représentés par des voyages aller-retour qui

utilisent un seul point de ravitaillement utilisé au début du voyage. Cela signifie qu'une grande partie des déplacements identifiés devraient avoir lieu dans un rayon de 300 à 400 km (source QSN).

Le NSF prévoit une demande de GNL pour poids lourds de 1 250 000 tonnes en 2025 et de 2 500 000 tonnes en 2030, avec un développement d'environ 800 stations GNL en 2030.

Selon les dernières données (2018) de l'association professionnelle Assogasliquidi, le secteur du gaz naturel liquéfié affiche une forte croissance tant au niveau de la consommation, qui a augmenté de 56%, qu'au niveau des stations-service, qui ont plus que doublé au cours de l'année.

L'évolution des stations-service fournissant du gaz naturel liquéfié a connu une croissance sans précédent au fil des ans. À ce jour, on compte au total 46 stations C-LNG en Italie, ce qui confirme que l'Italie est le premier pays européen, suivi de l'Espagne (43) et de la France (30).

Les stations ont été développées principalement dans le centre et le nord de l'Italie, tandis que le sud est pénalisé par le coût plus élevé du transport de la matière première en raison de la plus grande distance du point de chargement le plus proche (terminal de Marseille). La construction d'une infrastructure dans le contexte liguro-tyrrénien pourrait donc contribuer à faire baisser les prix de distribution du GNL et encourager le développement du réseau d'approvisionnement en GNL dans le sud de l'Italie également.

Les figures suivantes montrent le développement des stations dans le pays et dans la zone d'intérêt.

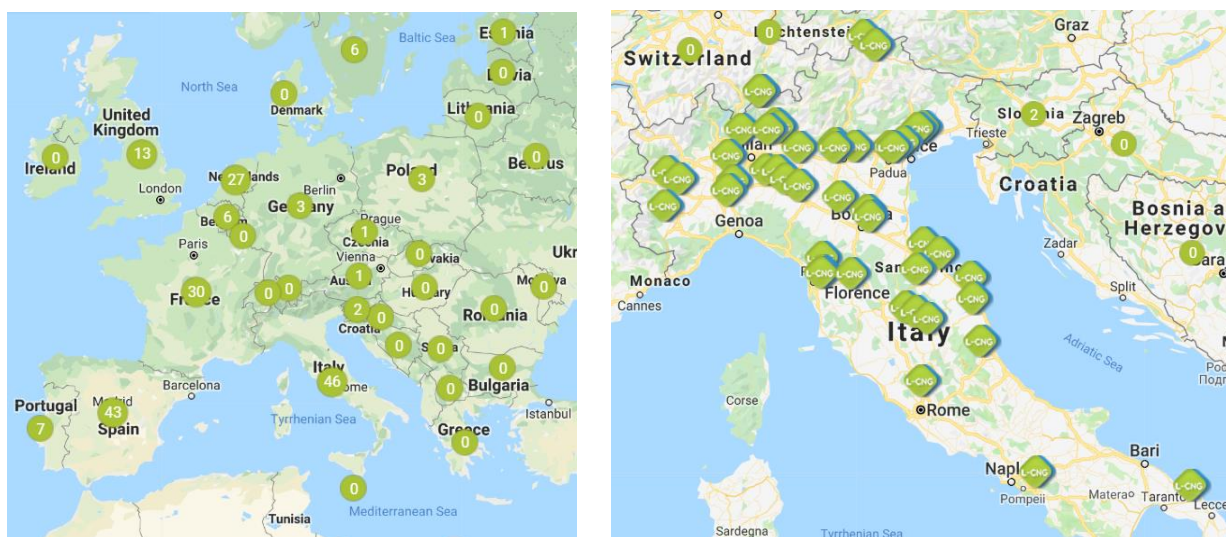


Figure 12 - Stations de ravitaillement en GNL construites en Europe (sn) et en Italie (dx)

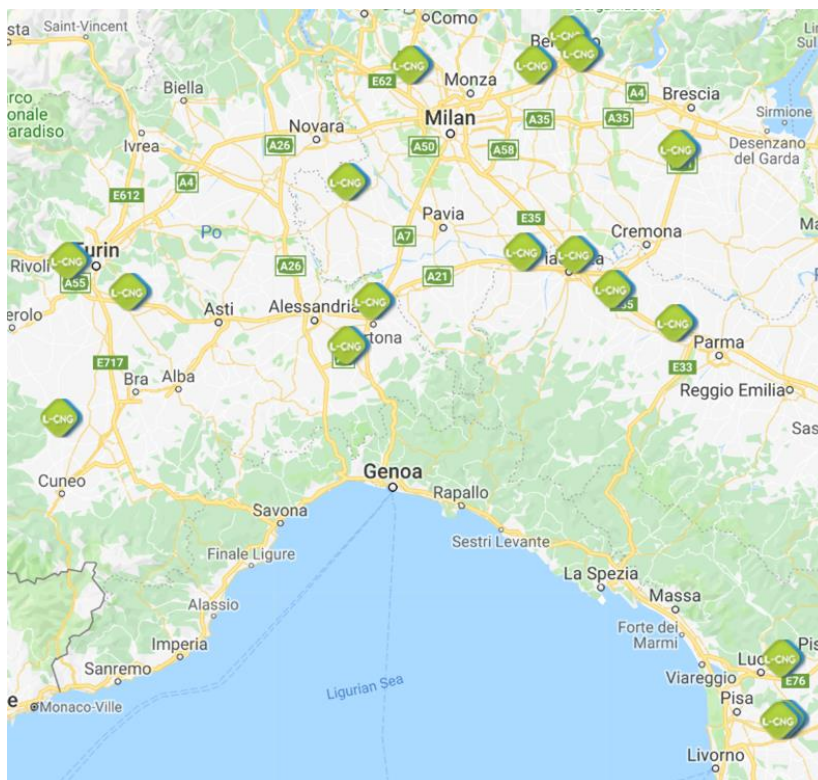


Figure 13 - Stations de ravitaillement en GNL dans le nord-est de l'Italie

Le MIT, à partir de 2015 et pour chaque année, prévoit des incitations pour l'achat de véhicules neufs, utilisés pour le transport de marchandises dont la masse totale en charge est égale ou supérieure à 3,5 tonnes. à traction alternative CNG, GNL, hybride (diesel + électrique) et électrique (Full Electric).

En ce qui concerne les véhicules lourds alimentés au GNL (d'une masse supérieure à 16 tonnes), le montant des contributions attendues consiste en une contribution non remboursable de 20 000 euros par véhicule pour un montant cumulé maximal de 700 000 euros, ce qui correspond à 35 camions.

Le développement du marché des véhicules lourds fonctionnant au GNL a été favorisé également grâce aux récentes solutions technologiques qui ont permis de réduire la consommation de carburant et de maximiser la capacité de charge. Actuellement, les solutions proposées par IVECO, leader du secteur, garantissent des moteurs de 460 chevaux avec double réservoir de GNL, qui assurent une autonomie de 1 150 kilomètres pour le "Low Tractor", tandis que dans le cas des véhicules non Low Tractor, l'autonomie maximale déclarée par le constructeur passe à 1 600 km. Le coût total de possession (TCO) déclaré est également inférieur de 9% à celui d'un véhicule équivalent fonctionnant au diesel.

Au premier semestre 2016, 177 camions fonctionnant au gaz naturel ont été enregistrés, dont 110 fonctionnant au GNL. L'augmentation (de 154% par rapport aux six mois

précédents) a été fortement corrélée à l'entrée sur le marché du Stralis NP de 400 ch d'IVECO, qui a répondu aux demandes des opérateurs en garantissant une puissance et une autonomie supérieures à celles de la version précédente de 320 ch.

L'évolution du nombre de véhicules lourds fonctionnant au GNL a connu une croissance encore plus significative au cours des deux dernières années.

Selon les dernières données de l'Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica - ANFIA 2018 (novembre), dans la progressive depuis le début de l'année, les immatriculations de camions GNL, (ptt >3,5ton) ont doublé, passant de 287 en 2017 à 600 unités, avec une part du total de 2,8%.

Parmi les carburants alternatifs, le GNL détient la plus grande part, ce qui montre que le marché reconnaît de plus en plus le gaz naturel comme la principale alternative au diesel pour l'usage automobile, étant une solution immédiatement utilisable et avec une infrastructure de distribution en expansion continue.

Les derniers chiffres disponibles pour l'année 2019 confirment la tendance à la croissance. Après le doublement substantiel des ventes l'année dernière, en janvier 2019, les immatriculations de camions fonctionnant au GNL ont plus que triplé (131 contre 41) par rapport au même mois de 2018, tandis qu'en février, 62 nouvelles immatriculations ont été enregistrées (+47,6%) par rapport à un marché global toujours en baisse (-12,1%) pour les véhicules lourds.

À ce jour, plus de 1 500 véhicules lourds fonctionnant au GNL sont en service sur le territoire national. Au niveau européen, les dernières données (2019) de l'Observatoire européen des carburants alternatifs dénombrent plus de 5 000 immatriculations de véhicules lourds fonctionnant au GNL en service sur le territoire de l'UE.

Alimentazione	Gen-Ott 2018	Gen-Ott 2017	Var %18/17
BENZINA	8	2	300,0
ELETTRICO	3	9	-66,7
GASOLIO	20.395	18.866	8,1
IBRIDO GASOLIO/ELETTRICO	108	46	134,8
GNL	600	287	109,1
CNG	237	166	42,8
TOTALE	21.351	19.376	10,2

Tableau 12 - Enregistrement des camions avec Ptt>3,5 tonnes. Par type de combustible (Source: Federmetano sur données ANFIA)

1.3.3.4 Demande de GNL pour l'utilisation des tpl

Récemment, la société Tper SpA (Trasporto Passeggeri Emilia-Romagna) a finalement approuvé par une résolution du conseil d'administration la fourniture de 46 nouveaux autobus fonctionnant au GNL (appels d'offres lancés entre 2016 et 2017) sur une flotte de plus de 1 200 véhicules.

Tper est la première société de transport public italienne à s'équiper d'une flotte d'autobus au GNL. Les véhicules fonctionnant au GNL sont une nouveauté absolue dans le domaine du transport durable dans les zones urbaines et interurbaines.

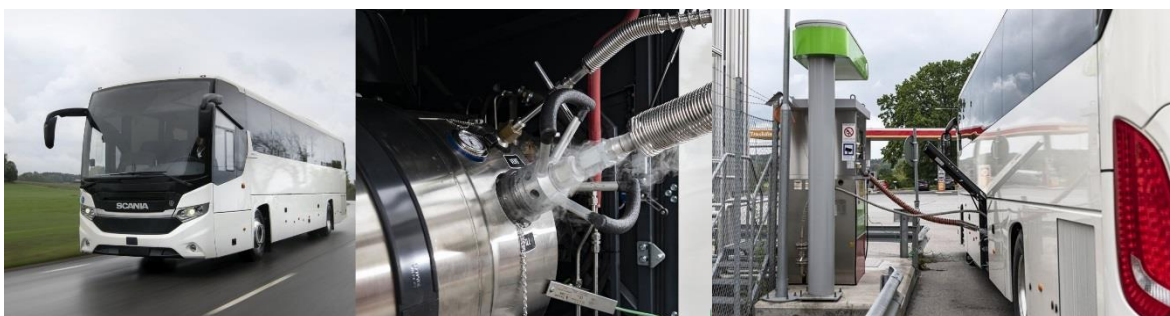
L'approvisionnement se fera par le biais de deux lots différents:

- 15 nouveaux véhicules Interlink Ld Lng fournis par SCANIA pour les opérations interurbaines;
- 31 nouveaux véhicules fournis par Industria Italiana Autobus de la gamme Citymood en version GNL pour usage métropolitain.

L'ensemble des fournitures impliquera un investissement de 11,5 millions d'euros (environ 250 000 euros par unité). Le premier lot d'autobus interurbains devrait être livré par SCANIA dans le courant de l'année, tandis que les véhicules Citymood devraient être livrés par IIA au printemps 2020.

Les bus GNL ont une autonomie déclarée d'environ 1 000 kilomètres et peuvent également être alimentés en biogaz liquéfié. La grande autonomie de déplacement rend ces véhicules particulièrement adaptés à une utilisation sur des trajets en dehors de la zone urbaine ou pour de longs trajets.

Afin de développer le projet, l'entreprise s'est équipée d'une station de ravitaillement spéciale GNC_C dans son propre dépôt de Via Ferrarese, construite avec un investissement d'environ 1,6 million d'euros.



1.3.3.5 Le biogaz en Italie

Considérons également que l'Italie est le deuxième producteur de biogaz en Europe après l'Allemagne et le quatrième au niveau mondial, avec plus de 1 700 installations actives (données du Consortium italien du biogaz, 2019). Aujourd'hui, il existe déjà une vingtaine de projets de liquéfaction en cours de conception et de construction dans le pays. Au cours des deux dernières années, l'Italie a enregistré le plus fort taux de développement dans le secteur, avec des investissements en cours, déclarés par les entreprises et calculés par REF-E et Conferenza GNL, s'élevant à 240 millions pour la mini-liquéfaction et la production de bio-GNL.

En Italie, cette opportunité est désormais rendue encore plus actuelle et pratique grâce aux nouvelles incitations à la production de biométhane destinée à être utilisée dans le secteur des transports⁹, établies par le décret du 2 mars 2018 du ministère du Développement économique et présentées dans le tableau ci-dessous.

Article DM	Provisions
Biométhane (art. 5)	Elle attribue des CIC aux producteurs de biométhane.
	Des augmentations sont prévues pour le type de matière première utilisé
Biométhane avancé (art. 6)	Prévoit le retrait des CIC aux producteurs de biométhane avancé
	Valoriser chaque CIC à 375€.
	Permet le retrait physique du biométhane par le GSE
Biocarburants avancés (art. 7)	Prévoit le retrait des CIC aux producteurs de biocarburants avancés
	Valoriser chaque CIC à 375€.
	Il n'y a pas de reprise physique du biocarburant.

⁹ l'incitation n'est accordée qu'au biométhane produit à partir de biomasse "non alimentaire", c'est-à-dire qui ne soustrait pas les sols et les cultures destinés à la consommation humaine

Article DM	Provisions
Conversions (Art. 8)	Reconnaît/prévoit le retrait des CIC des producteurs d'installations de biogaz converties au biométhane/biométhane avancé.
	Prévoit une réduction de l'incitation à l'électricité reçue au cours de la période restante du droit.
	Prévoit une réduction de l'incitation au biométhane si la conversion a lieu après la fin de l'incitation à l'électricité.

Tableau 13 - Le mécanisme d'incitation prévu par le DM Biométhane (Source: Assocostieri, 2018).

Le processus de production de BIO-GNL est décrit ci-dessous en 3 étapes principales:

- La production de biogaz est obtenue par le traitement des "biomasses" (c'est-à-dire toutes les matières d'origine organique qui n'ont pas subi de processus de fossilisation, comme les résidus de la chaîne agroalimentaire et la fraction organique des déchets solides municipaux - FORSU) à l'intérieur d'un digesteur, où les biomasses sont déplacées à certaines températures et, par un processus de fermentation, forment ce qu'on appelle le biogaz.
- Grâce à un processus de purification ultérieur, le gaz obtenu (biométhane) peut être utilisé comme carburant, combustible de chauffage et pour la production d'électricité.
- Après un nouveau processus de purification, le biométhane est liquéfié et stocké dans des réservoirs cryogéniques. Le Bio-GNL est directement utilisable dans les secteurs du transport routier longue distance et du transport maritime. Dans la phase de liquéfaction, le CO₂ est également soustrait du biométhane, qui peut être utilisé dans la production alimentaire.

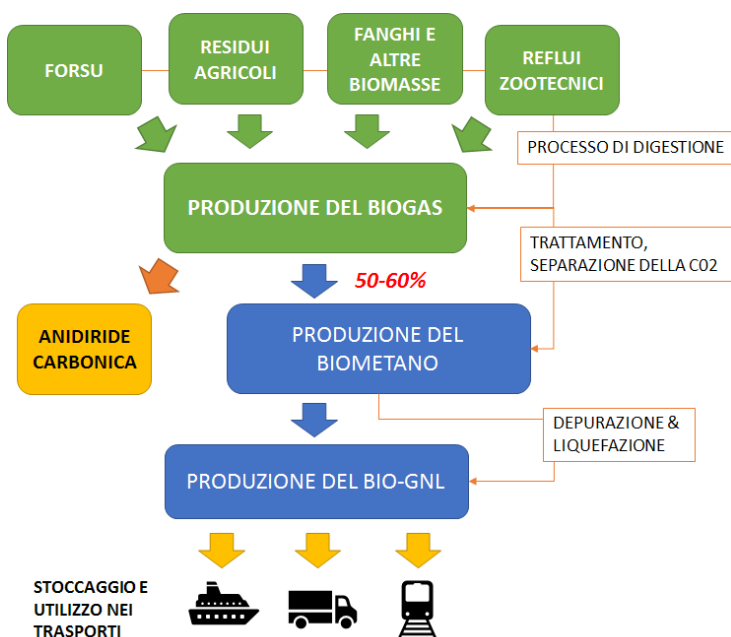


Figure 14 - Le processus de production du Bio-GNL



Figure 15 - Projets de liquéfaction du biométhane en Italie (Source: Consorzio Italiano Biogas, 2019).

Le rendement du biométhane issu du processus de valorisation du biogaz se situe entre 50 et 60% des volumes traités (1 m³ de biogaz produit environ 0,5-0,6 m³ de biométhane). Dans le processus de purification et de liquéfaction pour produire du Bio-GNL destiné à être utilisé dans les transports maritimes et terrestres lourds à longue distance, le rendement du biométhane est d'environ 95%.

En ce qui concerne la possibilité d'utiliser le Bio-GNL dans le domaine des transports, il convient de noter que les moteurs GNL sont déjà technologiquement prêts pour la traction au biométhane, car le Bio-GNL, du point de vue de sa composition, est tout à fait comparable au GNL traditionnel. D'un point de vue technologique, il n'existe aucune restriction quant au pourcentage de "mélange" entre le GNL et le Bio-GNL, pouvant atteindre un taux de substitution de 100% et garantissant des pourcentages de réduction des émissions de gaz à effet de serre allant jusqu'à 94% par rapport aux carburants traditionnels.

Cette compatibilité totale se vérifie non seulement sur terre, avec les innombrables opérations de ravitaillement de véhicules lourds en biogaz sous forme liquide ou comprimée (pur ou mélangé dans des proportions variables), mais aussi en mer, avec le récent ravitaillement, à l'aide de 100% de biogaz naturel, d'un pétrolier à double alimentation diesel/gaz naturel dans le port de Göteborg par la société scandinave Skangas.

L'utilisation de Bio-GNL dans les transports permettrait une réduction significative de la production de CO₂ par rapport aux carburants traditionnels. Selon les données fournies par le Freight Leaders Council (2019), en supposant l'utilisation d'un mélange composé de 20% de bio-GNL et de 80% de GNL conventionnel, le pourcentage de réduction, évalué en termes de [gCO₂-eq/km], passerait de 15% à 28% par rapport aux carburants conventionnels.

Dans le but de diffuser l'utilisation du Bio-GNL dans la chaîne de transport, récemment (18/04/2019) a été signé l'accord de coopération entre Consorzio Italiano Biogas, Confagricoltura, Eni, FPT Industrial, IVECO, New Holland Agriculture et Snam sur le biométhane. L'accord a une durée de trois ans et donne le coup d'envoi à une collaboration entre les parties pour le développement de la mobilité durable, notamment par le lancement en partenariat d'initiatives et de projets sur le biométhane destinés aux entreprises de la chaîne d'approvisionnement et la promotion de politiques de soutien auprès de l'administration publique et du législateur.

Récemment, le premier accord pour l'utilisation de Bio-GNL dans le transport routier a été conclu, signé par la société de logistique et de transport Maganetti de Valtellina et la coopérative agro-zooteknique Speranza de Candiolo (TO), qui regroupe 8 exploitations agricoles.

L'accord sur la chaîne d'approvisionnement prévoit la production de biométhane liquide à partir de fumier animal et de résidus de production agricole. L'usine est en construction et devrait être activée fin 2019, pour un total de 2 000 tonnes par an de méthane liquéfié qui couvrira plus de 100% des besoins de la flotte de l'entreprise.

Le biométhane liquide sera transporté jusqu'au point de ravitaillement de Maganetti à Gera Lario (Côme) et sera mis à la disposition de la flotte de tracteurs routiers du groupe fonctionnant au GNL.



1.3.3.5.1 Applications possibles dans le contexte de la Ligurie

Pour évaluer la demande potentielle estimée de biomasses utilisables pour la production de biométhane en Ligurie, étant donné la possibilité limitée d'utiliser des sources provenant du secteur agroalimentaire (résidus agricoles et déchets zootechniques surtout), on s'est référé principalement aux plans métropolitains et régionaux de gestion des déchets, dans lesquels les quantités de déchets produites dans la Région Ligurie ont été identifiées et projetées jusqu'en 2020.

Au niveau régional, en ce qui concerne en particulier le besoin organique total de la collecte sélective des déchets, une demande de 170.000 t/an a été enregistrée pour l'année 2017 et, en même temps, les estimations ont été mises à jour concernant le besoin de traitement FORSU prévu au régime, pour l'année 2020, entre 190.000 et 210.000 t/an (en fonction des prévisions de respect des objectifs concernant la réduction de la production de déchets urbains totaux et des objectifs minimaux de la collecte sélective des déchets)¹⁰.

Pour la seule zone métropolitaine de Gênes,¹¹ la demande potentielle estimée d'ici 2020 est d'environ 90 000 t/an, à satisfaire par une usine de digestion anaérobie d'une capacité de 60 000 t/an, par une série d'usines de compostage de proximité (3 000-4 000 t/an) et par des synergies fonctionnelles avec les usines existantes ou une éventuelle usine supplémentaire d'environ 30 000 t/an.

Sur la base des besoins régionaux estimés, il a été évalué un besoin d'au moins 4 usines de digestion anaérobie (DA) à construire sur le territoire régional. Sans tenir compte des évaluations concernant l'emplacement des installations possibles¹², les installations de biodigestion pour le traitement des déchets urbains résiduels supposées répondre aux besoins estimés ont une capacité de 30 000 à 60 000 tonnes par an.

Pour la taille de 60 000 t/an, les coûts d'investissement totaux s'élèvent à des valeurs comprises entre 18 et 24 millions d'euros (300-400 €/t traitée), pour la taille de 30 000 t/an, en raison des déséconomies d'échelle, l'augmentation des coûts d'investissement prévus peut être estimée à plus de 30% des coûts par tonne de déchets traités (pour environ 12-16 millions d'euros d'investissement total).

La possibilité de créer des installations de liquéfaction du biogaz produit par ces installations de digestion pourrait être évaluée en vue de contribuer au développement du réseau de

¹⁰ Plan de périmètre régional de gestion des déchets, 2018.

¹¹ Plan métropolitain du cycle des déchets, 2018.

¹² A identifier de préférence en contiguïté avec les stations d'épuration actuelles, dans le but de créer des pôles d'installations compétitives, comme dans le cas prévu dans la zone de Scarpino où les administrations ont confirmé leur engagement à construire une installation de biodigestion d'une capacité de 60.000t/an.

distribution de GNL pour le transport maritime et terrestre en Ligurie, au moins dans une phase initiale.

La construction d'une unité de liquéfaction de taille petite à moyenne fournirait en fait un élément d'infrastructure important qui permettrait à la fois la production de GNL sur le site et la gestion du gaz d'ébullition par re-liquéfaction.

Les petites unités de liquéfaction ont généralement une capacité de production de 35 à 135 m³ de GNL par jour, ce qui implique une consommation de gaz naturel de 900 à 3 600 m³ (n)/h. Les unités de liquéfaction de taille moyenne ont généralement une capacité de production de 270 à 2 000 m³ de GNL par jour, ce qui implique une consommation de gaz naturel de 7 200 à 54 000 m³ (n)/h.

Comme indiqué plus haut, en plus d'être une solution d'approvisionnement possible, l'avantage d'utiliser le Bio-GNL dans les transports garantirait une réduction supplémentaire des émissions de CO₂ et de gaz à effet de serre et une plus grande acceptabilité sociale des installations connexes.

Le tableau ci-dessous montre, en théorie¹³, la quantité de Bio-GNL qui pourrait être produite à partir de la capacité de traitement annuelle des usines de digestion (DA) supposée au niveau régional. Les options d'installations envisageables au niveau régional pourraient assurer une production de Bio-LNG égale à environ 3 700 m³/an (dans le cas d'un seul digesteur d'une capacité de 30 000t/an), 7 400 (dans le cas d'un seul digesteur d'une capacité de 60 000t/an), 22 100 (dans le cas de 2 digesteurs d'une capacité de 30 000t/an et de 2 digesteurs d'une capacité de 60 000t/an).

Si l'on considère la possibilité de charger et de distribuer le Bio-GNL par camion-citerne (d'une capacité moyenne supposée de 45 m³), dans les trois différentes options envisagées, 80 camions-citernes par an (1,6 camion-citerne par semaine) pourraient être remplis dans le premier cas, plus de 160 dans le deuxième cas (3,2 camions-citernes par semaine) et plus de 490 dans le troisième cas (9,5 camions-citernes par semaine).

Ces volumes permettraient l'approvisionnement:

- dans la seconde hypothèse: un petit navire (besoin estimé en GNL: 150m³/semaine) comparable au ferry rapide GNL construit par Caronte&Tourist;

¹³ Les paramètres suivants ont été utilisés pour calculer les valeurs équivalentes:

- Production spécifique de biogaz par tonne traitée = 120 Nm³/t, source: opérateurs industriels;
- rapport m³ biométhane/m³ biogaz: 0,6, source: industrie;
- rapport m³ biométhane / m³ Bio-GNL = 1/585, source International Gas Union (IGU)

- dans la troisième hypothèse: environ 3 petits navires ou un navire de taille moyenne (demande estimée de GNL: 400m³/semaine) comparable à un ferry.

Les scénarios ci-dessus sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Hypothèse installations	Capacité annuelle de traitement	Biogaz produit	Biométhane produit	Produit Bio-LNG
	t/a	Nm ³ /a	Nm ³ /a	m ³ /an
1 usine DA d'une capacité de 30 000 t/a	30.000	3.600.000	2.160.000	3.692,3
1 usine DA d'une capacité de 60 000 t/a	60.000	7.200.000	4.320.000	7.384,6
2 usines DA d'une capacité de 60.000 t/a + 2 usines DA d'une capacité de 30 000 t/a	180.000	21.600.000	12.960.000	22.153,8

Tableau 14 - Installations hypothétiques de traitement du biométhane et volumes relatifs de Bio-GNL produits

Hypothèse installations	Produit Bio LNG	Navires de GNL	Navires de GNL	Petits navires (150m ³ /sett)	Navires de taille moyenne (400m ³ /sect)
	m ³ /an	s/o	n/semaine	n	n
1 usine DA d'une capacité de 30 000 t/a	3.692,3	82	1,6	0,47	0,18
1 usine DA d'une capacité de 60 000 t/a	7.384,6	164	3,2	0,95	0,36
2 usines DA d'une capacité de 60 000 t/a 2 usines DA d'une capacité de 30 000 t/a	22.153,8	492	9,5	2,84	1,07

Tableau 15 - Hypothèses d'usine de traitement du biométhane et fournitures équivalentes de Bio-GNL

Outre la demande potentielle de biomasses issues du cycle des déchets (FORSU), une autre perspective intéressante est représentée par la possibilité de conférer à ces sources également la fraction organique et biodégradable provenant de la collecte séparée de la fraction humide des navires à passagers et des ferries et des activités portuaires.

Bien que cette production soit plutôt limitée en volume et ne rende pas la construction d'une usine de biodigestion dédiée économiquement viable, elle pourrait être exploitée en tant que contribution supplémentaire possible au traitement des DMAO dans le but de maximiser le principe d'économie circulaire et d'efficacité dans la gestion du cycle des déchets. En outre, grâce à des accords et des politiques de soutien, il serait possible d'augmenter ces volumes de collecte dans les années à venir.

À cette fin, en ce qui concerne le port de Gênes¹⁴, les types et les quantités associées (t/an) de déchets compatibles générés par les navires qui pourraient être utilisés pour la production de Bio-GNL sont indiqués ci-dessous. Dans ce cas, les valeurs de production spécifique de Bio-Gaz par tonne traitée ont également été mises à jour (valeurs entre 50 et 200 Nm³/t). Ces quantités (environ 800 tonnes en 2015) permettraient de produire seulement 2 camions-citernes/an de Bio-GNL.

CER	DESCRIPTION	2013 (t)	2014 (t)	2015 (t)
02.03.04	DÉCHETS PROVENANT DE LA PRÉPARATION ET DU TRAITEMENT DES DENRÉES ALIMENTAIRES (fruits, légumes, céréales, huiles alimentaires, cacao, café, thé et tabac; production de conserves; production de levures et d'extraits de levures; préparation et fermentation de mélasses)	0,0	0,0	5,8
02.07.04	Déchets issus de la production de boissons alcoolisées et non alcoolisées (sauf café, thé et cacao)	0,0	0,0	5,7
16.03.06	Produits hors-spécification et non utilisés. DÉCHETS ORGANIQUES DIVERS	0,2	0,1	1,2
20.01.08	Fractions collectées séparément LES DÉCHETS BIODÉGRADABLES DES CUISINES ET DES CANTINES	0,0	40,3	685,8
20.01.25	HUILES ET GRAISSES COMESTIBLES	29,5	38,8	77,1
20.03.04	Boues de fosses septiques	10,0	0,0	21,0
	total des déchets compatibles	39,7	79,2	796,6

Tableau 16 - Types et quantités de déchets générés par les navires dans le port de Gênes compatibles avec un traitement par bio-digestion (Source: Plan de gestion de la collecte des déchets du port de Gênes (2018)).

¹⁴ Plan de gestion de la collecte des déchets du port de Gênes (2018)

CER	2015 (t)	Production de biogaz Spécifique	Biogaz produit	Biométhane produit	Produit Bio LNG	Navires de GNL
		Nm3/t	Nm3/a	Nm3/a	Nm3/a	s/o
02.03.04	5,8	150	863	518	0,9	0,0
02.07.04	5,7	200	1.148	689	1,2	0,0
16.03.06	1,2	100	122	73	0,1	0,0
20.01.08	685,8	120	82.298	49.379	84,4	1,9
20.01.25	77,1	110	8.486	5.092	8,7	0,2
20.03.04	21,0	50	1.048	629	1,1	0,0
				56.378,3	96,4	2,1

Tableau 17 - Production de biogaz et de bioGNL par type de déchets traités

2 La demande actuelle de GNL dans le contexte territorial de référence

2.1 Profils méthodologiques relatifs à l'estimation de la demande de GNL.

La méthodologie utilisée pour estimer la demande de GNL en relation avec les nœuds portuaires envisagés dans le formulaire et inclus dans le réseau d'infrastructure de référence en relation avec le projet SIGNAL a été développée à partir des résultats scientifiques attribuables au projet TDI RETE-GNL, selon une logique de capitalisation des résultats et de réalisation de synergies au sein du Cluster de projets maritimes INTERREG ITA-FRA dédié au GNL (Cluster GNL). La méthodologie développée dans le cadre des produits T2.1.2 de TDI RETE-GNL a toutefois été affinée et améliorée afin de prendre en compte deux éléments fondamentaux:

- a. Les particularités des ports examinés dans le cadre du projet SIGNAL;
- b. Les besoins d'information spécifiques qui caractérisent le réseau d'infrastructure de SIGNAL et le graphique de réseau prévu dans le projet lui-même.

Ceci étant dit, on décrit brièvement ci-dessous les aspects méthodologiques liés à l'estimation de la demande de GNL, qui ont été empruntés à la méthodologie exposée dans le produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL et les spécificités introduites sont ensuite examinées en détail.

2.1.1 Aspects méthodologiques empruntés au projet TDI RETE-GNL

Dans le cadre du produit T2.1.2 du projet TDI RETE-GNL, le CF (UNIGE-CIELI), en collaboration avec les partenaires scientifiques UNIPI et UNICA, a développé un *cadre conceptuel* pour évaluer l'état de la demande en GNL dans le secteur des ports maritimes.

Le modèle conceptuel présente trois points forts importants:

- a. considère séparément la demande maritime, portuaire et terrestre;
- b. identifie les méthodes et procédures d'estimation de la demande en fonction de chacune des composantes de la demande ci-dessus;
- c. propose des méthodes d'estimation de la demande caractérisées par différents niveaux d'analyticité en fonction de différents horizons temporels.

En ce qui concerne le profil a), en particulier, la **demande maritime** considère les volumes d'avitaillement en GNL requis par le marché pour la propulsion marine; la **demande portuaire** considère les besoins énergétiques générés dans les zones portuaires et qui peuvent être satisfaits, au moins théoriquement, par l'utilisation du GNL comme combustible pour la production d'énergie; enfin, la demande **terrestre** concerne la demande de services

de soutage et de stockage de GNL dans la zone maritime-portuaire qui, bien que ne provenant pas nécessairement du port, pourrait en tout état de cause être satisfaite par des usines situées à l'intérieur ou à proximité des zones portuaires en question. La Figure 16 montre les trois composantes dans lesquelles se répartit la demande totale de GNL dans la zone portuaire maritime.

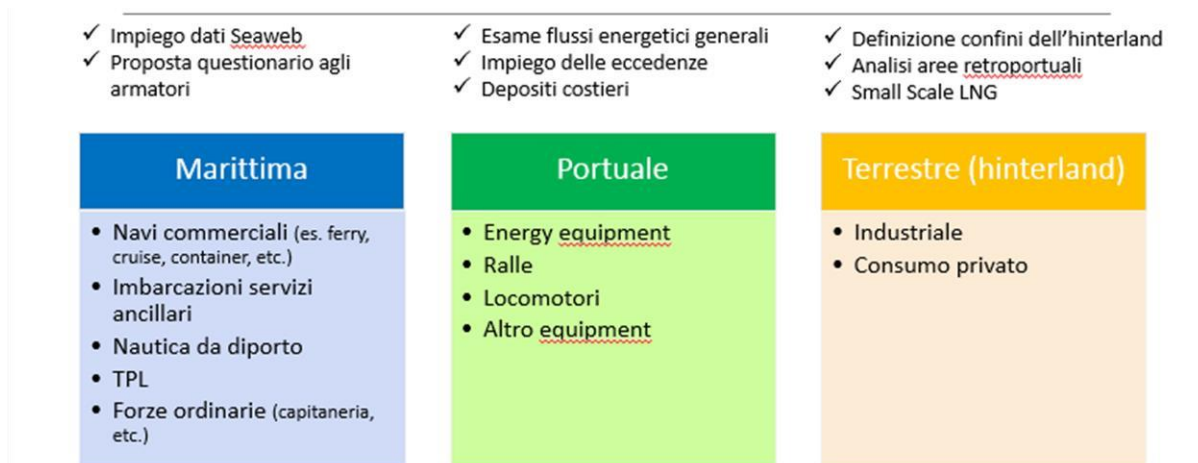


Figure 16 - Demande de GNL dans le contexte des ports maritimes: principales composantes (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019)

2.1.1.1 Estimation de la demande maritime de GNL

L'estimation de la demande maritime nécessite, comme le souligne le produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL, l'examen et la cartographie des segments de marché individuels; à cet égard, la demande maritime de GNL nécessite l'examen conjoint de trois profils fondamentaux différents:

- la taille globale de la demande maritime en termes de flotte de GNL,
- les caractéristiques des différents segments de la demande maritime,
- les facteurs qui guident les choix des armateurs en matière de soutage au GNL.

En ce qui concerne le premier profil, c'est-à-dire la taille de la demande maritime, l'état de la flotte existante, en cours et future a été estimé, afin de quantifier la flotte actuelle de navires GNL déjà opérationnels et employés sur le marché, la flotte en cours de conversion au GNL, la flotte en commande/construction dans les chantiers navals, la flotte pour les commandes futures, actuellement non quantifiable de manière analytique, et la flotte pour le radoub et les reconversions futures. Par ailleurs, la demande maritime de soutage de GNL se divise en différents segments en fonction d'éléments distincts tels que le type de navire à soutarder et le service de transport maritime dans lequel le navire est utilisé, l'utilisation des navires sur des routes locales, intra-régionales ou long-courriers et les

ports/terminaux sollicités pour répondre à la demande de soutage de GNL et, enfin, l'intensité d'utilisation de la flotte, qui peut affecter la fréquence et les volumes de soutage requis en moyenne par les navires GNL. En ce qui concerne le troisième profil de la demande maritime, à savoir les choix d'avitaillement des armateurs, la sélection du terminal d'avitaillement situé dans la zone du programme par l'armateur dépend de divers facteurs susceptibles de contribuer à déterminer l'attractivité de l'offre d'avitaillement: Parmi ceux-ci, nous distinguons la disponibilité des installations de soutage dans les ports analysés, l'accessibilité technique/nautique du port/terminal pour le soutage du GNL, la qualité des services de soutage fournis (fiabilité et flexibilité du service, moment du soutage, qualité du GNL) et la commodité économique du choix de soutage.

Afin de parvenir à la quantification de la demande de services de soutage de GNL pour la zone du programme à l'horizon 2019/2021 et d'estimer les niveaux de demande pour les années 2025, 2030 et 2035, les flottes exploitées par les armateurs italiens, français et méditerranéens respectivement ont été examinées. L'étude de la flotte GNL est tout d'abord réalisée par rapport à 37 types d'actifs de navires différents, pour un total de 718 navires au niveau international en considérant à la fois ceux en "service/commission" (429 unités) et ceux en construction future, c'est-à-dire "qu'on a posé la quille" (41 unités), "lancé" (68 unités), "en commande/non commencé" (151 unités), "projeté" (2 unités) et "en construction" (27 unités). Afin de réduire la complexité informative de l'examen des types de navires, 8 macro-catégories de navires sont extrapolées, parmi lesquelles nous distinguons:

- Des méthaniers avec 367 unités (51,1%) dont 16 en service/commission, 35 lancés, 76 en commande/non-commissionnés, 8 en construction;
- Autres pétroliers, une catégorie qui comprend divers types de navires opérant dans le secteur des cargaisons et destinés aux services de tramp, avec 103 unités (14,3%) dont 5 en service/commission, 13 lancés, 28 en commande/non-commission, 4 en construction (les citernes utilisées en relation avec ce type de navire ont des dimensions moyennes importantes);
- Les navires (véhicules) Ro-pax et Ro-ro avec 75 unités (10,3%) dont 6 en service/commission, 10 lancés, 10 en commande/non commissionnés, 2 en construction (les réservoirs utilisés en relation avec ce type de navire sont de taille moyenne réduite, étant donné leur utilisation sur des trajets courts);
- Porte-conteneurs - Cargo général - Transporteur de véhicules - Cargo Ro-Ro avec 56 navires (7,8%) dont 7 en service/commission, 4 lancés, 10 en commande/non commencés, 2 projetés, 7 en construction (les réservoirs utilisés en relation avec ce type de navire ont une taille moyenne assez importante);

- PSV - FPSO - OFFSHORE avec 56 navires (7,8%) dont 3 en service/commission, 4 lancés, 1 en commande/non commissionné, 1 en construction (les réservoirs utilisés pour ce type de navire sont de taille moyenne réduite);
- Services de remorquage et services auxiliaires avec 28 navires (3,9%) dont 2 en service/commission, 2 lancés, 4 en commande/non commencés, un en construction (les réservoirs utilisés en relation avec ce type de navire sont de taille moyenne réduite);
- La croisière avec 27 navires (3,8%) dont 2 en service/commission, un lancé, 19 en commande/non commencé, 4 en construction (les réservoirs utilisés par rapport à ce type de navire ont une taille moyenne assez importante);
- Le vrac sec avec 6 navires (0,8%) dont 3 en commande/non commencés (les citernes utilisées pour ce type de navire sont en moyenne petites).

Sur la base de ces données, il a également été possible de déterminer le potentiel de croissance des différents types de navires par rapport à la taille actuelle du marché: par exemple, en ce qui concerne la flotte GNL utilisée dans le secteur des croisières, l'incidence sur le nombre total de navires actuellement en exploitation est égale à 0,2% de l'ensemble de la flotte en exploitation, tandis que les perspectives de croissance relative sont parmi les plus intéressantes, étant donné que les navires de croisière GNL représentent 9% du total des nouvelles constructions GNL dans le monde.

Au niveau européen, la flotte GNL est examinée par rapport aux mêmes 8 macro-catégories concernant le type de navire, pour un total de 297 navires, en considérant à la fois ceux en *service/commission* (285 unités) et les futures nouvelles constructions, c'est-à-dire ceux dont la *quille a été posée* (une unité), ceux qui *ont été lancés* (10 unités) et ceux qui *sont en construction* (une unité):

- Des méthaniers avec un nombre d'unités égal à 140 (47,1%) dont 137 en service/commission et 3 lancés;
- Autres pétroliers, avec 47 unités (15,8%) dont 45 en service/commission et 3 lancés,
- Ro-pax et Ro-ro ship (véhicules) avec 41 unités (13,8%) dont 38 en service/commission et 3 lancés;
- Porte-conteneurs - Cargo général - Transporteur de véhicules - Cargo Ro-Ro avec 22 navires (7,4%) dont 19 en service/commission, un posé, un lancé et un en construction,
- PSV - FPSO - OFFSHORE avec 31 unités (10,4%), toutes en service/commission;

- Remorqueur et services auxiliaires avec 12 navires (4%), entièrement en service/commission; - Croisière avec 2 navires (0,7%), dont un en service/commission et un lancé; - Vrac sec avec 2 navires (0,7%), entièrement en service/commission.

Afin d'analyser la flotte actuelle et la flotte "en commande" de navires à propulsion GNL appartenant à des armateurs italiens et français, une base de données a été créée dans le but d'identifier les navires à propulsion GNL appartenant à des armateurs italiens et français et offrant des services dans la zone cible, c'est-à-dire la France et l'Italie et, en particulier, les ports de Gênes, Livourne, Cagliari, la Corse et la région PACA, pour un total de 36 unités, dont 10 appartiennent à la flotte italienne et 26 à la flotte française. En ce qui concerne le "type de navire", les navires inclus dans l'échantillon considéré sont principalement des porte-conteneurs (14 unités), des méthaniers (9 unités), des navires à passagers/croisières (9 unités) et des navires à passagers/rouliers (4 unités). Parmi ceux qui sont en service, les navires alimentés au GNL sont principalement des méthaniers (6 unités sur 11), suivis des navires rouliers (3 unités), tandis que les principaux navires "en commande" sont des porte-conteneurs (7 unités sur 14) et des navires de croisière (5 unités). Dans le but de réaliser l'analyse de la flotte existante et de la flotte "en commande" concernant les navires à propulsion GNL circulant en mer Méditerranée et notamment dans les ports de la zone cible, 129 navires à propulsion GNL sont identifiés dont 126 ont transité au moins une fois dans la zone méditerranéenne au cours de l'année 2019 (*en service/commission*), tandis que les 3 autres n'ont pas encore été livrés mais seront certainement employés dans cette zone. La flotte examinée est principalement composée de méthaniers (99 unités), d'autres pétroliers (15 unités), de navires à passagers/rouliers (7 unités) et de navires de croisière (2 unités).

L'analyse des données ci-dessus a permis d'identifier une consommation moyenne en termes de mètres cubes de GNL par mille nautique pour les différents types de navires, pour un total de 371 642 mètres cubes, répartis comme suit: 524 pour le segment des navires de ravitaillement de remorqueurs de manutention d'ancre, 90 pour le segment des vraquiers, 61 pour les chimiquiers, 139 pour les navires de construction, 63 423 pour le segment des croisières, 145 pour le segment du dragage, 167 pour les navires de marchandises générales, 210 pour les navires divers, etc. Non Cargo, 679 pour le segment des transporteurs de produits pétroliers, 305 703 pour le segment Ro-ro/ro-pax, 49 pour les navires de recherche et 453 pour les remorqueurs.

2.1.1.2 Quantifier la demande portuaire de GNL

La **quantification de la demande portuaire de GNL** (actuelle et prospective), en l'absence de données suffisamment précises par rapport aux consommations énergétiques réelles des différents ports étudiés, nécessite tout d'abord l'identification de KPI permettant

d'estimer les quantités d'énergie utilisées à l'intérieur des zones portuaires (en considérant également le type d'utilisation et le contexte d'utilisation) et, ensuite, l'évaluation de la part des besoins énergétiques globaux qui pourrait être satisfaite en utilisant le GNL comme source d'énergie. De ce point de vue, le projet TDI RETE-GNL a permis de développer une méthodologie visant à calculer des KPI pour estimer la consommation d'énergie de types spécifiques de concessionnaires dans la zone portuaire et une procédure pour évaluer la part de celle-ci qui peut être satisfaite en utilisant le GNL.

En présence d'une typologie de flux énergétiques plutôt hétérogène, dans la mesure où il est possible de distinguer les flux énergétiques de type électrique de ceux de type thermique (qui peuvent être satisfaits par l'utilisation de carburants de différentes natures, tels que l'essence, le diesel, etc. pour l'alimentation des véhicules terrestres), la demande portuaire annuelle de GNL est déterminée sur la base d'un examen du type d'énergie utilisé dans les zones portuaires, ainsi que des utilisations et des contextes d'utilisation, en particulier les segments de marché pertinents suivants sont considérés

- Les infrastructures maritimes, où les zones de consommation d'énergie sont constituées par l'éclairage électrique de la digue et les éventuelles bouées de signalisation pour la navigation dans les voies navigables du port;
- Espaces et zones communs dont les besoins énergétiques, principalement de nature électrique, proviennent de l'éclairage des rues, de l'éclairage des entrées du port, de la signalisation horizontale et verticale et des aires de stationnement, ainsi que du chauffage des espaces clos attribuables aux installations à utilisateurs multiples;
- Les gares de triage, qui ont des besoins énergétiques importants liés principalement à l'éclairage des installations, au fonctionnement des aiguillages, à la signalisation ferroviaire, ainsi qu'à l'énergie (moteurs diesel) nécessaire à la traction des locomotives de triage;
- Terminaux commerciaux dont les besoins énergétiques proviennent principalement des grues navire-terre équipées de moteurs électriques, des grues routières automotrices Gottwald équipées de moteurs diesel ou hybrides diesel/électrique et des divers équipements de chantier tels que les coursiers à sellette et les chariots cavaliers (diesel), et les équipements de manutention pour le stockage tels que les grues RTG (électriques), les transtockeurs sur rails (électriques ou diesel) et les chariots élévateurs à fourche et reachstackers (diesel), l'éclairage et le chauffage des bâtiments de bureaux et des entrepôts pour les activités de maintenance et de réparation ainsi que pour la logistique des marchandises (centres de consolidation, entrepôts de distribution, etc.), ainsi que, surtout dans les terminaux les plus modernes, des systèmes de repassage à froid, nécessaires pour répondre aux besoins énergétiques des navires à quai;

- La construction navale et les activités industrielles, dont les principaux besoins énergétiques proviennent de la consommation des installations et équipements industriels, ainsi que de l'éclairage et du chauffage des bâtiments commerciaux;
- Les activités de tourisme de croisière, qui impliquent des besoins en énergie thermique et électrique relatifs aux terminaux de croisière, aux manutentionnaires au sol (équipements pour la manutention des bagages et la restauration), aux terminaux de ferry et à la gestion des marinas et des ports de plaisance (notamment pour l'éclairage), ainsi qu'aux centrales de repassage à froid.

Les opérateurs de terminaux/concessionnaires présents dans chaque nœud portuaire ont été regroupés selon la classification suivante par zone homogène. En particulier, le Tableau 18 suivant rapporte les différents KPI liés à la consommation d'énergie portuaire (en termes d'énergie électrique primaire et d'énergie thermique) estimés dans le produit T.2.1.2 de TDI RETE-GNL par rapport à chaque catégorie de concessionnaires.

Tipologia di terminal	Descrizione	KPIs rilevanti		KPIs selezionati		Sample (n. concessionari esaminati)	KPIs consumi elettrici		KPIs Consumi termici	
		Consumi Elettrici	Consumi Termici	Consumi Elettrici	Consumi Termici		kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/mq	kWh/Ton_eqv
General Cargo_Multipurpose	Terminal marittimo che movimentava merci varie, rotabili e in misura non prevalente anche container. Dotato di equipaggi di diverse tipologie e caratterizzato da processi operativi poco standardizzati. Una elevata percentuale dei rotabili sul totale della merce movimentata riduce i consumi.	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	4	19,39	1,04	39,62	2,12
General Cargo_Container	Terminal altamente specializzato sia per la tipologia di equipaggi che per i processi produttivi. Una elevata dotazione di equipaggi incrementa notevolmente il livello dei consumi elettrici.	kWh/TEUs; kWh/Ton_eqv	kWh/TEUs; kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	2	52,24	3,80	41,90	3,05
Rinfuse solide	Terminal caratterizzato da processi operativi di tipo continuo con mezzi specializzati. I consumi sono riconducibili soprattutto alle operazioni di carico e scarico da nave.	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	5	46,69	4,07	28,02	2,44
Rinfuse liquide	Terminal caratterizzato da processi operativi di tipo continuo con mezzi specializzati. I consumi sono riconducibili alle operazioni di carico e scarico da nave. Inoltre, per alcune tipologie merceologiche risulta necessario il mantenimento a determinate temperature della commodity all'interno delle cisterne di stoccaggio a terra. Tale attività genera importanti consumi termici.	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Ton_eqv	kWh/Ton_eqv	7	66,26	6,59	53,40	5,31
Cantieristica	Attività industriale legata alla manutenzione e/o costruzione di imbarcazioni da diporto, megayatch, navi militari e passeggeri. I cantieri di costruzione necessitano di operazioni di stoccaggio e trasporto di ingenti quantità di lamiere e delle relative operazioni di lavorazione, fortemente energivivaci. Pertanto ai fini della stima dei consumi, il calcolo delle tonnellate di lamiere utilizzate (sia in termini di input produttivi, sia in termini di stazza lorda delle navi realizzate), sul base annua può costituire una buona proxy.	kWh/Ton_eqv; kWh/mq; kWh/Ton di lamiera elaborata	kWh/Ton; kWh/mq; kWh/Ton di lamiera elaborata_eqv;	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	11	324,66	-	89,04	-
Terminal passeggeri	Facility portuali adibite alla gestione del traffico crocieristico e di traghetti. Pertanto tali strutture possono comprendere sia importanti aree di piazzale per la sosta temporanea di auto e camion in relazione alle operazioni di imbarco (ferry), sia facility coperte per le operazioni connesse ai servizi erogati ai passeggeri (crociere, in particolare).	kWh/mq coperti; kWh/mq scoperti; kWh/mq totali	kWh/mq; kWh/m²	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	1	39,07	-	7,02	-
Marine	Strutture per la sosta di imbarcazioni di diporto di varie dimensioni, che possono comprendere anche facility per l'erogazione di servizi di ristorazione e di tipo ludico-ricreativo. Al fine di stimare i consumi energetici relativi a tali strutture occorre conoscere lo sviluppo lineare dei fronti di accosto e/o il numero dei posti barca disponibili. Informazioni relative all'effettivo grado di sfruttamento delle banchine (valori medi mensili/trimestrali) possono accrescere ulteriormente la bontà della stima.	kWh/mq; kWh/mq specchi acquei e moli; kWh/posti barca occupati*	kWh/mq; kWh/mq specchi acquei e moli; kWh/posti barca occupati	kWh/mq di spazi a terra	kWh/mq di spazi a terra	1	38,87	-	-	-
Altro	Categoria residuale che racchiude attività disomogenea sotto il profilo della natura/consumi energetici (es. attività di logistica, di magazzino).	kWh/mq	kWh/mq	kWh/mq (di spazi in concessione)	kWh/mq (di spazi in concessione)	6	23,97	-	13,32	-

Tableau 18 - KPIs liés à la consommation d'énergie du port (électricité primaire et énergie thermique) estimés dans le cadre du produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019)

Sur la base des indicateurs clés de performance ci-dessus, les estimations suivantes ont été établies par catégorie de terminaux:

- Les marchandises générales, qui comprennent les terminaux polyvalents et les terminaux à conteneurs, où sont effectuées les opérations de chargement-déchargement de conteneurs et de marchandises diverses, de stockage, d'entreposage et de distribution. En se référant aux données rapportées par les terminaux de marchandises générales situés dans le port de Gênes, on peut déduire une demande énergétique totale de 179 865 790 kWh/an, dont 42 605 033 proviennent des terminaux polyvalents et 137 260 757 des terminaux à conteneurs;
- Le vrac liquide (pétrole, dérivés, etc.) qui représente l'ensemble des entreprises impliquées dans le stockage et la distribution en zone portuaire de fiouls, pétrole, huiles végétales, graisses animales, biodiesel, produits pétrochimiques, produits chimiques organiques et inorganiques. Si l'on se réfère aux données communiquées par les terminaux de vrac liquide situés dans les ports de Gênes et de Savone, la demande énergétique totale est de 30 712 964 kWh/an;
- Vrac solide (charbon, minéraux ferreux et non ferreux, céréales, etc.) y compris les bâtiments du terminal de Gênes et surtout de Savone, pour un besoin énergétique total de 12 781 200 kWh/an;
- Les chantiers navals (activités de construction et de réparation de navires) dont les installations terminales sont situées dans le port de Gênes ont un besoin énergétique de 133 707 302 kWh/an;
- Les terminaux passagers du port de Gênes nécessitent 13 586 033 kWh/an d'énergie;
- La marine (navigation de plaisance) qui, dans le port de Gênes, requiert une demande énergétique de 11 119 794 kWh/an;
- Autres (entrepôts, logistique, etc.) qui, dans le port de Gênes, nécessitent un besoin énergétique de 2 784 640 kWh/an.

Au moyen de certains indicateurs, visant à estimer la consommation d'énergie par rapport aux différentes catégories d'activités portuaires (commerciales, navales, etc.), tels que la densité de *prises reefer par rapport à la surface totale du port*, l'indicateur d'efficacité dans l'exploitation de l'espace destiné aux activités de conteneurs et l'indice de consommation d'énergie par rapport au poids des marchandises manipulées (exprimé en tonnes équivalentes), il a été possible de déterminer une quantité de consommation d'énergie dans les différents ports appartenant à la zone du programme:

- 480,05 Gwh/an dans le port de Gênes, donné par la somme de la consommation thermique (énergie primaire 193,21 GWh) et de la consommation électrique primaire (286,83 GWh);
- 221 Gwh/an dans le port de Livorno, donné par la somme de la consommation thermique (énergie primaire 107 GWh) et de la consommation électrique primaire (114 GWh);
- 26 Gwh/an dans le port de Toulon, donné par la somme de la consommation thermique (énergie primaire 6 GWh) et de la consommation électrique primaire (20 GWh).

Sur la base des données obtenues, il a été possible de déterminer un développement potentiel de la consommation de GNL dans les différents ports appartenant à la zone du programme:

- 25.000 mètres cubes en 2020 dans le port de Gênes, jusqu'à un pic estimé à 35.000 mètres cubes en 2035;
- 14.000 mètres cubes en 2020 dans le port de Livourne, jusqu'à un pic de 19.000 mètres cubes estimé pour 2035;
- 800 mètres cubes en 2020 dans le port de Toulon, jusqu'à un pic de 1 100 mètres cubes estimé pour 2035.

2.1.1.3 Estimation de la demande de GNL à terre

Enfin, la méthodologie d'estimation de la **demande terrestre de GNL dans la zone portuaire maritime** développée dans le cadre du projet TDI RETE-GNL permet de prendre en compte les volumes de GNL nécessaires à la propulsion des véhicules terrestres (véhicules lourds et légers), ceux imputables aux usages civils et industriels "hors réseau" et ceux provenant des *dépôts satellites "intérieurs"*, non connectés au réseau gazier national.

Compte tenu de l'évolution de la demande de GNL entre 2014 et 2019, qui a vu une augmentation du nombre de distributeurs de GNL dédiés au transport routier en Italie de 1 à 53 dans tout le pays, une augmentation de la demande de 76 000 à 600 000 (scénario de base) tonnes de GNL et de 420 distributeurs (scénario de base) est estimée pour 2030. Dans ce contexte, il est possible de prévoir une demande de GNL en 2030 pour les distributeurs de remplissage dans les zones d'influence des éventuels dépôts côtiers de Gênes et Livourne égale à au moins 170 distributeurs, 1243.880 tonnes et 541.990 mètres cubes de GNL (scénario de base) et, pour les distributeurs dans les zones d'influence des éventuels dépôts côtiers de Toulon et Marseille, égale à au moins 135.940 tonnes et 301.130 mètres cubes de GNL (scénario de base).

D'autre part, la consommation de GNL par les utilisateurs industriels hors réseau est estimée à 16 760 tonnes, tandis qu'un scénario à l'horizon 2030 est supposé avec une demande d'au moins 150 000 tonnes (scénario de base); ces utilisateurs sont situés presque exclusivement dans le nord de l'Italie, à l'exception de deux d'entre eux situés respectivement à Florence et Oristano. Compte tenu de l'absence actuelle en Corse de distributeurs routiers de GNL et de véhicules à *propulsion GNL* en circulation, aucun dépôt côtier n'est actuellement prévu. Sur la base des principales centrales électriques corses présentes fin 2016 et d'une évolution potentielle de la demande d'électricité à l'horizon 2030, il est possible de prévoir un remplacement des centrales actuelles par des infrastructures de petite taille en GNL (193 000 tonnes de GNL destinées aux centrales thermiques) et de couvrir la demande d'électricité par de nouvelles centrales alimentées par des sources renouvelables. Les estimations de la demande de GNL terrestre dans la région de la Sardaigne à l'horizon 2030 sont basées sur les scénarios de référence pour la demande d'électricité, thermique et de mobilité: la consommation annuelle de méthane dans le secteur de l'électricité devrait ainsi être d'environ 280 Mmc et la demande de GNL dans les secteurs du transport routier et de la navigation entre 184 et 336 Mmc.

La méthodologie proposée dans le cadre du projet TDI RETE-GNL permet donc de cartographier la demande de GNL liée à chaque port examiné selon le cadre conceptuel présenté dans la Figure 17.

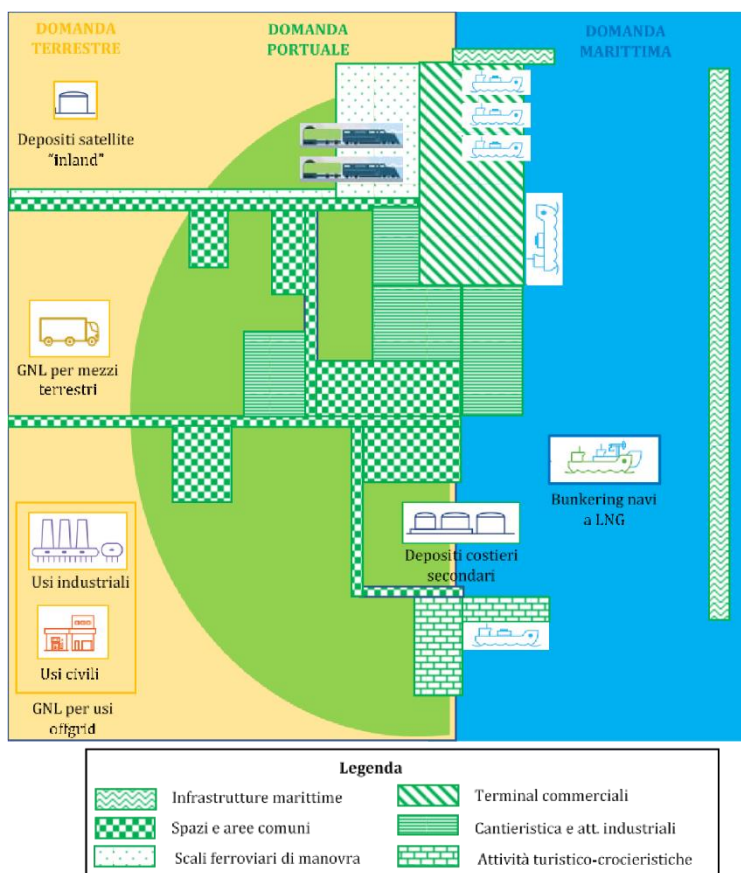


Figure 17 - Cadre conceptuel pour l'étude de la demande en GNL dans le contexte des ports maritimes (Source: Projet TDI RETE-GNL, Produit T2.1.2, 2019)

2.1.2 Spécificité de la méthodologie utilisée en relation avec le projet SIGNAL

En ce qui concerne les profils méthodologiques relatifs à l'estimation de la demande de GNL des ports maritimes empruntés au produit T2.1.2 du projet TDI RETE-GNL, pour les besoins du produit SIGNAL, il a été nécessaire de développer davantage la méthode d'analyse afin d'améliorer le niveau de précision des estimations.

En particulier, en ce qui concerne la **demande maritime**, les estimations de la demande annuelle ont été ventilées sur une base mensuelle afin de vérifier si la saisonnalité de certaines activités, comme les navires de croisière, détermine des impacts significatifs par rapport aux volumes de GNL à stocker pendant les périodes de pointe de la demande.

Les plus grandes adaptations ont été nécessaires en ce qui concerne l'examen de la **demande portuaire de GNL**. Sous ce profil, en effet, la méthodologie utilisée pour le projet SIGNAL a prévu les changements suivants:

- a. Nécessité de désagréger les données annuelles également sur une base mensuelle (comme on l'a vu pour la demande maritime).

- b. Nécessité d'identifier des catégories de terminaux supplémentaires par rapport à celles utilisées dans le produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL. Ceci découle du fait que, parmi les nœuds portuaires considérés dans le projet SIGNAL, il y a des ports qui se caractérisent par la présence de terminaux qui réalisent de manière indifférenciée à la fois des activités liées à la gestion des passagers et des croisiéristes (label "Terminal passagers") et des activités liées au trafic polyvalent (label "General cargo_multipurpose"). C'est pourquoi une catégorie supplémentaire de concessionnaires a été créée, appelée "Terminal pax e ro-ro".
- c. Nécessité d'améliorer les indicateurs clés de performance utilisés pour estimer la consommation d'énergie liée aux concessionnaires classés dans la catégorie "Marine". Cela découle du fait que, comme déjà souligné dans ce document, une partie importante des ports inclus dans le projet SIGNAL ont une taille plus petite par rapport à ceux suivis dans le projet TDI RETE-GNL et, de plus, au sein de ces ports, le poids de la consommation d'énergie liée au "Marine" semble plus cohérent et nécessite donc un niveau de précision plus élevé dans l'estimation des KPIs correspondants.
- d. Possibilité de mettre à jour les KPI relatifs à la consommation d'énergie portuaire pour toutes les autres catégories homogènes d'opérateurs de terminaux/concessionnaires en raison de la disponibilité d'informations supplémentaires et de données plus précises relatives à la consommation réelle.

Compte tenu de ce qui précède, il convient de noter ce qui suit:

- a. La base de données créée dans le cadre du projet SIGNAL fournit des données sur la demande portuaire sur une base annuelle et mensuelle.
- b. Un KPI spécifique pondéré a été développé pour la catégorie "Terminal pax et ro-ro", dont la valeur est calculée en tenant compte de 4 composants comme indiqué ci-dessous. Il convient de noter que la pondération des différents composants sur le total varie selon que l'on considère la consommation électrique ou thermique, comme le montre le Tableau 19.

Composant	Consommation d'électricité				Consommation thermique			
	KPIs	Description	Poids sur l'ICP final	Valeur estimée du KPI	KPIs	Description	Poids sur l'ICP final	Valeur estimée du KPI
Consommation d'énergie attribuable à les flux de passagers et croiseurs	kWh/flux_p+c	kWh par rapport aux flux totaux de passagers et croiseurs	25,00%	3,70	kWh/flux_p+c	kWh par rapport aux flux totaux de passagers et croiseurs	33,34%	0,66
Consommation d'énergie liée aux activités de manutention des marchandises	kWh/Tonne_eqv	kWh par rapport à tonnes équivalentes de les marchandises transitant par le terminal	25,00%	1,04	kWh/Tonne_eqv	kWh par rapport à tonnes équivalentes de les marchandises transitant par le terminal	33,33%	2,12
Consommation d'énergie attribuable aux espaces dans les zones de concession	kWh/m ² (d'espaces concession)	kWh par rapport aux mètres carrés de surface sous concession	25,00%	39,07	kWh/m ² (d'espaces concession)	kWh par rapport aux mètres carrés de surface sous concession	33,33%	7,01
Consommation d'énergie liée à l'éclairage des zones (tours d'éclairage)	kWh par tour d'éclairage	kWh par tour d'éclairage	25,00%	10130	-	-	-	-

Tableau 19 - Catégorie de concessionnaire "Terminal pax et ro-ro": composantes (4) pour l'estimation des KPI liés à la consommation d'énergie (Source: notre élaboration)

- c. En ce qui concerne le KPI relatif aux ports de plaisance, les études réalisées ont permis de définir la nouvelle estimation suivante: KPI_consommation d'électricité = 8,97 kWh par mètre carré de surfaces d'eau et de jetées, remplaçant le KPI précédent utilisé dans le produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL, qui était donné par KPI_consommation d'électricité = 38,97 kWh par mètre carré d'espaces terrestres sous concession. Cette approche méthodologique ne représente pas la meilleure estimation possible (qui devrait plutôt prendre en compte le nombre de postes d'amarrage effectivement utilisés en moyenne au cours de l'année), mais elle conduit à une amélioration des estimations de la consommation d'énergie (la référence aux miroirs d'eau permet de mieux prendre en compte des aspects tels que la taille des navires tant en termes d'occupation des espaces de stationnement que par rapport aux espaces d'évolution pour les manœuvres).
- d. En ce qui concerne la mise à jour des KPI relatifs aux autres catégories homogènes d'opérateurs de terminaux/concessionnaires, les nouvelles valeurs sont indiquées dans le Tableau 20

Les KPIs rapportés dans le Tableau 20 ont été utilisés pour l'estimation de la consommation d'énergie (d'énergie électrique primaire et d'énergie thermique) dans le cadre du projet SIGNAL.

Type de terminal	Description	Indicateurs clés de performance pertinents		ICP sélectionnés		Echantillon (n. concessionnaires examinés)	KPIs consommation électrique		KPIs Cheat consumption	
		Consommation d'électricité	Consommation thermique	Consommation d'électricité	Consommation thermique		kWh/sqm	kWh/Tonne_eqv	kWh/sqm	kWh/Tonne_eqv
Cargaison générale Multipurpose	Terminal maritime qui assure le transport de marchandises diverses, de matériel roulant et, dans une moindre mesure, de conteneurs. Équipés de différents types d'équipements et caractérisés par des processus opérationnels non standardisés. Un pourcentage élevé de matériel roulant dans le total des marchandises manutentionnées réduit la consommation.	kWh/Tonne_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Tonne_eqv	kWh/Tonne_eqv	5	20,12	1,01	34,85	1,91
Cargaison générale Container	Terminal hautement spécialisé, tant pour le type d'équipement que pour les processus de production. Un nombre élevé de prises frigorifiques augmente considérablement le niveau de consommation d'électricité.	kWh/TEUs; kWh/Ton_eqv	kWh/TEUs; kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Tonne_eqv	kWh/Tonne_eqv	4	71,99	3,27	55,75	2,53
Cargaison solide en vrac	Terminal caractérisé par des processus d'exploitation continus avec des moyens spécialisés. La consommation est principalement attribuable au chargement et au déchargement des navires.	kWh/Tonne_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Tonne_eqv	kWh/Tonne_eqv	5	44,87	4,07	26,92	2,44
Vrac liquide	Terminal caractérisé par des processus d'exploitation continus avec des moyens spécialisés. La consommation est due au chargement et au déchargement du navire. En outre, pour certains types de marchandises, il est nécessaire de maintenir la marchandise à l'intérieur des réservoirs de stockage terrestre à une certaine température. Cette activité génère une consommation thermique importante.	kWh/Tonne_eqv	kWh/Ton_eqv; kWh/mq	kWh/Tonne_eqv	kWh/Tonne_eqv	7	58,74	6,73	36,31	4,21
Construction navale	Activité industrielle liée à l'entretien et/ou à la construction de bateaux de plaisance, de mégayachts, de navires militaires et de navires à passagers. Les chantiers de construction nécessitent le stockage et le transport de grandes quantités de tôles et des opérations de transformation connexes, qui sont très gourmandes en énergie. Par conséquent, pour estimer la consommation, le calcul des tonnes de tôle utilisées (tant en termes d'intrants de production qu'en termes de tonnage brut des navires construits) sur une base annuelle peut constituer une bonne approximation.	kWh/Ton_eqv; kWh/sqm; kWh/Ton de tôle traitée	kWh/Tonne; kWh/sqm; kWh/Tonne de tôle traitée_eqv;	kWh/m ² (des espaces concession)	kWh/m ² (des espaces concession)	11	180,65	-	93,67	-
Terminal passagers	Installations portuaires utilisées pour gérer le trafic des croisières et des ferries. Ces installations peuvent donc comprendre aussi bien des aires de stationnement importantes pour le stationnement temporaire des voitures et des camions en relation avec les opérations d'embarquement (ferries), que des installations couvertes pour les opérations liées aux services fournis aux passagers (croisières, notamment).	kWh/m ² couvert; kWh/m ² non couvert; kWh/m ² total	kWh/m ² ; kWh/m ³	kWh/m ² (des espaces concession)	kWh/m ² (des espaces concession)	1	38,65	-	6,94	-
Marine	Structures pour le stationnement de bateaux de plaisance de différentes tailles, pouvant également inclure des installations pour la fourniture de services de restauration et de loisirs. Afin d'estimer la consommation énergétique de ces structures, il est nécessaire de connaître le développement linéaire des fronts d'accostage et/ou le nombre de postes d'accostage disponibles. Les informations sur le degré réel d'utilisation des quais (valeurs moyennes mensuelles/trimestrielles) peuvent renforcer la validité de l'estimation.	kWh/m ² ; kWh/m ² de surfaces d'eau et de jetées; kWh/berth occupé*	kWh/m ² ; kWh/m ² de surfaces d'eau et de jetées; kWh/berges occupées	kWh/m ² de des plans d'eau et des jetées	kWh/m ² de des plans d'eau et des jetées	2	8,97	-	-	-
Terminal ropax	les terminaux qui exercent des activités différenciées liées à la gestion des passagers et des croisiéristes ainsi que des activités liées au trafic de matériel roulant.	Divers	Divers	KPIs ad hoc basés sur 4 composants avec des pondérations spécifiques (voir tableau "Catégorie de concessionnaire Terminal pax et ro-ro": composants (4) pour l'estimation des KPI relatifs à la consommation d'énergie*.	KPIs ad hoc basés sur 4 composants avec des pondérations spécifiques (voir tableau "Catégorie de concessionnaire Terminal pax et ro-ro": composants (4) pour l'estimation des KPI relatifs à la consommation d'énergie*.	KPIs ad hoc basés sur 4 composants avec des pondérations spécifiques (voir tableau "Catégorie de concessionnaire Terminal pax et ro-ro": composants (4) pour l'estimation des KPI relatifs à la consommation d'énergie*.	KPIs ad hoc basés sur la base de 4 i avec des pondérations spécifiques (voir le tableau de concession "Terminal pax et ro-ro": composants (4) pour l'estimation des KPIs liés à l'énergie mi"	KPIs ad hoc basés sur 4 composants avec des pondérations spécifiques (voir tableau "Catégorie de concessionnaires Terminal pax et ro-ro": composants (4) pour l'estimation de la consommation d'énergie KPIs'.		
Plus de	Une catégorie résiduelle qui comprend des activités qui ne sont pas homogènes en termes de nature/ consommation d'énergie (par exemple, les activités logistiques, l'entreposage).	kWh/sqm	kWh/sqm	kWh/m ² (des espaces concession)	kWh/m ² (des espaces concession)	6	16,19	-	13,32	-

Tableau 20 - KPIs relatifs à la consommation d'énergie du port (énergie électrique primaire et énergie thermique) estimés dans le cadre du produit T1.3.2 du projet SIGNAL (Source: notre élaboration)

2.2 Méthodologie et outils pour l'estimation des besoins onshore

L'estimation des besoins en énergie primaire dans la zone portuaire est une information de base pour l'identification d'une stratégie d'intégration du gaz naturel liquéfié comme vecteur énergétique alternatif. Cependant, la complexité et la taille typique des zones portuaires rendent les processus d'audit énergétique extrêmement complexes d'un point de vue technique et managérial. Cette situation est rendue encore plus complexe par le fait que dans ces zones, il existe une pluralité d'acteurs publics et privés, qui ont des besoins énergétiques spécifiques et peuvent recourir à différentes stratégies d'approvisionnement. Dans ce cas, le principal problème réside dans la disponibilité d'informations précises ainsi que dans les ressources et le temps nécessaires pour mener à bien un processus d'audit détaillé. De ce contexte, émerge la nécessité d'employer une stratégie d'analyse différente, capable de faire face aux problèmes intrinsèques découlant de la nature particulière des sites en question. À cette fin, cette étude définit une méthodologie de gestion et de conduite du processus d'analyse énergétique qui est flexible et itérative, et qui permet d'affiner progressivement la qualité des estimations de la consommation énergétique. Plus précisément, cette méthodologie vise à identifier des mécanismes de gestion de nature heuristique qui permettent, par conséquent, de réduire systématiquement, à travers les différentes étapes du processus, les limites techniques et l'inévitable incertitude de l'analyse, qui risqueraient normalement de compromettre l'ensemble du processus de gestion du projet. La conception de cette méthodologie est réalisée en utilisant une approche ascendante, donc en partant d'une étude de cas caractéristique: la zone portuaire de Livourne. Grâce à l'analyse détaillée de cette étude de cas pertinente, les outils nécessaires à l'extrapolation des valeurs quantitatives de la demande d'énergie primaire pour toutes les zones d'intérêt sont ensuite conçus. Le résultat essentiel de la première partie de l'étude consiste en la réalisation d'une base de données d'informations concernant les différents types de consommation d'énergie dans la zone portuaire, comme outil méthodologique pour soutenir les activités du projet SIGNAL.

2.2.1 Approche méthodologique

En vue de l'intégration du gaz naturel liquéfié (GNL) comme vecteur énergétique significatif dans les zones portuaires, l'analyse des besoins en énergie primaire et leur segmentation respective est une activité cruciale pour la réalisation d'un processus de requalification énergétique optimal. Pour cette raison, il est nécessaire de concevoir une méthodologie d'analyse innovante qui permette de réaliser l'estimation et la segmentation des besoins énergétiques liés à la zone de propriété de l'État (ci-après définie comme "onshore") et la gestion contrôlée de l'incertitude. Plus précisément, la zone portuaire terrestre comprend toutes les activités indirectement liées au secteur maritime: éclairage public, bureaux, entrepôts, à l'exclusion donc des activités de manutention de conteneurs ou de réfrigération

(par exemple, reach stackers et grues automotrices, etc.) qui déterminent la consommation imputable aux activités du terminal examinées ultérieurement et incluses dans la ventilation estimée de la consommation. En ce qui concerne les activités de production et les processus industriels complexes, on peut les estimer approximativement comme la différence entre la consommation globale et la consommation des bâtiments (résidentiels et bureaux) et des entrepôts. Cependant, chaque processus industriel nécessitera une analyse spécifique si des informations énergétiques plus détaillées sont nécessaires.

La principale caractéristique de cette méthodologie est sa flexibilité et sa rapidité d'utilisation ainsi que la possibilité de déterminer quantitativement les besoins en énergie portuaire. De plus, cette méthodologie fournit une méthode efficace de gestion de l'incertitude basée sur la réduction systématique de la valeur conjecturale inhérente et inévitable typique d'un processus d'audit énergétique détaillé à grande échelle. Le but ultime de cette étude est donc la définition des outils techniques (descripteurs et indicateurs clés de performance) nécessaires à l'extrapolation des informations énergétiques visant à l'intégration du GNL dans les ports, pour toute la zone d'intérêt de l'étude.

2.2.1.1 *Gestion de la criticité*

La morphologie particulière et hétérogène des infrastructures portuaires fait du processus de segmentation des besoins énergétiques des zones portuaires un objectif difficile en termes techniques et d'ingénierie. En fait, ces zones sont généralement caractérisées par différents types d'activités allant de simples processus directement liés au transport maritime (bureaux, terminaux de passagers, etc.) avec des caractéristiques opérationnelles différentes (dans ce sens, pensez aux différences qui existent en termes d'opérations et de consommation d'énergie entre les terminaux polyvalents ou les terminaux de passagers ou les terminaux de conteneurs/réfrigérants, etc.) à des processus industriels technologiquement complexes. C'est pourquoi une approche "one-shot" (unique, linéaire et séquentielle) de l'étude et de l'analyse pourrait ne pas être très efficace pour la réalisation de ces objectifs, pour des raisons qui tiennent principalement à deux aspects différents: la disponibilité des informations, leur exactitude et leur fiabilité, et la coordination, la collaboration et la participation des parties prenantes.

Dans ce contexte, clairement caractérisé par la nécessité de gérer des niveaux élevés d'incertitude, la nécessité d'utiliser une approche d'étude analytique et flexible émerge spontanément, qui envisage une stratégie continue/itérative de validation et d'ajustement des résultats (PDCA, Figure 18). Il faut souligner qu'en employant une approche plus dynamique, d'un point de vue global, l'ensemble du processus de gestion des projets d'utilisation du GNL dans les zones portuaires serait partiellement libéré du ralentissement lié aux activités d'audit préliminaire, grâce à l'intégration contrôlée du risque lié à l'exactitude des résultats dans le processus lui-même.

En conclusion, l'élaboration de la méthodologie d'analyse préliminaire des besoins énergétiques des ports a été développée en tenant compte de ces criticités intrinsèques. Plus précisément, dans cette étude particulière, le besoin a été identifié d'utiliser une méthodologie d'analyse et de développement partagée entre les partenaires de recherche et les parties prenantes. Dans ce cas particulier, la création d'une base de données d'outils d'évaluation comparative, d'un système de gestion et de l'implication des parties prenantes (gestionnaire de la base de données) a été envisagée pour permettre un processus coopératif de collecte et de mise au point des données.

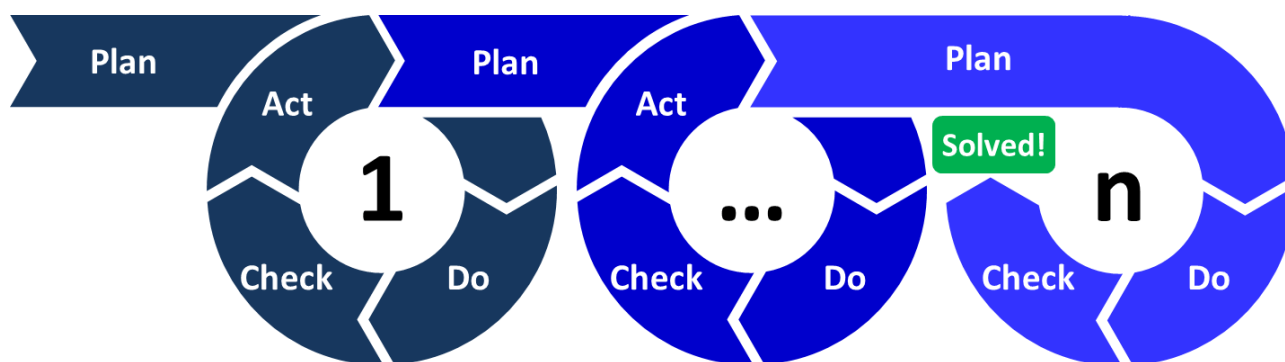


Figure 18 - Processus de collecte et de mise au point des données du "cycle de Deming", PDCA ¹⁵

2.2.2 Méthodologie de recherche

La présente analyse a été élaborée selon une méthodologie *ascendante*, c'est-à-dire en partant d'une étude de cas caractéristique. Plus précisément, les outils d'évaluation de l'énergie terrestre (descripteurs et indicateurs clés de performance) ont été dérivés à la suite d'un aperçu analytique visant à estimer les besoins énergétiques quantitatifs, en prenant la zone portuaire de Livorno comme échantillon. Globalement, la zone en question couvre une superficie d'environ 6 700 000 mètres carrés. Le principal moteur du choix de cette zone géographique est l'hétérogénéité particulière de la zone en question en termes de destinations d'utilisation et de type de concessionnaires présents, décrite en détail dans les paragraphes suivants.

L'approche méthodologique utilisée est basée sur l'estimation de l'énergie au moyen d'outils de géoréférencement et peut être résumée en cinq macro-phases. La première d'entre elles est la localisation ponctuelle des *Building Clusters*, c'est-à-dire des zones caractérisées par une densité et une utilisation homogènes des bâtiments. Le but ultime de cette phase est de définir des *Clusters modèles* ou des *Clusters de référence*, nécessaires à l'extrapolation

¹⁵ Christoph Roser à AllAboutLean.com

des données sur l'ensemble de la zone d'intérêt. La phase suivante consiste à concevoir des outils pour le *profilage* et la segmentation des clusters, *c'est-à-dire* des descripteurs d'énergie et des *indicateurs clés de performance*. Plus précisément, les *descripteurs* consistent en des indicateurs quantitatifs liés aux caractéristiques de densité des bâtiments, tandis que les *KPI énergétiques* font référence aux besoins énergétiques spécifiques (kWh/m² zone) liés à la demande d'énergie primaire pour l'éclairage public et le chauffage, le refroidissement, l'éclairage et la production d'eau chaude et les auxiliaires (Tableau 21).

Descripteurs (a)
Surface totale (m ²)
Volume total du bâtiment (m ³)
Surface totale du bâtiment (m ²)
Densité volumétrique du bâtiment (m ³ /m ²)
Utilisation prévue

Indicateurs clés de performance énergétique (b)
Facteur de demande d'énergie primaire pour le chauffage (kWh/m ² par an)
Facteur de demande d'énergie primaire pour le refroidissement (kWh/m ² par an)
Facteur de demande d'énergie primaire pour l'éclairage des bâtiments (kWh/m ² par an)
Facteur de demande d'énergie primaire pour l'ECS (kWh/m ² par an)
Facteur de demande d'énergie primaire pour l'éclairage public (kWh/m ² par an)

Tableau 21 - Descripteurs (a) Clusters & KPIs (b)

La troisième phase consiste en un processus de collecte et d'homogénéisation des données agrégées relatives aux besoins énergétiques terrestres. Les données de consommation d'énergie agrégées seront utilisées comme outil de validation pour cette étude et la méthodologie proposée, en considérant à cette fin, lorsqu'elles sont disponibles, également les données relatives aux activités du terminal liées à la manutention des conteneurs ou à la réfrigération, qui sont les activités les plus énergivores (quatrième phase). En conclusion, la dernière partie de ce travail prévoit la définition d'une approche systématique pour estimer les besoins énergétiques des ports dans un contexte exclusivement onshore (cinquième phase). Cette approche a été conçue dans une perspective de déploiement du GNL et de transition énergétique vers des sources renouvelables. Enfin, la méthodologie est appliquée à l'ensemble de la zone d'intérêt, ce qui permet d'extrapoler une estimation quantitative de la demande d'énergie primaire et de sa segmentation (chauffage, refroidissement, etc.).



Figure 19- Méthodologie d'analyse.

2.2.3 Étude de cas: la zone portuaire de Livorno

"Il appartient à l'Autorité portuaire de gérer, en application du règlement d'utilisation, l'ensemble de la zone et donc de réaliser les activités nécessaires et de gérer les espaces publics communs par exemple l'éclairage, la gestion des déchets et le balayage des rues, etc.". Du point de vue énergétique, aussi bien les opérateurs présents que le PA sont, selon la loi, obligés de respecter les règles générales du secteur et, en tant que sujets autonomes, ils s'interfacent, sans contraintes, avec le fournisseur d'électricité choisi sur la base de leur propre convenance économique et celui-ci, à son tour, avec le gestionnaire du réseau local pour ce qui concerne le service de transport d'électricité, les exigences de raccordement et la modification de la puissance retirée pour un nouveau raccordement"¹⁶.

2.2.3.1 Infrastructure et industrie

2.2.3.1.1 Infrastructure électrique

"La zone portuaire est actuellement alimentée par 3 cabines de distribution primaire ENEL (qui alimentent également le reste de la ville de Livourne), à savoir:

ENEL La Rosa (2x25 MW): cette cabine alimente la zone de l'ancien chantier naval Orlando (aujourd'hui appelé Porta a Mare avec les chantiers navals Azimuth Benetti) et les cales sèches au sud. Dans le plan annuel et pluriannuel de développement des infrastructures 2013-2015 d'Enel Distribuzione S.p.A., la reconstruction de la section MT est prévue d'ici 2018, afin d'améliorer l'efficacité énergétique et la fiabilité de la cabine.

ENEL Lodolo (2x25 MW): cette cabine alimente le port de la Médicis.

¹⁶ Autorité portuaire de Livourne. *Plan directeur du port de Livourne*, "Directives pour la durabilité énergétique du port de Livourne". (Exposé sommaire, annexe 2), juillet 2014 et documents ultérieurs.

Port industriel ENEL (2x25 MW): cette cabine alimente la zone située au nord du port, qui comprend la zone comprise entre la tour Marzocco et les secteurs du quai pétrolier / paduletta et du quai Toscana. Dans la zone, il y a également plus de 70 sous-stations MT/BT qui assurent la distribution de l'électricité à tous les utilisateurs du port."²

2.2.3.1.2 Infrastructure de distribution de gaz naturel

"Le réseau haute pression est géré par la SNAM, mais il n'alimente pas directement les utilisateurs de la zone portuaire; la distribution du gaz méthane au niveau local est assurée par ASA S.p.A.". Les principaux utilisateurs de gaz sont les activités industrielles de la zone portuaire, cette source d'énergie ayant remplacé le fioul dans les années 1990. Les autres usages sont fondamentalement assimilables aux usages civils (chauffage des locaux)"¹⁷.

2.2.3.1.3 Aperçu des principales industries présentes dans la zone portuaire

Le Tableau 22 présente la liste des principales activités industrielles actives dans la zone portuaire de Livourne:

INDUSTRIES	
MASOL	Styron Italie
TOSCOPIETROL	Labromare (partie 1)
INERTS LAVIOUS	Produits pétroliers Doc Piers
Côte D'Alesio	Centrale électrique ENEL
Gaz de la côte de Livourne (GPL)	Quai ENI Ugione
Solvay Rhodla	Stockage côtier de la mer Tyrrhénienne
Labromare (usine 2)	Stockage de la côte noire
LAVIOSA Chemical Mining (2)	

Tableau 22 - Principales industries de la zone portuaire de Livourne ¹⁸

¹⁷ Autorité portuaire de Livourne. *Plan directeur du port de Livourne*, "Directives pour la durabilité énergétique du port de Livourne". (Exposé sommaire, annexe 2), juillet 2014 et documents ultérieurs.

¹⁸ Livorno Port Authority, Port Infrastructure for alternative fuels and maritims transport: The Livorno case. Disponible en ligne: <https://www.portaltotirreno.it/studi-e-sviluppo/documenti-prodotti/> (consulté le 08/02/2019).

2.2.3.2 Principaux projets de recherche

NOM DU PROJET	OBJECTIFS	STATUT	LIEN
CLIMEPORT	Promouvoir la réduction des émissions de gaz à effet de serre des ports méditerranéens en encourageant une utilisation rationnelle de l'énergie afin de permettre un développement durable des ports.	Achevé en 2009	https://www.programmedeurope.eu/en/the-projects/project-focus/climeport.html (consulté le 07/02/2019)
GREEN-BERTH	Amélioration de l'efficacité énergétique et développement des meilleures technologies vertes dans les communautés portuaires situées dans les pays méditerranéens, avec une attention particulière au rôle des petites et moyennes entreprises dans le domaine des économies d'énergie, en se concentrant sur les opérations d'accostage.	Achevé en 2013	-
GREENCRANES	Tester de nouvelles technologies et des carburants alternatifs dans les terminaux à conteneurs existants dans la zone portuaire, contribuant ainsi à atténuer la pollution générée principalement par les émissions de gaz à effet de serre et à comprendre et décider quelles technologies ont une plus grande valeur socio-économique et donc un plus grand potentiel pour leur déploiement rapide dans la Communauté européenne.	Achevé en 2014	http://www.greencranes.eu/ (consulté le 07/02/2019)
FERMETURE A FROID	Fourniture d'électricité depuis le quai aux navires à quai, en premier lieu les navires de croisière, sans qu'ils aient à utiliser les machines à bord pour leurs besoins lorsqu'ils sont stationnés dans le port (électrification du quai par l'alimentation électrique terrestre).	-	-
TERMINAUX DE LA MER (Activité 1)	"L'objectif principal de l'étude est de définir l'évaluation technique du développement des potentialités du GNL dans la zone ciblée, du point de vue de la logistique maritime et intermodale, sur la base de l'utilisation de conteneurs-citernes ISO cryogéniques.	Achevé en 2014	http://www.seaterminals.eu/ (consulté le 07/02/2019)

Tableau 23- Principaux projets de recherche

2.2.3.3 Identification des domaines d'intérêt

La zone portuaire de Livourne prise en considération dans cette étude occupe une surface totale d'environ 6.711.000 mètres carrés pour un total de 25 zones. L'identification de ces zones a été réalisée à l'aide d'outils de géoréférencement et le critère d'identification des limites est basé sur l'homogénéité de la morphologie des bâtiments, telle que trouvée par l'outil *Google Earth Professional*.

Une partie décisive, dans la réalisation des activités de cette phase, est l'identification et la subdivision des zones portuaires en sous-zones aux caractéristiques homogènes.

Il est important de souligner que, dans certains cas, des zones présentant des caractéristiques de construction similaires ont été divisées en sous-zones afin d'obtenir un paramètre d'étalonnage identique: c'est-à-dire qu'avec la même surface, pour des zones présentant des caractéristiques similaires, il devrait y avoir des valeurs similaires pour les indices de demande d'énergie primaire spécifique (kWh/m² an).

2.2.3.4 Types d'utilisateurs et besoins énergétiques

Les types d'utilisateurs identifiés pour la zone d'intérêt peuvent être divisés en trois macro-catégories: **Processus industriels, bâtiments et éclairage public**. En général, l'estimation de la demande d'énergie primaire pour la catégorie de **bâtiments** peut être réalisée à travers l'utilisation d'indicateurs de consommation spécifiques (kWh/m² - an) en partant des surfaces de chaque enveloppe du bâtiment et de l'utilisation relative, à l'exception des entrepôts de marchandises réfrigérées pour lesquels on peut supposer des caractéristiques particulières en termes de consommation d'énergie.

Dans cette analyse, tous les bâtiments sans système de chauffage ne sont pas pris en compte. Un certain nombre d'études sont disponibles dans la littérature et fournissent des outils précieux pour caractériser la demande énergétique des bâtiments en fonction de leur utilisation¹⁹.

Plus précisément, pour le cas qui nous intéresse, trois utilisations différentes ont été identifiées, chacune d'entre elles étant caractérisée par les besoins énergétiques nets indiqués dans le Tableau 24.

¹⁹ Besoins énergétiques: les maisons et les bureaux sous la loupe. Disponible en ligne: http://www.eurac.edu/en/research/technologies/renewableenergy/publications/Documents/EURAC_RenEne_RFedrizzi-CDipasqualeetici_CasaAndClima54_042015.pdf (consulté le 05/02/2018); ENEA: Étude comparative entre les besoins énergétiques nets, côté bâtiment, pour la climatisation d'été et d'hiver de bâtiments résidentiels et tertiaires situés sous différents climats Disponible en ligne: http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/fabbisogni-consumi-energetici/4-univ-pd-ob-b-1.pdf (consulté le 05/02/2019).

	DEMANDE SPÉCIFIQUE (énergie nette) ²⁰			
	Chauffage	Refroidissement	Éclairage	ACS
Bureaux (kWh/m2 an)	190	65	55	35
Résidentiel (kWh/m2 an)	160	16	5	28
Hangars chauffés (kWh/m2 par an)	161	10	39	22

Tableau 24 - Demande énergétique nette par utilisation.

Le système d'éclairage public de la zone portuaire de Livorno, qui relève de la responsabilité de l'Autorité portuaire, a été réalisé en grande partie par la société contractante ITECI S.r.l.²¹, avec laquelle un processus de coopération est en cours²² pour l'identification précise des données relatives aux caractéristiques de construction du système, à leur emplacement et à la technologie utilisée (iodures métalliques, LED, etc.), ainsi que des informations relatives à la qualité de la puissance électrique (facteur de puissance) et à la consommation d'énergie réelle.

Les besoins énergétiques de chaque concessionnaire **industriel** peuvent être identifiés par une enquête directe et/ou par le soutien de l'Autorité portuaire compétente. Cependant, pour l'identification et la segmentation des besoins en énergie (thermique + électrique + diesel + essence) impliqués dans chaque processus, une étude spécifique est nécessaire qui inclut l'élaboration d'un audit énergétique dédié ou, espérons-le, le partage par les parties prenantes d'un tel outil, le cas échéant.

²⁰ Données compilées à partir de "Energy needs: homes and offices under the lens". Disponible en ligne: http://www.eurac.edu/en/research/technologies/renewableenergy/publications/Documents/EURAC_RenEne_RFedrizzi-CDipasqualeetici_CasaAndClima54_042015.pdf (consulté le 07/02/2019).

²¹ ITECI S.r.l. Disponible en ligne: <http://www.iteci.it/> (consulté le 07/02/2019).

²² ITECI - UNIGE

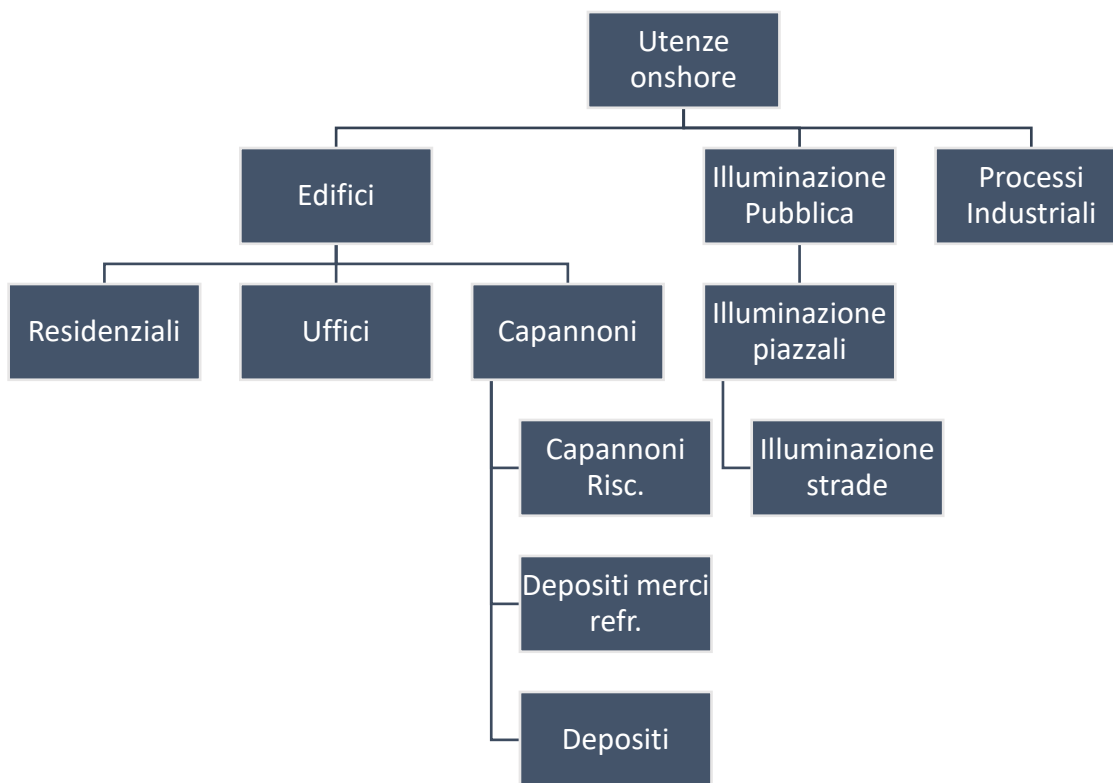


Figure 20 - Macro-catégories d'utilisateurs onshore.

2.2.3.5 Cartographie

La Figure 21 montre la cartographie des zones d'intérêt. Le Tableau 25 montre les données de géoréférencement pour chaque zone, y compris les coordonnées (par rapport au centre géométrique de chaque zone), le périmètre et la superficie totale.

La zone 6A, est incluse aux fins du développement de la méthodologie, mais pas dans le bilan final des besoins portuaires, car la zone dépasse en partie les limites de la zone d'intérêt portuaire.



Figure 21 - Zones d'intérêt - Port de Livourne.

N.	Centroïde/Point milieu (degrés)	NOM	Surface (m ²)	Périmètre (m)
1	43.5747973°, 010.3026856°	ZONE 1	553.217	5.292
2	43.5761985°, 010.3076720°	ZONE 1A	154.097	2.115
3	43.5742176°, 010.3094542°	ZONE 1B	50.391	1.691
4	43.5769989°, 010.3126706°	ZONE 1C	128.841	2.324
5	43.5774322°, 010.3146678°	ZONE 1D	193.645	3.036
6	43.5850829°, 010.3094784°	ZONE 2	95.440	2.089
7	43.5874533°, 010.3176343°	ZONE 2A	80.148	2.051
8	43.5826319°, 010.3092216°	ZONE 3	165.330	2.210
9	43.5868825°, 010.3207928°	ZONE 3A	113.990	3.176
10	43.5808156°, 010.3096066°	ZONE 4	78.167	1.230
11	43.5785837°, 010.3104963°	ZONE 5	76.592	1.236
12	43.5838281°, 010.3179615°	ZONE 6	256.071	2.659
13	43.5840510°, 010.3357655°	ZONE 6A	2.295.343	6.844
14	43.5815743°, 010.3213371°	ZONE 7	209.221	1.882
15	43.5773789°, 010.3195422°	ZONE 8	105.325	1.302
16	43.5742244°, 010.3184438°	ZONE 9	79.305	1.686
17	43.5679705°, 010.3158101°	ZONE 10	248.504	2.930
18	43.5652700°, 010.3119013°	ZONE 11	149.028	2.934
19	43.5674415°, 010.3111494°	ZONE 12	203.169	3.381
20	43.5620445°, 010.3056422°	ZONE 13	310.982	2.616
21	43.5559788°, 010.3011964°	ZONE 14	453.794	6.803
22	43.5518350°, 010.3003995°	ZONE 15	40.024	883
23	43.5490853°, 010.3028984°	ZONE 16	79.189	3.182
24	43.5445892°, 010.2991813°	ZONE 17	356.178	6.838
25	43.5746057°, 010.3241842°	ZONE 18	235.682	2.149
Superficie totale cartographiée (mq)			6.711.673	
Surface portuaire effective totale, hors zone 6A (m²)			4.233.635	

Tableau 25 - Base de données des zones d'intérêt.

2.2.3.6 Données sur la consommation d'énergie dans la littérature

Les données relatives à la consommation d'énergie dans la zone portuaire de Livorno sont présentées dans le Tableau 26.

Document	Année	Domaine d'intérêt	Surface totale (m ²)	Données	Valeur (kWh/an)	Lien	Notes
Audit énergétique du port de Livourne	2001	Terminal Dock Toscane	412.000 (Ouest) & 57.000 (Est)	Consommation d'électricité livrée en GJ	1.870.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNURV.pdf (consulté le 07/02/2019)	Valeur calculée au moyen de la détection de la puissance et du GG
GREENCRANES	2011	Terminal Dock Toscane	Il n'est pas explicite, mais on peut en tout cas le deviner: 450 000 - 500 000.	Consommation d'électricité pour l'éclairage des terminaux + consommation d'électricité pour les bureaux de zone.	1 229 174 (éclairage du terminal) & 923 628 (bureaux)	https://www.portaltotirreno.it/wp-content/uploads/2018/03/GREENCRANES-2013-29-05-Valencia-APL-Presentation-Lighter.pdf (consulté le 07/02/2019)	-
Directives pour la durabilité énergétique du port de Livourne	2014	"Autorité portuaire"	Pas de définition explicite	"Besoin en énergie"	1.300.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNURV.pdf (consulté le 07/02/2019)	Définition de la limite géographique des zones non présentes
		Éclairage carré		Tableau 12, Demande d'énergie pour l'éclairage des cours, systèmes traditionnels (Na)	1.442.000	http://www.porto.li.it/Portals/0/Documenti/Piano_regolatore/all2_energiaNURV.pdf (consulté le 07/02/2019)	Définition de la limite géographique des zones non présentes

Tableau 26 - Sources de données sur la demande/consommation d'énergie disponibles dans la littérature.

2.2.3.7 Exemple d'application: Zone 1, Terminal Dock Toscana

Le terminal Darsena Toscana, une zone dédiée à la manutention des conteneurs (polyvalente), couvre une superficie totale de 390 000 mètres carrés²³. Pour l'identification des KPI énergétiques, dans cette étude, certaines zones limitrophes de la zone domaniale de la Darsena Terminal Toscana ont été incorporées dans la ZONE 1 car elles sont considérées comme homogènes en termes de densité de construction.

2.2.3.7.1 Bâtiments et installations

Il y a quatre éléments de construction avec un usage "bureau" identifié et en plus il y a un élément "résidentiel". La surface brute totale du bâtiment estimée dans cette étude est de **2 675 mètres carrés bruts** pour un volume brut total de **10 592 mètres cubes**.

Le système de manutention des conteneurs/UTI²⁴ est composé des éléments indiqués dans le Tableau 27. En ce qui concerne l'éclairage des zones du chantier dédiées à la manutention et au stockage des conteneurs/UTI, il existe **2538 tours d'éclairage pour une** consommation électrique d'environ **1.229.174 kWh/an**²⁶.

Ces consommations ont la plus grande incidence en pourcentage sur le total si l'on exclut la réfrigération des conteneurs et la consommation de diesel ou d'autres combustibles fossiles.

Entrée	Numéro
Grues de quai	8
RTGs	14
Gerbeurs à bras	20
Tours de phare	38

Tableau 27 - Équipement du Terminal Dock Tuscany.

²³ <http://www.tdt.it/AboutTDT/tabid/70/language/en-US/Default.aspx> (consulté le 07/02/2019)

²⁴ Le terme UTI désigne l'unité de transport intermodal.

²⁵ TDT - Disponible en ligne: <http://www.tdt.it/AboutTDT/tabid/70/language/en-US/Default.aspx> (consulté le 07/02/2019)

²⁶ Le RTE-T, *projet Greencranes*. Disponible en ligne: <http://www.porttraininglivorno.eu/?q=en/content/ten-t-greencranes-project-step-ahead-innovation-towards-strategies-livorno-port-authority> (consulté le 07/02/2019).

2.2.3.7.2 Hypothèses de calcul

Les coefficients de conversion permettant d'estimer la demande d'énergie primaire pour la zone d'intérêt sont présentés dans le Tableau 28.

Rendement annuel moyen de la production d'énergie thermique pour le chauffage (pompe à chaleur)	3.5
Taux d'efficacité énergétique pour le refroidissement	2.5
Rendement annuel moyen pour la production d'eau chaude	0.9

Tableau 28 - Facteurs de conversion pour l'estimation de la demande d'énergie primaire

2.2.3.7.3 Estimation des besoins énergétiques actuels & KPIs

La demande énergétique du port peut être initialement divisée en deux macro-éléments, à savoir la demande d'électricité et la demande attribuable à la consommation de carburant diesel par les moyens de manutention des marchandises (Figure 22).

Ces données ont été obtenues à partir de l'estimation de la consommation d'énergie de différents terminaux à fonction polyvalente appartenant à des ports de la zone d'intérêt. Sur la base de ces données, une distribution préliminaire entre ces deux vecteurs énergétiques peut être estimée, comme le montre la Figure 23. Comme on peut le constater, la contribution de ces éléments est à peu près égale.

Cette subdivision est nécessaire afin d'obtenir une segmentation homogène des macro-consommations. Cependant, étant donné que sur la base des paragraphes exposés précédemment, l'objectif de l'étude concerne la segmentation détaillée des consommations électriques qui peuvent être estimées par des facteurs de benchmarking énergétique, dans la Figure 23 nous reportons la subdivision de cette part électrique dans les différentes contributions, dont les valeurs sont basées sur des données de consommation réelles.

Si l'on exclut donc la demande nette d'énergie électrique pour la réfrigération des conteneurs, qui est de loin la plus importante contribution à la demande totale d'énergie électrique (**52%**; Figure 23), et celle attribuable à la consommation des grues de quai, qui représente environ 30% de la demande totale d'énergie électrique, l'éclairage des chantiers est la composante la plus importante²⁷.

Plus précisément, la demande d'électricité pour l'éclairage public représente 11% de la consommation totale d'électricité (Figure 23) et environ 72% si l'on considère uniquement la fraction de la consommation terrestre, telle que définie dans ce rapport (Figure 24).

Enfin, la Figure 25 combinant les différentes données mentionnées ci-dessus, la distribution du pourcentage de consommation par rapport à la demande totale d'énergie (électrique +

²⁷ En 2019, dans le cas spécifique du terminal DT, les besoins en éclairage diminueront considérablement (environ 40%) grâce à l'installation de lampes LED.

diesel + essence) divisée par utilisation (éclairage public; éclairage des bâtiments; chauffage; refroidissement; AUX²⁸; réfrigération des conteneurs; voitures électriques; grues de quai; voitures; camions; chaudière ACS; chariot élévateur; Reach Stakers (RS); Rubber Tyred Gantry RTG).

Il est évident que la manutention des conteneurs est en fait la partie la plus importante de la consommation d'énergie portuaire pour les terminaux polyvalents. Vient ensuite la réfrigération des conteneurs, puis l'éclairage des chantiers.

Globalement, l'équivalent énergétique théorique du GNL pour la ZONE 1, incluant la consommation à terre (éclairage, chauffage, réfrigération, ACS et AUX) plus la consommation de diesel, et la consommation électrique générée par les grues et la réfrigération des conteneurs, sera donc de **3637** $\frac{m^3_{C.C.}}{année}$.

À ce stade, il est fondamental de contextualiser la signification de ces données car, la satisfaction de la demande actuelle d'énergie primaire par l'intégration du GNL pourrait se faire selon différentes solutions technologiques: cogénération, conversion d'usine, solutions hybrides, valorisation des déchets, etc.

En ce sens, les besoins réels en GNL pourraient varier considérablement en fonction du scénario envisagé.

Par conséquent, la demande équivalente théorique fournie dans cette analyse ($3637 \frac{m^3_{C.C.}}{année}$) est sensible au type de technologie utilisé et sera probablement inférieure à la demande réelle de GNL résultant d'un scénario prospectif de modernisation des installations terrestres.

²⁸ Composants et appareils électroniques.

²⁹ PCS = 50 MJ/kg; densité = 450 kg/m³; température = -162,4 °C; pression = 25 kPa.

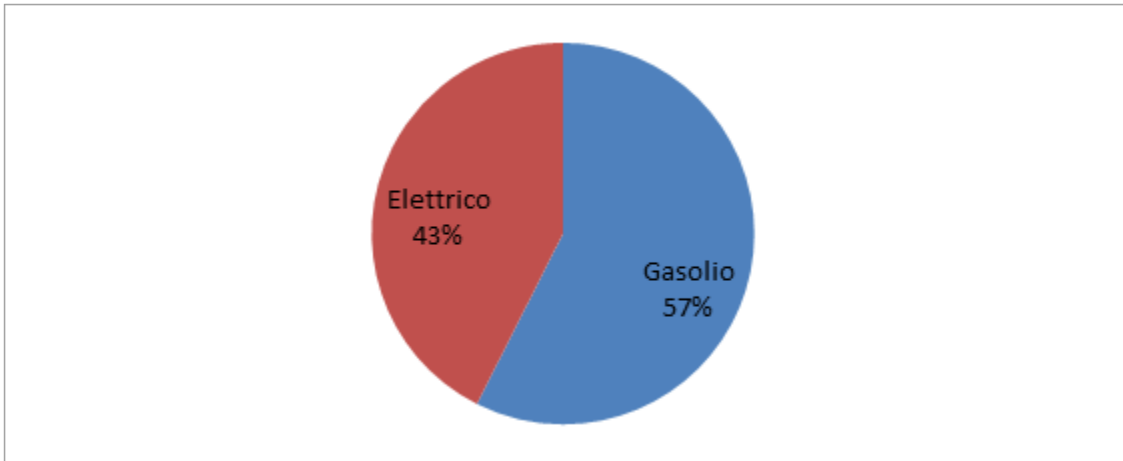


Figure 22 - Répartition de la consommation globale par terminal polyvalent, électricité + diesel.

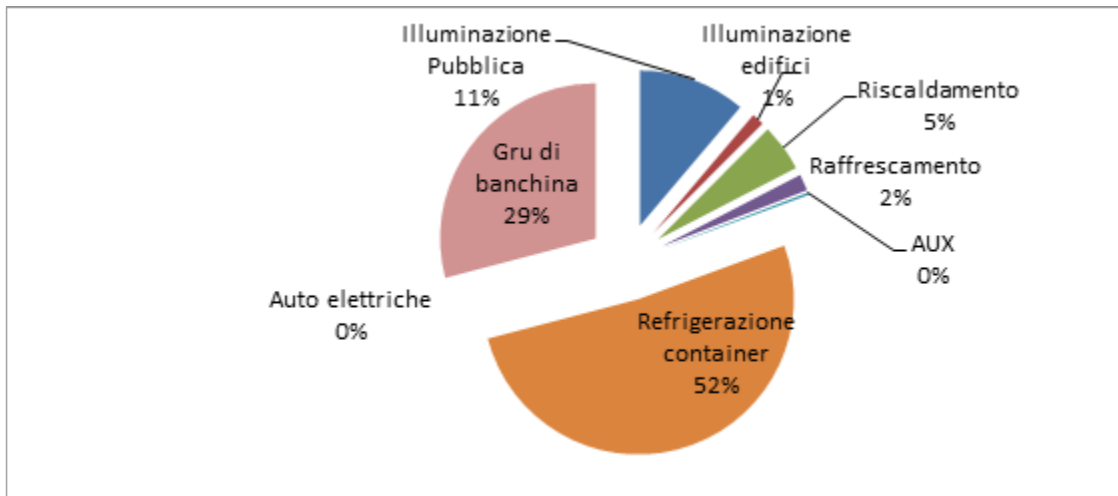


Figure 23 - Répartition de la consommation d'électricité par TDT incluant la réfrigération des conteneurs et la manutention avec des grues électriques.

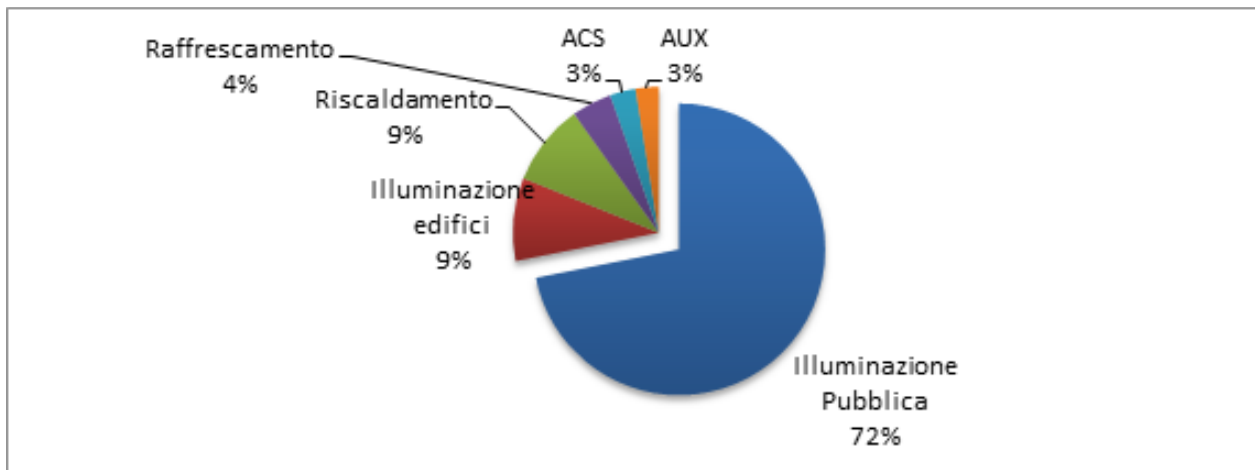


Figure 24 - Demande d'énergie primaire liée aux bureaux et à l'éclairage des cours (tours d'éclairage).

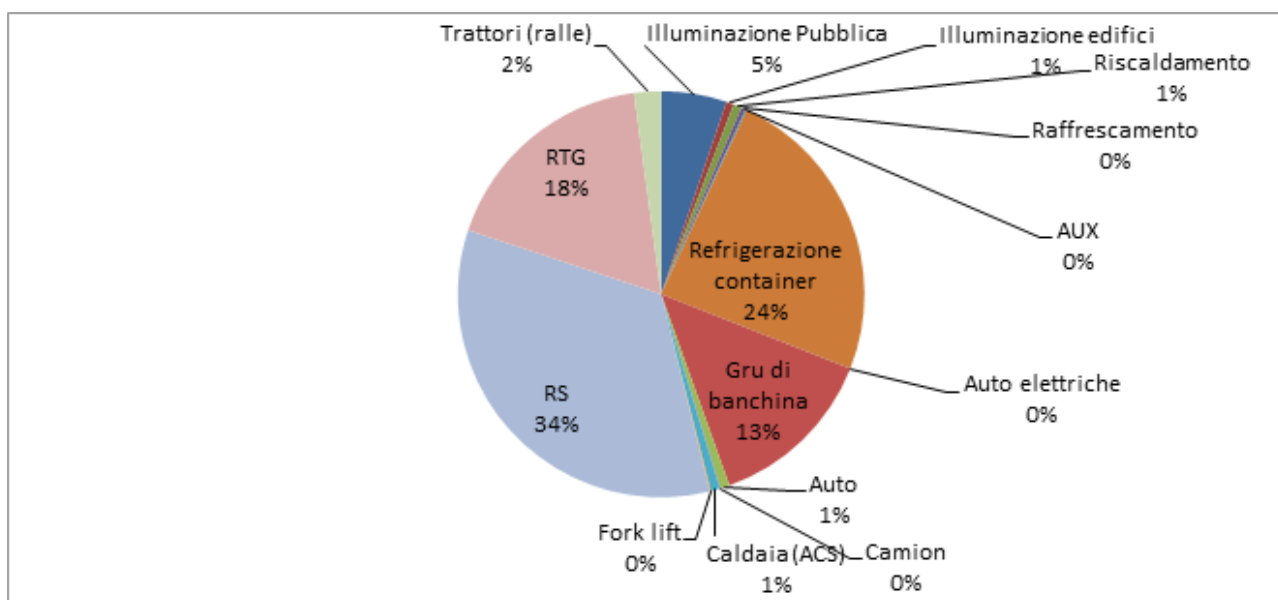


Figure 25 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Répartition en pourcentage de la demande totale d'énergie primaire (électricité + diesel en équivalent kWh).

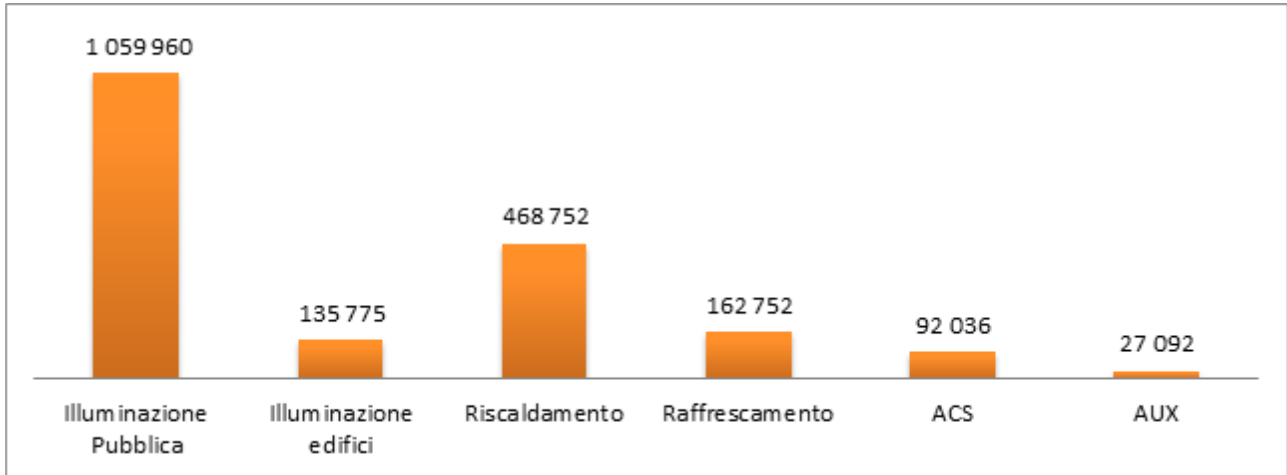


Figure 26 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Estimation de la demande annuelle d'énergie primaire par type ($\frac{\text{kWh}}{\text{année}}$).

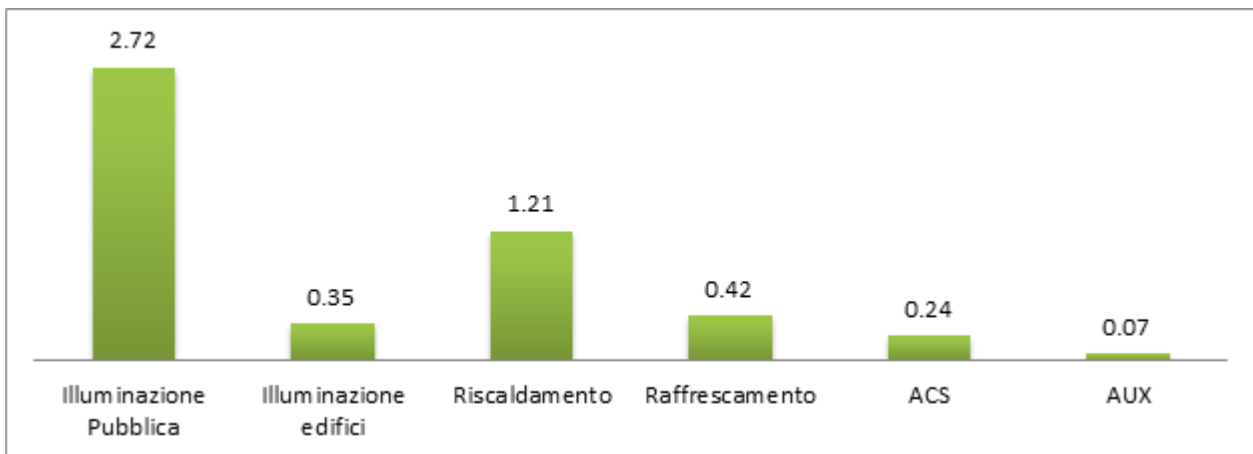


Figure 27 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Estimation de la demande spécifique actuelle d'énergie primaire par type ($\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{zone}} \text{année}}$).

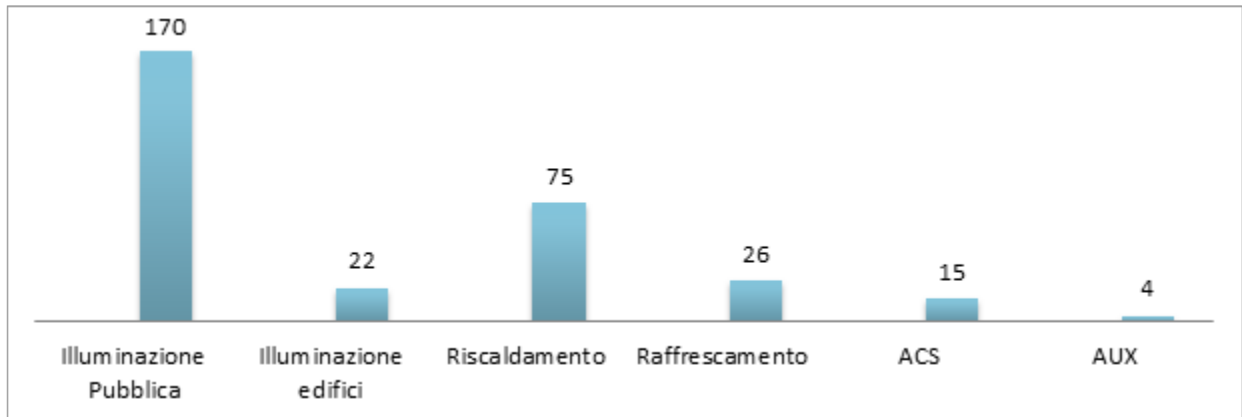


Figure 28 - ZONE 1, Terminal Darsena Toscana. Demande annuelle équivalente estimée (théorique) de GNL par type (m³ aux conditions³⁰ cryogéniques)

³⁰ PCS = 50 MJ/kg; densité = 450 kg/m³; température = -162,4 °C; pression = 25 kPa.

2.2.3.8 Descripteurs de base de données et indicateurs clés de performance

NOM	Surface (mètres carrés)	Surface totale du bâtiment (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum. buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'énergie primaire (kWh/an)
ZONE 1	553.217	2.675	1.059.960	135.775	133.929	65.101	102.262	27.092	1.421.856,89
			2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,66
ZONE 1A	154.097	-	175.200	-	-	-	-	-	175.200,00
			1,137	-	-	-	-	-	1,14
ZONE 1B	50.391	-	21.900	-	-	-	-	-	21.900,00
			0,435	-	-	-	-	-	0,43
ZONE 1C	128.841	3.734	102.200	74.113	73.150	35.035	52.403	29.663	314.160,25
			0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,73
ZONE 1D	193.645	44.186	210.240	1.546.383	1.792.341	219.371	977.132	945.766	4.714.100,51
			5,47	40,24	46,64	5,71	25,43	24,61	122,68
ZONE 2	95.440	4.779	21.900	205.694	231.666	50.891	138.218	129.005	639.156,49
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,352	6,70
ZONE 2A	80.148	1.290	74460	70950	70029	33540	50167	51.951	300.929,57
			0,929	0,885	0,874	0,418	0,626	0,648	3,75

NOM	Surface (mètres carrés)	Surface totale du bâtiment (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum. buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'énergie primaire (kWh/an)
ZONE 3	165.330	628	153300	34540	34091	16328	36996	36.996	275.255,43
			0,927	0,209	0,206	0,099	0,224	0,224	1,66
ZONE 3A	113.990	888	153300	18186	42430	9593	25777	36.975	260.483,91
			1,345	0,160	0,372	0,084	0,226	0,324	2,29
ZONE 4	78.167	3.036	48180	132868	147146	32032	87271	44.750	404.976,03
			0,6	1,7	1,9	0,4	1,1	0,6	5,18
ZONE 5	76.592	2.852	135780	106164	138401	32293	86323	88.477	501.115,54
			1,77	1,39	1,81	0,42	1,13	1,16	6,54
ZONE 6	256.071	5.624	96360	244986	290360	58549	172497	86.275	776.530,07
			0,376	0,957	1,134	0,229	0,674	0,337	3,03
ZONE 6A	2.295.343	204.740	96.508	10.711	2.918	1.070.405	45.855	71.717	1.252.258
			0,042	0,005	0,001	0,466	0,020	0,031	0,55
ZONE 7	209.221	7.953	416100	246197	367399	38853	203698	125.188	1.193.736,32
			1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,71
ZONE 8	105.325	223	416100	246197	367399	38853	203698	125.188	1.193.736,32
			3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,33

NOM	Surface (mètres carrés)	Surface totale du bâtiment (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum. buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'énergie primaire (kWh/an)
ZONE 9	79.305	-	100740	0	0	0	0	-	100.740,00
			1,270	0,000	0,000	0,000	0,000	-	1,27
ZONE 10	248.504	97.138	87600	3843800	4182950	687486	2425698	1.122.753	9.924.589,50
			0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,94
ZONE 11	149.028	35.730	87600	1422472	1711025	349500	927247	440.512	4.011.108,84
			0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,92
ZONE 12	203.169	203.169	87600	1084913	1472506	362608	893178	381.148,69286	3.388.775,62
			0,431	5,340	7,248	1,785	4,396	1,876	30,04
ZONE 13	310.982	5723	87600	205365	291923	105913	205543	87.579	778.380,06
			0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,50
ZONE 14	453.794	15894	87600	870822	862257	411933	617588	278.844	2.511.454,81
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,53
ZONE 15	40.024	12228	87600	504405	497854	238446	356650	164.929,02857	1.493.234,31
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ZONE 16	79.189	22466	87600	283130	1056297	210736	725511	229.072,31429	1.866.835,46
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,57

NOM	Surface (mètres carrés)	Surface totale du bâtiment (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum. buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'énergie primaire (kWh/an)
ZONE 17	356.178	50018	87600	5436683	2497837	1114503	1871349	762.950	9.899.572,96
			0,25	15,26	7,01	3,13	5,25	2,14	27,79
ZONE 18	235.682	2392	87600	263120	259703	124384	186044	90.225	825.031,54
			0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,50

Tableau 29 - Descripteurs de base de données et indicateurs clés de performance.

NB

Incertitude particulière pour les valeurs en orange et en rouge.

Les KPI sont conçus pour estimer la demande terrestre qui comprend exactement la consommation pour l'éclairage public, l'éclairage des bâtiments, le chauffage des bâtiments, la climatisation des bâtiments, la production d'eau chaude sanitaire et les équipements auxiliaires (électriques). La consommation de diesel pour la manutention des conteneurs, les conteneurs réfrigérés, les activités spéciales et les équipements mécaniques n'est pas incluse. Pour ces éléments, une évaluation précise est nécessaire pour chaque concessionnaire.

D'une manière générale, on estime que la demande d'énergie primaire que l'on peut obtenir grâce à ces KPI représente environ 5 à 10% de la demande totale d'énergie primaire des opérateurs de terminaux de manutention de conteneurs (par exemple la ZONE1), ce qui inclut donc également la consommation d'électricité, de diesel et éventuellement d'essence, pour les processus industriels, la manutention des conteneurs et la réfrigération, etc.

En ce qui concerne les autres types de zones, le pourcentage de la consommation par rapport au total varie naturellement en fonction des activités exercées dans la zone analysée. Plus précisément, pour certains types de zones (autres que les zones polyvalentes et la construction navale), cette valeur pourrait en fait représenter la consommation totale d'énergie au niveau de la zone. Dans tous les cas, il est toujours conseillé de vérifier et de contextualiser cette valeur par rapport aux données de consommation agrégées.

2.2.3.9 Estimation de la demande actuelle pour le port de Livourne

La demande d'énergie pour la zone du port de Livourne liée exclusivement à la zone définie comme "onshore" (bureaux+résidentiel+entrepôts+éclairage public), serait de l'ordre de 45-55 ³¹GWh/an. Plus précisément, cette estimation comprend l'**éclairage public**, les **bâtiments industriels avec des systèmes techniques**, les **bureaux et les bâtiments résidentiels**, pour un total de 188 éléments de construction, dont 41 entrepôts et 147 bureaux et bâtiments résidentiels pour un total d'environ 2 000 000 de mètres cubes bruts³². Sont donc **exclus** de cette estimation les conteneurs réfrigérés et les **entrepôts spéciaux** (par exemple les entrepôts frigorifiques) ainsi que la **consommation de diesel** pour la manutention des marchandises et diverses activités de transport interne. Il faut souligner que cette estimation, en se référant exclusivement aux terminaux polyvalents et aux chantiers navals, pourrait représenter une valeur de **5-15%** par rapport à la demande énergétique totale de ce type de zone. Il convient également de souligner qu'à ce stade préliminaire de l'étude, cette valeur est encore sujette à un niveau d'incertitude considérable en raison de la disponibilité limitée des informations concernant la consommation de l'éclairage public dans les zones autres que la ZONE 1 et la consommation des bâtiments industriels équipés de systèmes mécaniques/techniques. En ce sens, chaque hangar aura ses propres caractéristiques en termes d'exigences, qui dépendent du type d'activité de production qu'il accueille. A titre d'exemple, certaines activités de production peuvent atteindre une demande d'énergie de 4 GWh électriques et 5 GWh thermiques, pour une surface de 35 000 mètres carrés³³. Par conséquent, dans les phases ultérieures de l'étude, il est possible qu'il y ait une variation significative des estimations proposées par rapport à la phase préliminaire (actuelle).

Toutefois, si l'on veut exclure complètement la contribution énergétique liée à l'éclairage public et aux bâtiments industriels (puisque ce sont les sources présentant la plus grande incertitude), il est possible d'estimer le besoin en énergie primaire uniquement pour les bureaux et les maisons dans les zones analysées. Dans ce cas, la valeur estimée pour les

³¹ Données sujettes à une forte incertitude.

³² Le volume brut comprend la maçonnerie des bâtiments et la surestimation caractéristique du relevé par l'outil de géoréférencement.

³³ Plante Ceresole D'Alba. Viessmann. Disponible en ligne: <https://industriale.viessmann.it/blog/cosa-sapere-riscaldamento-capannoni-industriali> (consulté le 11/02/2019).

147 éléments de construction restants, disposés sur une surface nette totale de 915 000 mètres carrés, sera équivalente à environ **26-28 GWh/an** (sans compter l'éclairage des cours et la consommation dérivant des hangars).

2.2.3.10 Estimation de la demande énergétique prospective

Dans une perspective d'intégration du GNL, la criticité des objectifs liés à l'estimation des besoins énergétiques des ports peut être facilement gérée par une approche stratégique de la conception exécutive qui prévoit, par exemple, une extensibilité facile des volumes de stockage de GNL à terre. En ce sens, même l'optimisation des paramètres de taille de l'usine pourrait être abordée en plusieurs phases, donc d'une manière qui soit fonctionnelle pour les besoins énergétiques terrestres. En outre, une approche de conception flexible devient nécessaire lorsque l'intégration du GNL concerne également des secteurs complémentaires (transport, mobilité interne, etc.), évitant ainsi la possibilité de réaliser une intégration optimale en ce qui concerne les changements technologiques, structurels ou logistiques, qui ne peuvent être prévus a priori sur des échelles de temps étendues.

À cette fin, les informations nécessaires pour contextualiser le problème d'un point de vue technique et évaluer l'impact des hypothèses formulées peuvent être obtenues au moyen d'une analyse de sensibilité. Pour cette raison, le Tableau 30 présente les principales interventions de redéveloppement de l'énergie terrestre en excluant plutôt les éventuelles intégrations latérales avec le secteur de la mobilité et les projets d'électrification des quais prévus ou en cours.

Dans le Tableau 30, un classement des interventions de requalification possibles est fourni par rapport à l'étude de cas examinée, tandis que dans la Figure 29, une analyse de sensibilité est proposée par rapport à l'étude de cas de Livourne.

Réaménagement possible	Priorités
Requalification de l'enveloppe du bâtiment de bureaux	Moyenne-haute
Remplacement des systèmes de climatisation des bureaux	Moyenne-haute
Éclairage de bureaux et d'entrepôts avec la technologie LED	Moyenne-haute
Éclairage carré avec technologie LED	Haut
Cogénération au gaz	Médias
Mélange optimal	-
Solaire thermique	Moyenne-haute
Photovoltaïque + mobilité électrique	Haut

Tableau 30 - Interventions de requalification énergétique identifiées.

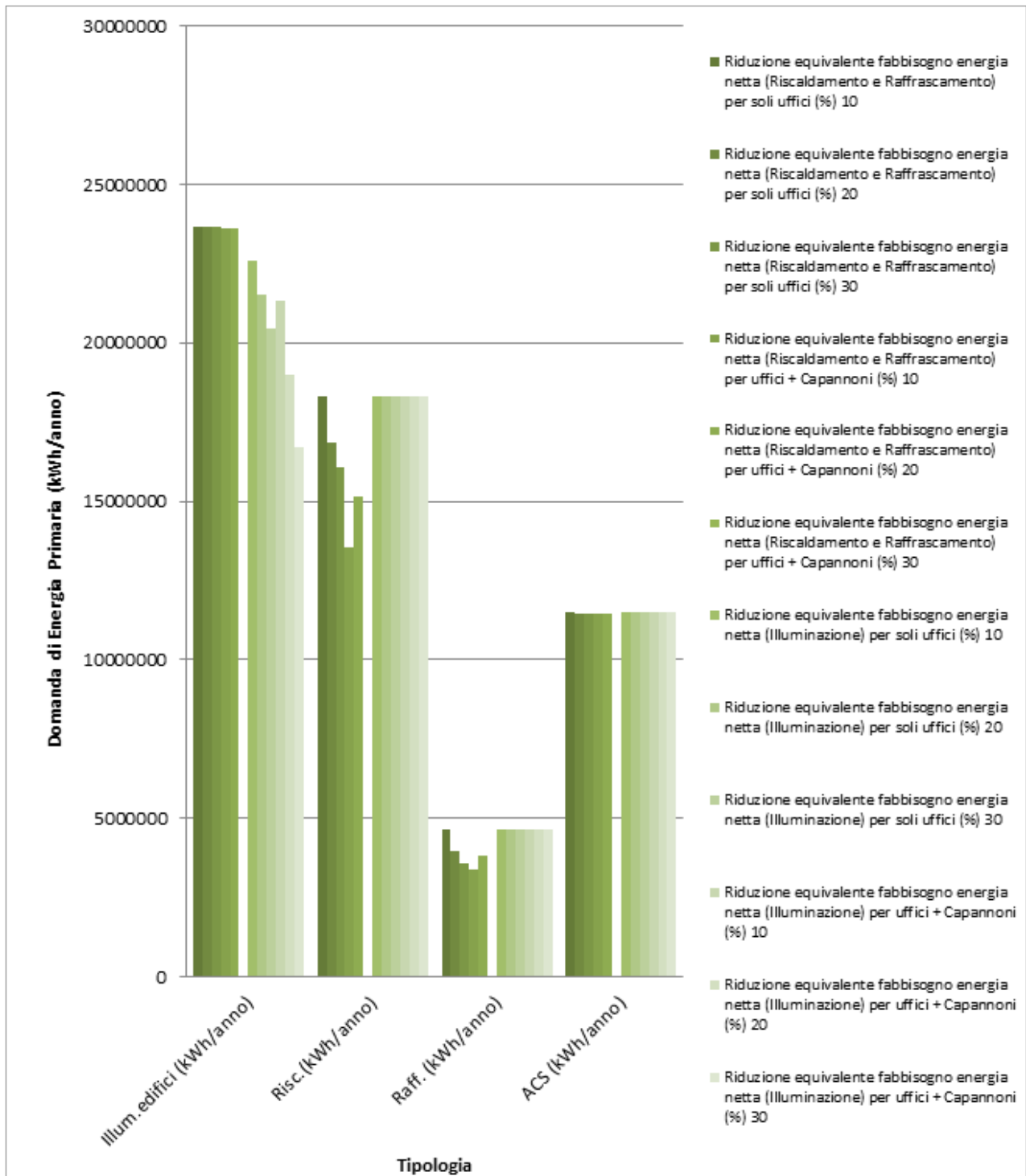


Figure 29 - Analyse de sensibilité pour différents scénarios génériques pour la zone liée au port de Livourne.

SCÉNARIO				Illum. Public (kWh/an)	Éclairage du bâtiment (kWh/an)	Chauffage (kWh/an)	Cool. (kWh/an)	ECS (kWh/an)	AUX (kWh/an)	DEMANDE ÉLECTRIQUE SOUS-TOTALE (kWh/an)	m3 GNL @ C.C.	% de réduction
Actuel				4061720	23648410	18309107	4653871	11478572	6295230	46992860	7519	0%
1	Requalification de l'enveloppe du bâtiment	Réduction équivalente de la demande énergétique nette (chauffage et refroidissement) pour les bureaux uniquement (%)	10	4061720	23648410	17568813	4298789	11476970	6174174	45874846	7340	2%
			20	4061720	23648410	16828519	3943707	11475369	6053119	44756832	7161	5%
			30	4061720	23648410	16088224	3588625	11473768	5932064	43638818	6982	7%
2	Requalification de l'enveloppe du bâtiment	Réduction équivalente de la demande nette d'énergie (chauffage et refroidissement) pour les bureaux + entrepôts (%)	10	4061720	23639359,81	16722675,06	4225211,52	11476970,49	6032687,86	44889135,39	7182	4%
			20	4061720	23630310	15136243	3796552	11475369	5770146	42785410	6846	9%
			30	4061720	23621260	13549811	3367893	11473768	5507604	40681685	6509	13%
3	Réduction des besoins en éclairage des bâtiments	Réduction équivalente de la demande énergétique nette (éclairage) pour les bureaux uniquement (%)	10	4061720	22576480	18309107	4653871	11478226	6219220	45912343	7346	2%
			20	4061720	21504551	18309107	4653871	11477881	6143211	44831825	7173	5%
			30	4061720	20432621	18309107	4653871	11477536	6067202	43751307	7000	7%
4	Réduction des besoins en	Réduction équivalente de la demande	10	4061720	21331378	18309107	4653871	11478226	6094710	45203459	7233	4%
			20	4061720	19014346	18309107	4653871	11477881	5894190	43414057	6946	8%

SCÉNARIO			Illum. Public (kWh/an)	Éclairage du bâtiment (kWh/an)	Chauffage (kWh/an)	Cool. (kWh/an)	ECS (kWh/an)	AUX (kWh/an)	DEMANDE ÉLECTRIQUE SOUS-TOTALE (kWh/an)	m3 GNL @ C.C.	% de réduction
éclairage des bâtiments + entrepôts	énergétique nette (éclairage) pour les bureaux + entrepôts (%)	30	4061720	16697314	18309107	4653871	11477536	5693671	41624656	6660	11%

Tableau 31- Analyse sensible de la vue d'ensemble.

2.2.4 Définition des directives générales

Dans cette section, une méthodologie systématique est proposée comme outil d'aide à la gestion des projets préliminaires d'audit énergétique dans les ports terrestres. La force de cette méthodologie réside dans l'adoption d'une stratégie de gestion de l'incertitude utilisant une approche analytique heuristique.

Comme le montre la Figure 30, à cette fin, les principaux éléments de cet outil, peuvent être réduits à quatre points simples:

- Descripteurs et indicateurs clés de performance (outils)
- Base de données et gestionnaire de base de données (outils)
- Système de tuning et d'extension de la base de données (activité clé)
- Gestion des incertitudes (activités clés + organismes de référence)

L'objectif des descripteurs et des indicateurs clés de performance est d'identifier la demande d'énergie primaire dans l'environnement terrestre. Ces outils sont donc disponibles dans une base de données qui est périodiquement mise à jour de manière itérative sous la responsabilité d'un gestionnaire de base de données (tuning de la base de données). Le gestionnaire de la base de données aura pour tâche de gérer les flux d'informations liés aux études de cas dans le but ultime d'améliorer les outils d'évaluation de l'énergie portuaire (extension de la base de données). La gestion de l'incertitude peut être effectuée de manière qualitative ou quantitative en fonction de la disponibilité d'informations ponctuelles pour les différentes zones analysées.

À cette fin, l'échange d'informations avec les organismes clés (autorité portuaire, cadastre et biens de l'État maritime, concessionnaires, etc.) sera nécessaire pour accéder aux informations qui ne sont pas facilement disponibles. De même, les informations publiques, par exemple les plans énergétiques environnementaux des ports, les audits énergétiques, le plan directeur des ports ou les projets de recherche, seront certainement un outil fondamental pour la validation des résultats des ports dans la phase préliminaire des projets d'audit énergétique terrestre.

En conclusion, le niveau de résolution du travail d'analyse énergétique sera fonctionnel au type d'intervention prospective en termes d'intégration du méthanier et donc, comme intuitif, le processus itératif devra être modulé en fonction de cette perspective.

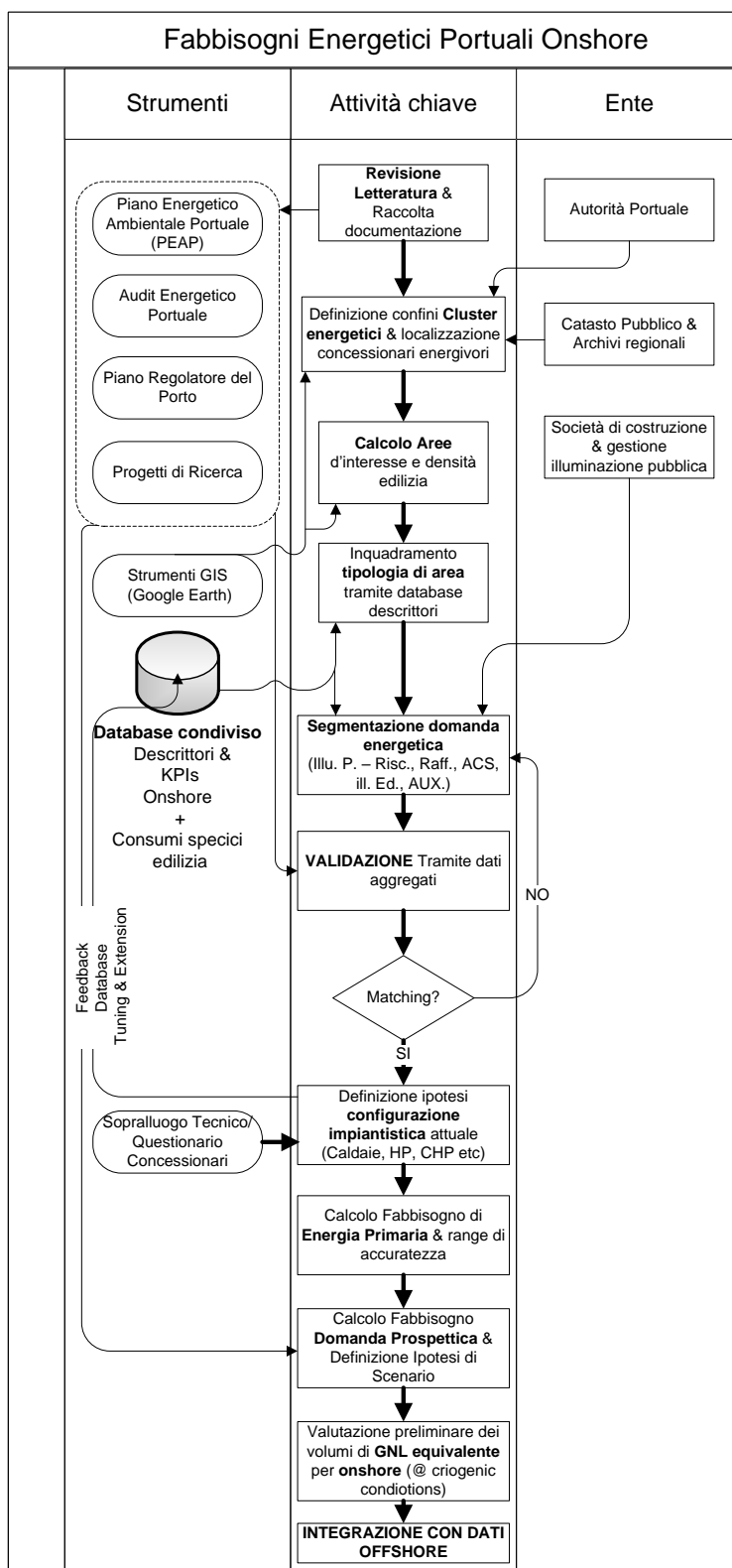


Figure 30 - Méthodologie pour l'évaluation des besoins énergétiques des ports terrestres.

2.3 Extension de la zone d'analyse

2.3.1 Zone portuaire de Cagliari

La zone portuaire de Cagliari analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 2.000.000 de mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont similaires aux catégories 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12, 16 et 17 et sont situées avec une distribution particulière en "tache de léopard". La demande totale d'énergie primaire à terre, telle qu'elle est comprise dans la présente étude, dans le cas du port de Cagliari, est estimée à environ **27 GWh/an**³⁴, dont **22 GWh/an** sont vraisemblablement électriques.



Figure 31 - Cagliari, port.

³⁴ Données sujettes à caution.

CAGLIARI	Surface (m2)	Densité des bâtiments (m3_bâtiment / m2_zone)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
ZONE_1	491.426	0,019	1.339.054	171.525	129.188	169.193	34.225	82.242	1.891.203	303
			2,725	0,349	0,263	0,344	0,070	0,167	3,848	
ZONE_2	242.761	0,190	55.705	523.203	589.266	129.447	351.570	328.137	1.625.757	260
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,35169	6,697	
ZONE_12	140.494	0,762	60.577	750.231	1.018.257	250.748	617.644	263.569	2.343.382	375
			0,431	5,340	7,248	1,785	4,396	1,876	16,680	
ZONE_8	20.727	0,011	81.885	48.449	72.301	7.646	40.086	24.636	234.916	38
			3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,334	
ZONE_10mod*	31.897	ND	11.244	493.375	536.907	88.243	311.353	144.112	1.273.881	204
			0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_16	94.772	1,344	104.838	338.845	1.264.158	252.205	868.279	274.150	2.234.196	357
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

CAGLIARI	Surface (m2)	Densité des bâtiments (m3_bâtiment / m2_zone)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
ZONE_2bis	36.368	0,190	8.345	78.381	88.278	19.392	52.669	49.158	243.555	39
			0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,35169	6,697	
ZONE_4	13.889	0,155	8.561	23.608	26.145	5.692	15.507	7.951	71.958	12
			0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONE_16bis	111.790	1,344	123.664	399.691	1.491.160	297.493	1.024.194	323.378	2.635.385	422
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_14	307.414	0,144	59.343	589.921	584.119	279.056	418.373	188.898	1.701.337	272
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	
ZONE_17	165.634	0,522	40.737	2.528.229	1.161.573	518.279	870.236	354.796	4.603.614	737
			0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_11	383.540	1,052	74.038	736.005	728.767	348.159	521.976	235.675	2.122.645	1.652
			0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	

CAGLIARI	Surface (m2)	Densité des bâtiments (m3_bâtiment / m2_zone)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Demande totale d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
ZONE_16tris	41.786	1,344	46.224	149.400	557.381	111.200	382.834	120.876	985.081	158
			1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tableau 32 - Demande actuelle d'énergie primaire, Port de Cagliari.

NB

Validation en attente pour les cases en orange.

2.3.2 Zone portuaire de Gênes

La zone portuaire de Gênes analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 5.900.000 mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont assimilées aux catégories 1, 2, 7, 8, 10, 11, 14, 16 et 17. La demande totale d'énergie primaire à terre dans le cas du port de Gênes est estimée à environ **90 GWh/an³⁵** dont **74 GWh/an** sont vraisemblablement **électriques**.



Figure 32 - Gênes, port.

³⁵ Données sujettes à caution.

GENOA	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
ZONE_17	268.164	65.953	4.093.242	1.880.604	839.102	1.408.926	574.420	7.453.321	1.418
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_14	230.948	44.582	443.185	438.826	209.644	314.307	141.911	1.278.147	255
		0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,614	5,534	
ZONE_11	74.766	43.948	713.641	858.406	175.341	465.191	221.001	2.012.337	396
		0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,915	
ZONE_16	187.227	207.113	669.406	2.497.409	498.244	1.715.330	541.597	4.413.770	981
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_15	408.707	452.118	1.461.279	5.451.717	1.087.642	3.744.478	1.182.279	9.635.034	2.141
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_1	208.000	566.765	72.599	71.612	34.810	54.680	14.486	760.273	130
		2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,655	
ZONE_1C	150.000	133.281	96.652	95.396	45.690	68.340	38.684	409.703	76
		0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,731	
ZONE_1Cbis	555.297	493.404	357.803	353.156	169.143	252.992	143.207	1.516.712	283

GENOA	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
		0,89	0,64	0,64	0,30	0,46	0,26	2,731	
ZONE_1Ctris	106.000	94.185	68.301	67.413	32.288	48.293	27.337	289.523	54
		0,889	0,644	0,636	0,305	0,456	0,258	2,731	
ZONE_17bis	445.987	109.688	6.807.523	3.127.657	1.395.521	2.343.203	955.326	12.395.715	2.358
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_16bis	16.301	18.032	58.282	217.438	43.380	149.346	47.154	384.287	85
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_10bis	22.620	7.974	349.881	380.752	62.578	220.798	102.198	903.383	180
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_10	231.721	81.684	3.584.205	3.900.449	641.056	2.261.876	1.046.927	9.254.321	1.843
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_7	149.357	297.042	175.753	262.276	27.736	145.414	89.368	852.175	160
		1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,706	
ZONE_16tris	57.452	63.554	205.412	766.349	152.890	526.362	166.193	1.354.398	301
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

GENOA	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryogéniques
ZONE_1quattris	981.568	2.674.609	342.603	337.945	164.270	258.039	68.361	3.587.787	615
		2,725	0,349	0,344	0,167	0,263	0,070	3,655	
ZONE_2	17.775	4.079	38.309	43.146	9.478	25.742	24.026	119.038	23
		0,229	2,155	2,427	0,533	1,448	1,352	6,697	
ZONE_8	29.868	117.997	69.816	104.187	11.018	57.764	35.501	338.519	63
		3,951	2,337	3,488	0,369	1,934	1,189	11,334	
ZONE_17tris	25.840	6.355	394.420	181.213	80.855	135.763	55.351	718.194	137
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_7bis	79.000	157.116	92.962	138.727	14.670	76.914	47.270	450.744	84
		1,989	1,177	1,756	0,186	0,974	0,598	5,706	
Zona_10tris (ex ILVA)	1.349.000	1.214.100	5.369.020	6.610.100	687.990	2.608.956	1.603.401	15.484.611	2.895
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	

Tableau 33 - Estimation de la demande actuelle d'énergie primaire, Port de Gênes (les zones en vert ont été validées et comparées de manière appropriée avec la demande totale d'énergie primaire d'électricité + diesel + essence. Pour les zones surlignées en orange, aucune information sur la consommation globale n'a été reçue).

2.3.3 Zone portuaire de Bastia

La zone portuaire de Bastia analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 215 427 mètres carrés. Par conséquent, cette zone portuaire est la plus petite parmi celles considérées dans cette étude. Les macro-zones identifiées sont assimilables aux catégories 10, 16 et 17. La demande totale d'énergie primaire à terre dans le cas du port de Bastia est estimée à environ **8 GWh/an³⁶ dont 7GWh/an vraisemblablement électriques.**



Figure 33 - Bastia, port

³⁶ Données sujettes à caution.

BASTIA	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions cryodéfinies
ZONE_17	97.647	24.016	1.490.479	684.788	305.544	513.035	209.165	2.713.990	516
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_16	34.604	38.279	123.722	461.581	92.087	317.034	100.100	815.770	181
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	64,895	
ZONE_16bis	13.046	14.432	46.644	174.020	34.718	119.524	37.739	307.552	68
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	64,895	
ZONE_10	70.130	24.721	1.084.754	1.180.465	194.015	684.553	316.851	2.800.806	558
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	104,989	

Tableau 34 - Demande actuelle d'énergie primaire, Port de Bastia.

2.3.4 Zone portuaire de Nice

La zone portuaire de Nice analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 809 000 mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont assimilables aux catégories 10, 17 et 18. La demande totale d'énergie primaire à terre dans le cas du port de Nice est estimée à environ **8 GWh/an**³⁷ dont **7 GWh/an vraisemblablement électriques**. Concrètement, la demande actuelle en énergie primaire du port de Nice passerait à **14 GWh/an**, dont 13 GWh/an sont supposés être de l'électricité, en considérant également la zone ouest (zone 10) adjacente à l'aéroport.



Figure 34 - Nice, port.



Figure 35 - Nice, zone autour de l'aéroport.

³⁷ Données sujettes à caution.

NICE	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum. buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions crocodéniennes
ZONE_17	92.460	22.740	1.411.305	648.412	289.313	485.782	198.054	2.766.292	489
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	29,919	
ZONE_18	8.062	2.997	9.001	8.884	4.255	6.364	3.086	30.331	6
		0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,762	
ZONE_10bis	466.737	201.242	1.392.763	1.374.675	658.397	984.782	451.338	4.404.801	810
		0,431	2,984	2,945	1,411	2,110	0,967	9,437	
ZONE_10	88.764	31.290	1.372.980	1.494.122	245.566	866.443	401.040	4.165.876	706
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	46,932	
ZONE_10tris	152.935	65.941	456.365	450.438	215.736	322.682	147.889	1.443.314	265
		0,431	2,984	2,945	1,411	2,110	0,967	9,437	

Tableau 35 - Besoins en énergie primaire dans la zone portuaire de Nice.

2.3.5 Zone portuaire de Toulon

La zone portuaire de Toulon analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 3 162 000 mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont assimilées aux catégories 10, 11, 13, 14, 16, 17 et 18. La demande totale d'énergie primaire à terre dans le cas du port de Toulon est estimée à environ **51 GWh/an**³⁸ **dont vraisemblablement 40 GWh/an d'électricité**. Plus précisément, la haute densité énergétique est soumise à une forte prévalence de zones de construction à haute densité (zone 10).

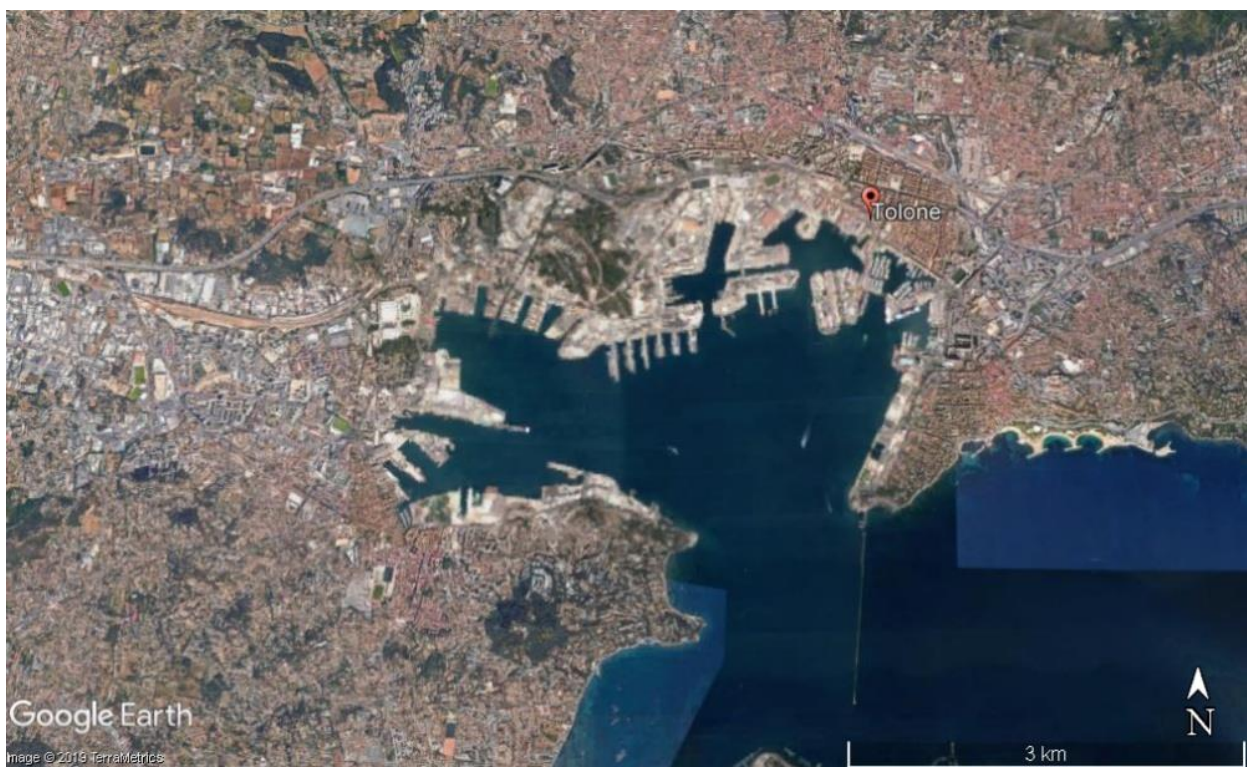


Figure 36 - Toulon, port.

³⁸ Données sujettes à caution.

TOLONE	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions européennes
ZONE_10tris	1.503.740	423.586	993.034	1.411.580	512.139	993.896	423.484	3.763.823	761
		0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,503	
ZONE_10bis	165.839	58.460	2.565.158	2.791.489	458.794	1.618.788	749.269	6.623.169	1319
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_14	154.607	29.845	296.688	293.770	140.345	210.411	95.002	855.649	171
		0,193	1,919	1,900	0,908	1,361	0,61447	5,534	
ZONE_10	162.366	57.236	2.511.438	2.733.030	449.186	1.584.887	733.578	6.484.467	1291
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	104,989	
ZONE_16	117.956	130.485	421.736	1.573.408	313.902	1.080.685	341.215	2.780.745	618
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_13	77.048	21704	50881	72326	26241	50925	21698	192849	39
		0,282	0,660	0,939	0,341	0,661	0,282	2,503	
ZONE_11	211.097	124085	2014920	2423654	495064	1313438	623982	5681704	1119
		0,588	9,545	11,481	2,345	6,222	2,956	26,915	

TOLONE	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions standardisées
ZONE_18	255.232	94866	284946	281245	134702	201477	97709	893469	175
		0,372	1,116	1,102	0,528	0,789	0,383	3,501	
ZONE_17	229.783	56.514	3.507.396	1.611.443	719.005	1.207.273	492.206	6.386.564	1215
		0,246	15,264	7,013	3,129	5,254	2,142	27,794	
ZONE_16bis	284.620	314851	1017622	3796528	757424	2607622	823329	6709754	1491
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tableau 36 - Besoins en énergie primaire de la zone portuaire de Toulon.

2.3.6 Zone portuaire d'Oristano

La zone portuaire d'Oristano analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 937 500 mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont assimilées aux catégories 10, 6A et 4. La demande totale d'énergie primaire terrestre dans le cas du port d'Oristano est estimée à environ **20 GWh/an**³⁹. Dans la région, une grande partie des bâtiments industriels sont équipés de systèmes photovoltaïques, donc une grande partie de la demande d'énergie primaire estimée est brute de la production d'électricité renouvelable.



Figure 37 - Oristano, port.

³⁹ Données sujettes à incertitude et relatives à la zone terrestre.

ORISTANO	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions standardisées
ZONE_10tris	75.309	26.547	1.164.861	1.267.641	208.342	735.106	340.250	3.007.641	599
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_10bis	57.083	20.122	882.946	960.851	157.920	557.199	257.904	2.279.743	454
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_6A	186.812	70.298	178.725	211.827	42.714	125.842	62.940	566.504	111
		0,376	0,957	1,134	0,229	0,674	0,337	3,032	
ZONE_10	146.355	51.592	2.263.784	2.463.524	404.891	1.428.601	661.239	5.845.030	1164
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_10quinc	25.294	8.916	391.241	425.762	69.976	246.900	114.280	1.010.175	201
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_4	119.382	73584	202925	224732	48921	133286	68345	618507	120
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONE_4bis	216.499	133444	368004	407551	88719	241715	123943	1121661	218
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	5,181	
ZONE_4tris	51.217	31569	87058	96414	20988	57182	29321	265351	52

ORISTANO	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions standardisées
		0,616	1,700	1,882	0,410	1,116	0,572	6,297	
ZONE_10quattris	59.588	18054	792212	862111	141692	499939	231401	2045471	407
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	34,327	

Tableau 37 - Demande d'énergie primaire, zone portuaire d'Oristano.

2.3.7 Zone portuaire de Portoferraio

La zone portuaire de Portoferraio analysée dans cette étude a une superficie totale d'environ 526.970 mètres carrés. Les macro-zones identifiées sont assimilables aux catégories 17, 16 et 10. La demande totale d'énergie primaire à terre dans le cas du port d'Oristano est estimée à environ **21 GWh/an⁴⁰ dont 16 GWh/an vraisemblablement électriques**. Toutefois, si l'on exclut la zone 10 (en jaune, Figure 38), la demande totale d'énergie primaire tomberait à 10 GWh/an dont 7 GWh/an vraisemblablement électriques.



Figure 38 - Portoferraio, port.

⁴⁰ Données sujettes à incertitude et relatives à la zone terrestre.

PORTOFERRAIO	Surface (m2)	Illum. Public (kWh/an et kWh/m2 an)	Illum.buildings (kWh/an & kWh/m2 an)	Chauffage (kWh/an et kWh/m2an)	Raff. (kWh/an et kWh/m2an)	ECS (kWh/an et kWh/m2an)	AUX (kWh/an et kWh/m2an)	Sous-total de la demande d'électricité (kWh/an)	mètres cubes équivalents/an de GNL aux conditions atmosphériques
ZONE_10	225.830	79.607	3.493.084	3.801.289	624.759	2.204.372	1.020.311	9.019.050	1796
		0,353	15,468	16,833	2,767	9,761	4,518	39,937	
ZONE_16	32.037	35.440	114.544	427.340	85.256	293.516	92.674	755.254	168
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_16bis	232.217	256.882	830.262	3.097.528	617.971	2.127.518	671.741	5.474.383	1216
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	
ZONE_17	36.886	40.804	131.881	492.020	98.160	337.941	106.701	869.566	193
		1,106	3,575	13,339	2,661	9,162	2,893	23,574	

Tableau 38 - Demande d'énergie primaire, zone portuaire de Portoferraio.

2.3.8 Vue d'ensemble

La Figure 39 montre la demande d'énergie primaire pour l'ensemble de la zone d'intérêt dans la zone terrestre (bureaux + entrepôts + logements + parcs d'éclairage). On suppose que cette demande est principalement électrique, et que le chauffage est assuré par une pompe à chaleur plutôt que par une chaudière à combustible fossile, tandis que la production d'eau chaude sanitaire est supposée être assurée par des chaudières à combustible fossile classiques (gaz naturel ou diesel). Comme indiqué précédemment, on suppose que cette estimation équivaut à environ 5 à 15% de la demande totale d'énergie, en se référant aux domaines à forte "intensité énergétique" tels que la construction navale et la manutention des conteneurs (terminal polyvalent avec terminal de référence). L'équivalent théorique actuel de GNL pour la zone définie ici comme "onshore" est estimé à environ **35 800 mètres cubes par an pour la seule partie électricité**.

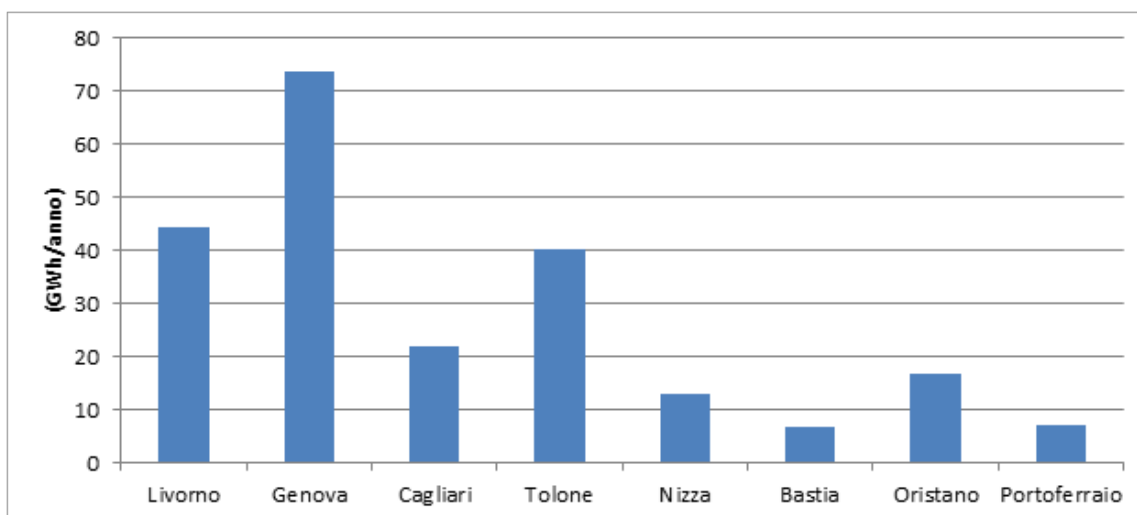


Figure 39 - Sous-total de la demande d'électricité actuelle pour l'ensemble de la zone d'intérêt

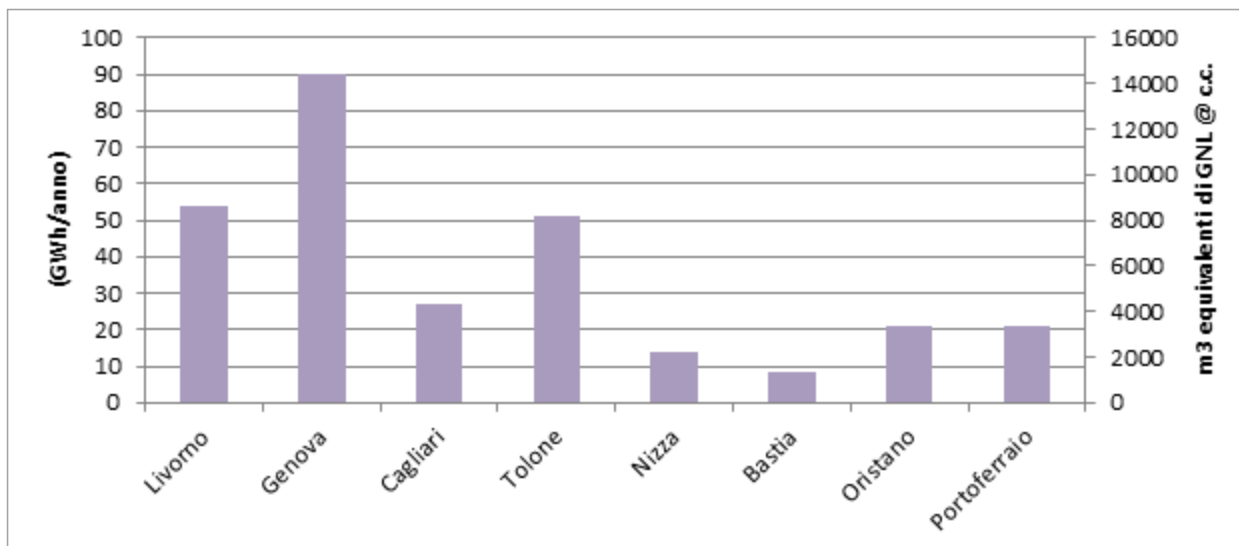


Figure 40 - Demanda énergétique totale actuelle (électrique + thermique) pour l'ensemble de la zone d'intérêt.

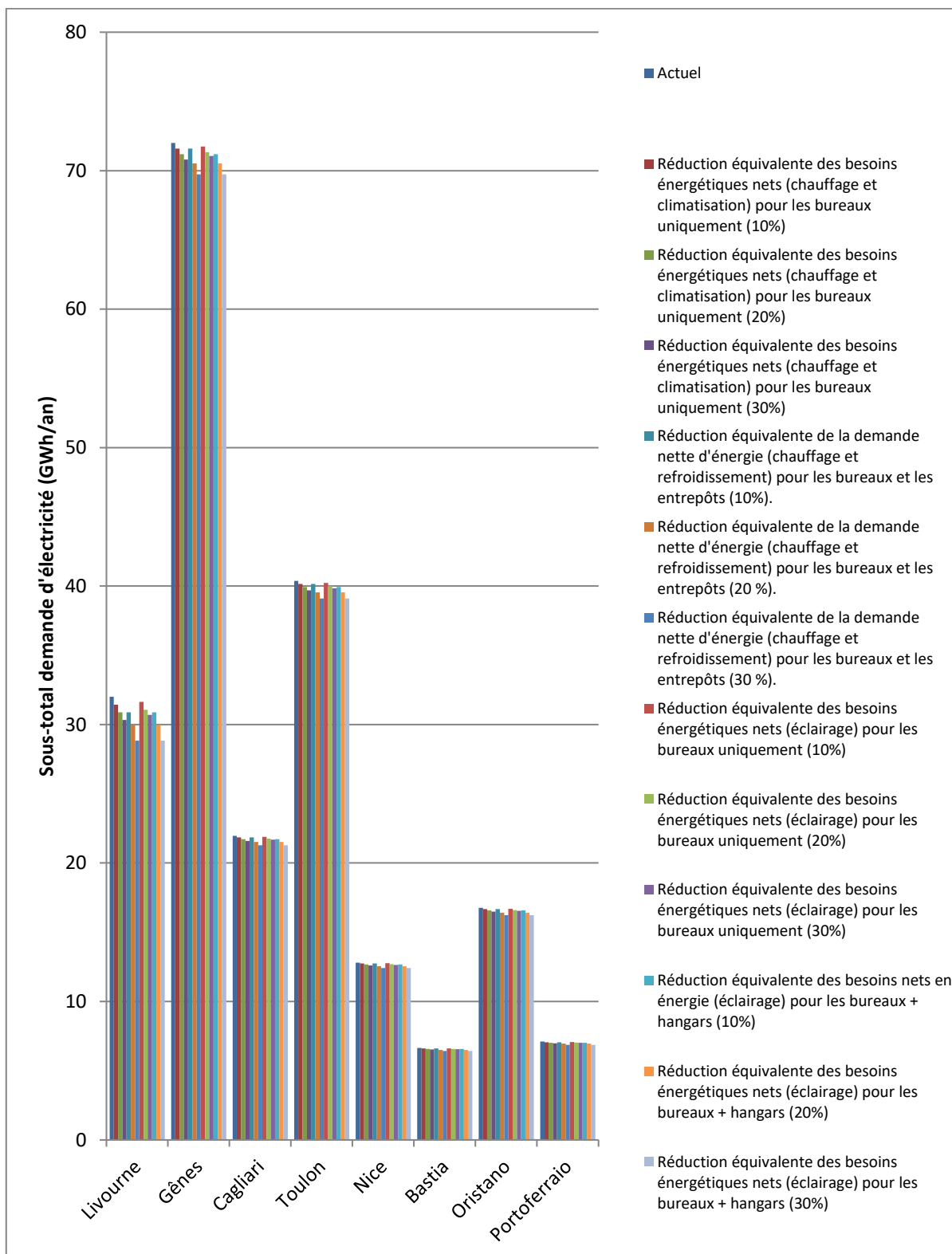


Figure 41 - Estimation de la demande totale d'énergie prospective (électricité) pour différents scénarios et interventions de mise à niveau.

2.4 Conclusions

Dans ce chapitre, une méthodologie pour l'élaboration d'une analyse énergétique flexible et itérative a été présentée. Plus précisément, cette méthodologie vise à identifier une stratégie de gestion permettant de réduire systématiquement, à travers les différentes étapes du processus, les risques techniques et l'incertitude inévitable de l'analyse, qui risqueraient normalement de compromettre l'ensemble du processus de gestion du projet. La conception de cette méthodologie a été réalisée en utilisant une approche *ascendante*, donc en partant d'une étude de cas caractéristique: la zone portuaire de Livorno. A partir de cet échantillon, les outils nécessaires ont été définis pour l'extrapolation des valeurs quantitatives des besoins en énergie primaire pour toutes les zones d'intérêt, notamment: le port de Gênes, Cagliari, Toulon, Nice, Bastia, Oristano et Portoferraio.

De l'analyse effectuée, il ressort une image qui présente des marges intéressantes d'amélioration énergétique qui, en général, pourraient concerner différents domaines, allant de la réduction des besoins énergétiques pour l'éclairage des cours, à l'utilisation de technologies (micro-cogénération par exemple) qui permettent une production d'énergie plus efficace. Pour les zones de manutention des conteneurs, il convient d'évaluer la possibilité d'effectuer des interventions stratégiques pour réduire les besoins énergétiques de la réfrigération des conteneurs, en particulier pour les ports commerciaux de Livourne, Gênes, Toulon et Cagliari. Il est à noter que les besoins en énergie primaire de la zone terrestre estimés dans cette étude, dans tous les ports, sont principalement liés à la demande en électricité. Cette prépondérance découle de l'hypothèse initiale selon laquelle tous les bâtiments sont équipés de pompes à chaleur pour la climatisation et le chauffage. En réalité, certaines d'entre elles peuvent être équipées, dans une moindre mesure, de chaudières fonctionnant au fioul ou au gaz naturel. Il est donc évident que cette hypothèse pourrait conduire à une surestimation de la consommation estimée avec cette méthodologie. Il serait alors possible de recalculer un besoin en énergie électrique jusqu'à 15% inférieur à celui estimé actuellement et une augmentation proportionnelle consécutive du besoin en énergie thermique.

En conclusion, on estime que les valeurs quantifiables utilisant les outils méthodologiques proposés dans cette étude (KPIs), permettent de segmenter avec précision une partie de la demande d'énergie primaire qui représenterait environ 5-15% de la demande totale d'énergie primaire exclusivement dans les zones portuaires les plus "énergivores", c'est-à-dire les terminaux multi-shore et les chantiers navals⁴¹. La consommation d'énergie de cette partie restante peut être facilement estimée en calculant la différence entre la consommation d'énergie primaire agrégée et les valeurs estimées à l'aide de l'outil méthodologique proposé dans cette étude. En conclusion, une attention particulière doit être portée à la phase de classification des zones, en assurant un choix cohérent par rapport aux activités

⁴¹ Cette estimation peut ne pas être valable pour les zones ayant des activités autres que celles décrites.

effectivement réalisées sur chaque zone. Enfin, il est fondamental de souligner que cet outil joue un rôle stratégique dans les étapes préliminaires de l'évaluation énergétique, permettant une analyse fluide et à court terme. Cependant, pour une segmentation énergétique précise, il est toujours nécessaire d'approfondir et de valider les résultats par un audit énergétique conventionnel (de type I, II ou III) au niveau du bâtiment et de l'usine.

3 Estimation de la demande future et des infrastructures connexes

3.1 Description de la base de données de la demande de GNL.

La base de données créée pour les besoins du produit SIGNAL T.1.3.2 est divisée en quatre feuilles de travail:

1. La demande maritime de GNL;
2. Demande portuaire de GNL;
3. Demande de GNL onshore;
4. Demande totale de GNL.

Dans les fiches "Demande maritime de GNL", "Demande portuaire de GNL", "Demande terrestre de GNL", l'échantillon a été divisé par port d'appartenance, par année de référence considérée, en fournissant pour chaque élément la demande maritime de GNL pertinente, en considérant comme cadre temporel la période entre 2019 et 2030.

La BD ne contient donc que les données prévues dans le projet SIGNAL. Cependant, les analyses effectuées par le groupe de recherche UNIGE-CIELI et rapportées dans les chapitres suivants de ce travail incluent une multiplicité d'autres ports pertinents (non envisagés dans le contexte du produit T.1.3.2 de SIGNAL), dont l'analyse était indispensable pour comprendre comment arriver à une estimation de la demande en GNL attribuable aux ports cibles, c'est à dire:

1. Gênes;
2. Livourne;
3. Porto Ferraio;
4. Cagliari;
5. Oristano;
6. Bastia;
7. Toulon;
8. Joli.

En particulier, toutes les feuilles de calcul qui composent la BD ont été structurées selon une logique de gestion des données de type "base de données". En détail, les fiches "demande maritime", "demande portuaire" et "demande terrestre" comprennent pour chacun des 8 ports mentionnés ci-dessus, pour chaque année de 2020 à 2030, et pour les 3 scénarios supposés (scénario de croissance faible, scénario de base, scénario de croissance forte) les volumes de GNL attribuables à ce segment de marché. En outre, par la création d'une colonne "lien" dans chacune des feuilles excel mentionnées ci-dessus, une quatrième et dernière feuille a été créée qui contient la demande totale de GNL (feuille excel "Demande totale de GNL") attribuable à chacun des 8 ports.

Le format utilisé pour créer la BD SIGNAL et les analyses effectuées en référence à chacun des 3 segments de la demande en GNL permettent également de:

- Inclure d'autres ports dans la BD sans problème;
- Étendre la couverture temporelle de la BD;
- Inclure de nouveaux segments de marché hypothétiques (par exemple, la demande de GNL hors réseau).

La DB délivrée, en outre, par la simple utilisation des pivots excel vous permet de:

- Examinez chaque segment conjointement ou séparément;
- Examinez chaque port ou agrégat de ports.

La demande totale de GNL attendue pour chacun des 8 ports cibles dans le scénario de base est indiquée dans le Tableau 39, tandis que le Tableau 40 scénario "faible croissance" et le Tableau 41 les valeurs pour le scénario "forte croissance".

Les paragraphes suivants 3.2, 3.2.9, 3.3.1, décrivent en détail toutes les analyses et estimations pour chacun des 3 segments de demande de GNL (maritime, terrestre et portuaire) dans chaque scénario.

Somme des volumes attendus (m3)	Étiquettes des colonnes											
	Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bastia		450,52	802,22	4.526,87	5.041,28	5.500,19	5.979,08	6.612,02	7.176,10	7.751,05	8.337,33	8.935,52
Cagliari		25.996,80	33.297,76	43.177,68	47.667,69	54.390,28	58.103,31	71.968,87	79.206,91	89.792,15	97.271,67	108.149,19
Gênes		105.620,26	128.999,43	150.284,90	165.909,60	179.104,88	192.738,92	216.077,09	236.018,66	256.205,07	276.579,91	297.355,39
Livourne		130.029,23	154.825,80	174.658,29	190.336,05	204.389,05	219.066,37	242.006,63	261.074,73	280.483,10	300.229,90	320.384,50
Nice		6.817,67	8.337,28	8.604,35	8.891,39	9.199,91	9.531,50	10.030,16	10.526,37	11.035,03	11.556,76	12.092,22
Oristano		425,80	3.929,60	4.182,36	7.753,24	8.291,39	12.169,64	12.863,99	16.799,86	17.631,25	21.775,45	22.881,94
Porto ferraio		450,52	966,68	4.695,82	5.214,85	5.678,49	6.162,24	6.796,14	7.364,92	7.944,65	8.535,84	9.139,05
Toulon		35.171,06	42.731,36	46.065,63	48.875,25	51.511,02	54.285,47	58.190,59	62.055,28	65.995,02	70.013,32	74.114,13
Total général		304.961,85	373.890,12	436.195,90	479.689,35	518.065,21	558.036,54	624.545,49	680.222,83	736.837,31	794.300,17	853.051,95

Tableau 39 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario de base, années 2020-2030

Somme des volumes attendus (m3)	Étiquettes des colonnes											
	Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bastia		450,52	765,57	4.489,51	4.920,72	5.286,09	5.660,14	5.931,35	6.166,50	6.405,21	6.647,60	6.893,78
Cagliari		25.996,80	32.333,36	42.120,47	46.423,87	52.937,19	56.333,64	65.742,54	68.437,93	74.451,76	77.283,77	83.438,34
Gênes		105.620,26	126.065,95	145.567,49	159.193,41	170.154,84	181.298,01	192.495,16	200.145,06	207.874,21	215.685,60	223.581,22
Livourne		130.029,23	151.073,21	168.363,17	181.192,61	192.062,81	203.191,64	214.979,43	222.679,79	230.487,67	238.406,86	246.440,23
Nice		6.817,67	8.228,24	8.402,00	8.584,42	8.775,95	8.977,05	9.200,49	9.413,42	9.630,25	9.851,13	10.076,16
Oristano		425,80	3.848,39	4.017,11	7.493,60	7.843,55	11.510,89	11.895,60	15.546,53	16.006,78	19.780,62	20.367,46
Porto ferraio		450,52	829,46	4.555,31	4.988,47	5.355,85	5.731,96	6.041,83	6.279,79	6.521,38	6.766,71	7.015,89
Toulon		35.171,06	42.037,01	44.808,83	46.988,08	48.919,19	50.907,76	52.570,97	54.145,74	55.743,96	57.366,56	59.014,13
Total général		304.961,85	365.181,19	422.323,89	459.785,19	491.335,46	523.611,09	558.857,36	582.814,75	607.121,21	631.788,86	656.827,22

Tableau 40 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario "faible croissance", années 2020-2030.

Somme des volumes attendus (m3)	Étiquettes des colonnes											
Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Bastia	450,52	838,88	4.564,22	5.161,85	5.718,41	6.311,33	7.184,55	8.003,48	8.849,03	9.723,19	10.618,53	
Cagliari	25.996,80	34.262,16	44.239,03	48.924,82	55.876,10	59.937,54	76.287,52	86.138,68	99.395,57	109.713,44	123.328,54	
Gênes	105.620,26	131.932,90	155.080,68	172.878,55	188.598,41	205.153,73	236.604,29	265.006,00	294.026,26	323.711,53	353.744,76	
Livourne	130.029,23	158.578,38	181.064,80	199.838,66	217.487,61	236.325,09	267.730,76	295.755,01	324.650,58	354.483,07	385.037,55	
Nice	6.817,67	8.433,05	8.797,31	9.197,89	9.638,43	10.122,92	10.865,65	11.623,99	12.414,46	13.239,52	14.101,74	
Oristano	425,80	3.970,20	4.306,24	7.974,84	8.709,58	12.817,34	13.898,60	18.217,07	19.556,72	24.294,12	26.084,06	
Porto ferraio	450,52	1.035,28	4.766,07	5.369,28	5.931,59	6.530,40	7.405,50	8.230,06	9.081,36	9.961,40	10.862,77	
Toulon	35.171,06	43.326,03	47.244,72	50.736,90	54.166,20	57.859,42	63.524,01	69.256,89	75.182,79	81.316,36	87.633,95	
Total général	304.961,85	382.376,89	450.063,05	500.082,79	546.126,32	595.057,77	683.500,86	762.231,18	843.156,77	926.442,63	1.011.411,91	

Tableau 41 - Demande totale de GNL attribuable aux ports cibles du projet SIGNAL (données en m3): scénario "forte croissance", années 2020-2030.

3.2 Cartographie de la demande maritime.

Dans le but d'estimer la demande maritime de GNL, différents types de navires ont été examinés, en considérant à la fois les navires "en service" et les navires nouvellement construits⁴². Dans l'ensemble, l'analyse détaillée a été réalisée pour 28 navires fonctionnant au GNL qui sont pertinents pour quantifier la demande de services de soutage au GNL dans les ports de la zone cible. L'objectif de l'analyse présentée dans ce document est d'estimer la demande maritime de GNL par rapport à trois périodes de temps, en commençant par l'année en cours (2019), en quantifiant la demande qui provient de la flotte disponible à ce jour, puis en considérant la demande à moyen terme (horizon 2025) et celle relative au long terme (horizon 2030), en appliquant des hypothèses spécifiques concernant l'évolution des différents segments de la demande potentielle.

Pour chaque *type de navire* examiné, différentes tailles de navires ont été identifiées afin de cartographier la demande de GNL pour toutes les catégories analysées, comme détaillé ci-dessous.

- Pour le segment "Croisière", 8 navires d'un GT supérieur à 100.000 tonnes ont été examinés, dont deux seulement ont déjà été livrés (les navires à moteur Aidanova et Costa Smeralda). La livraison des autres navires examinés analytiquement dans cette étude est prévue entre 2021 et 2025 (notamment le navire à moteur Costa Toscana, qui entrera en service en 2021, les navires à moteur MSC Europa et Icon Of The Seas, qui seront opérationnels à partir de 2022, le MSC Meraviglia Plus, le MSC Worldclass 1 et le MSC Worldclass 2 qui entreront en service respectivement en 2023, 2024 et 2025).
- En ce qui concerne la catégorie "Ferry et RoPax", différents types de navires sont considérés, qui diffèrent par leur tonnage brut: l'approfondissement analytique, en fait, a considéré au total 6 navires. En particulier, ils ont été examinés les navires à moteur Elio du groupe Caronte, opérant sur le marché à partir de 2018, Armon Gijon G021 de Balearia, qui entrera en service en 2020 (tous deux avec un tonnage brut compris entre 8.000 et 20.000 GT), quatre navires de taille supérieure à 21.000 GT, à savoir le navire à moteur Abel Matutes (Balearia) livré en 2010, les navires à moteur

⁴² Les navires nouvellement construits, comme déjà précisé ci-dessus, sont définis comme des navires "en commande" dans les chantiers navals, dont la livraison est prévue au cours de la période 2020-2025. Il semble en outre opportun de préciser comment l'horizon temporel de référence des navires en commande dans les chantiers navals varie évidemment en raison du type de navires actifs, dans quelle mesure la possibilité de cartographier les navires en livraison future dépend fondamentalement de l'horizon temporel exigé pour la construction du même type de navire et des niveaux de planification des plans d'investissement des armateurs. En ce sens, à titre d'exemple, l'évolution des navires en cours de livraison dans le secteur des croisières peut être prévue avec un niveau de détail plus élevé et un horizon temporel plus long (3/4 ans) par rapport à d'autres typologies de navires (par exemple les vraquiers secs), dans la mesure où ce type de navire nécessite des délais de construction généralement beaucoup plus longs, tant en raison de la complexité technologique du navire que du fait que les commandes aux chantiers navals sont passées par un nombre limité de grands groupes d'armateurs qui prennent leurs décisions d'investissement dans le cadre de plans à moyen et long terme.

Hypatia De Alejandria et Marie Curie (tous deux du groupe Balearia) en 2019 et le navire à moteur Barreras 1708 (Naviera Armas) encore en construction et dont la livraison est prévue en 2021.

- Le segment "vrac sec" comprend les vraquiers d'une capacité inférieure à 40 000 TPL; est notamment pris en considération le navire à moteur Ireland, c'est-à-dire un cimentier équipé d'un GT de 4 284 tonnes, entré en service en 2016.
- La catégorie résiduelle "Autres pétroliers" comprend à la fois les navires "chimiquiers" (notamment les navires à moteur Mia Desgagnes, Paul A. Desgagnes, Ramanda, Rossi A. Desgagnes, Thun Venern, Fure Ven et Mostrau) et les navires "pétroliers" (notamment les navires à moteur Mendeleev Prospect et Eagle Bintulu). Desgagnes, Thun Venern, Fure Ven et Mostrau) et des navires "pétroliers" (notamment les navires à moteur Mendeleev Prospect et Eagle Bintulu), soit un total de 9 navires.
- Le segment "Remorquage et services auxiliaires" comprend deux navires, respectivement un "drague suceur-poussoir" (navire à moteur Minerva; 18 886 GT) et un "câblé (construction)", c'est-à-dire le navire à moteur Living Stone (3 952 GT).
- La catégorie "PSV/FPSO/Offshore" comprend le motonave Viking Queen, un navire d'approvisionnement de plate-forme de 6 111 GT.
- Pour la catégorie "Porte-conteneurs/cargaison générale/transporteur de navires/cargaison RoRo", le Xiamen XSI463B, un transporteur de véhicules de 60 000 GT, a été retenu.

3.2.1 Estimation de la demande de services de soutage de GNL en relation avec le segment "Croisière".

En ce qui concerne le segment "Croisière", la cartographie de la demande maritime de GNL a été réalisée de manière analytique en se référant à la fois à 2019 et au moyen terme (jusqu'en 2025), tandis qu'une approche synthétique a été adoptée (en utilisant des taux de croissance spécifiques prévus pour le marché des services de soutage de GNL) en se référant au long terme (de 2026 à 2030).

Plus précisément, l'approche analytique de la demande est basée sur le calcul de la consommation de GNL, mesurée en mètres cubes, pour chaque navire pertinent pour les ports de la zone cible. Pour chaque navire en question, l'analyse a nécessité l'évaluation de la consommation de GNL par kilomètre, de la capacité des réservoirs et, par conséquent, des kilomètres parcourus et de la fréquence hebdomadaire et annuelle des voyages le long de la route déclarée par les armateurs qui ont l'actif en gestion.

En ce qui concerne le segment des croisières, l'estimation de la demande maritime de GNL pour la période 2026-2030 a nécessité l'utilisation de certaines hypothèses de base

concernant les choix d'utilisation et donc de soutage des armateurs pour 3 navires parmi les nouvelles constructions pour lesquelles, à ce jour, ni les données techniques ni les routes respectives n'ont encore été spécifiées (nous nous référons en particulier aux deux navires de classe mondiale MSC et au navire appartenant à la classe Meraviglia-Plus). Par conséquent, pour les deux premiers navires, dont la livraison est prévue respectivement en 2024 et 2025, on a considéré les mêmes itinéraires et données techniques que pour le MSC Europa, appartenant également à la classe mondiale mais dont la livraison est prévue en 2022. La même logique a été utilisée pour l'unité appartenant à la classe Meraviglia-Plus, mais en considérant les données techniques et les itinéraires exploités par le navire MSC Meraviglia, actuellement déjà en service. L'application de la méthodologie susmentionnée a nécessité de prendre en compte les aspects techniques et opérationnels suivants des navires échantillonnés:

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).
- Nom du navire.
- *Type de navire* et *code de type de navire* (seule la catégorie de croisière est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation du navire, exprimée en cbm par *mille*.
- Autonomie du navire en milles: calculée comme le rapport entre la *capacité en gaz* (pas dans sa totalité mais à 80%, par prudence) et la consommation en m3 (cbm) par mile.
- Itinéraire de route, qui prend en compte tous les ports touchés (*port d'attache* et *port d'escale*).
- Nombre total de milles nautiques parcourus le long de l'itinéraire: calculé en consultant le portail "Seadistance" et les sites web des différentes compagnies étudiées.
- *Vitesse de service*: vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure (correspondant à 1 852 kilomètres par heure).

- Durée effective du voyage: exprimée en jours totaux de voyage. La valeur a été calculée comme la somme des jours de navigation réels (à leur tour estimés comme le rapport entre les miles parcourus et la vitesse de croisière), et en supposant 1 jour d'escale au port pour chaque *port d'attache* et 0,5 jour pour chaque *port d'escale*.
- Fréquence hebdomadaire de répétition de l'itinéraire: il convient de noter que, dans tous les cas examinés, on suppose des itinéraires d'une durée de 8 jours. Par conséquent, la fréquence hebdomadaire est de 0,875.
- Fréquence de répétition annuelle: calculée comme le produit de la fréquence hebdomadaire et du nombre de semaines pendant lesquelles l'itinéraire est répété dans une année. À cet égard, les hypothèses concernant le déploiement des actifs des navires de croisière en Méditerranée ne considèrent que la période de six mois allant de mai à octobre (26 semaines de déploiement sur le marché géographique en question). Il convient de noter que les estimations susmentionnées sont très prudentes car toutes les compagnies de croisière ne redéplient pas l'actif du navire au cours de la période de six mois exclue des estimations.
- Miles parcourus par an: calculés comme le produit de la fréquence annuelle d'utilisation le long de l'itinéraire et du nombre de miles nautiques de l'itinéraire individuel.
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par mille).

En référence à 2019, la demande maritime de GNL dans le secteur des croisières en relation avec les ports visés par le projet SIGNAL a été quantifiée à 87 563 m³ comme le montre le Tableau 42.

IMO/LR/IHS No.	Nom du navire	Type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mille	Milles d'autonomie	Itinéraire	Miles de l'itinéraire	Vitesse de service (miles par heure)	Durée du voyage (jours)	Durée du trajet (jours)	Fréquence hebdomadaire	Fréquence annuelle	Miles par an	Consommation cbm GNL
9781865	AIDANOVA	Croisière	2018	12.500	183.858	3.620	1,414	2.048,09	Majorque, Barcelone, Rome, Florence et Marseille-Majorque.	1.240	18	7,87	8,00	0,88	23	28.210	39.889
9781889	COTE SMERALD	Croisière	2019	13.000	183.900	3.600	1,414	2.036,78	Barcelone-Palme-Palme-Rome-Cènes-Marseille-Barcelone	1.482	20	8,09	8,00	0,88	23	33.716	47.674
TOTAL																	87.562,7

Tableau 42 - Flotte de navires de croisière: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).

Ensuite, la demande de services de soutage de GNL a été estimée analytiquement à l'horizon 2025, sur la base du carnet de commandes actuel. Cela a conduit à une demande estimée pour les ports du projet provenant du secteur des croisières égale à 359 386 m³ (

Tableau 43).

IMO/LR/IHS No.	Nom du navire	Type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mile	Milles d'autonomie	Itinéraire	Miles de l'itinéraire	Vitesse de service (miles par heure)	Durée du voyage (jours)	Durée du trajet (jours)	Fréquence hebdomadaire	Fréquence annuelle	Miles par an	Consommation cbm GNL
9781865	AIDANOVA	Croisière	2018	12.500	183.858	3.620	1,414	2.048,09	Majorque, Barcelone, Rome, Florence et Marseille-Majorque.	1.240	18	7,87	8,00	0,88	23	28.210	39.889
9781889	COTE SMERALD	Croisière	2019	13.000	183.900	3.600	1,414	2.036,78	Barcelone-Palme-Palerm-Rome-Gènes-Marseille-Barcelone	1.482	20	8,09	8,00	0,88	23	33.716	47.674
9837420	MSC EUROPE	Croisière	2022	18.000	205.700	3.700	1,414	2.093,35	Majorque, Barcelone, Rome, Florence et Marseille-Majorque.	1.240	20	7,58	8,00	0,88	23	28.210	39.889
9829930	ICÔNE DES MERS	Croisière	2022	13.500	200.000	3.600	1,414	2.036,78	Barcelone, Palma de Majorque, Marseille, La Spezia, Civitavecchia et Naples.	1.508	20	8,14	8,00	0,88	23	34.307	48.510
9781891	COTE DE LA TUSCANE	Croisière	2021	13.000	184.000	3.600	1,414	2.036,78	Civitavecchia-Rome, Savone, Gènes. Les itinéraires peuvent comprendre la visite de grandes villes portuaires en France et en Espagne, notamment Barcelone et Marseille.	1.500	18	8,47	8,00	0,88	23	34.125	48.253
NA	MSC WORLDCLAS S 1	Croisière	2024	18.000	205.700	3.700	1,414	2.093,35	NA (comme MSC EUROPA)	1.240	20	7,58	8,00	0,88	23	28.210	39.889
NA	MSC WORLDCLAS S 2	Croisière	2025	18.000	205.700	3.700	1,414	2.093,35	NA (comme MSC EUROPA)	1.240	20	7,58	8,00	0,88	23	28.210	39.889
NA	MSC MERAVIGLIA PLUS	Croisière	2023	13.610	181.541	3.600	1,414	2.036,78	NA (comme MSC Grandiosa) Gènes-CivitavecchiaPalerm-La valette-Barcelone-Marseille-Gènes	1.722	20	8,59	8,00	0,88	23	39.176	55.394
TOTAL																	359.386,5

Tableau 43 - Flotte de navires de croisière: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage au GNL dans les ports de la zone cible en 2025 (Source: notre élaboration).

En ce qui concerne l'horizon temporel à long terme (de 2026 à 2030), comme déjà précisé, une approche synthétique de l'estimation de la demande maritime a été utilisée. Cela a nécessité la projection des volumes de GNL requis par le segment de marché en question à partir de 2025 en utilisant le CAGR (*compounded annual growth rate*) relatif à la quantité de GT de la flotte totale attribuable au segment "Cruise", qui est employé en Europe, selon les analyses développées dans le cadre du produit T2.1.2 du projet TDI RETE GNL.

En outre, compte tenu de la complexité inhérente à la réalisation de ce type d'estimation prospective, il a été décidé de définir trois scénarios de marché différents afin d'identifier une fourchette potentielle qui tienne compte des diverses conditions contextuelles possibles. L'adoption de trois scénarios différents permet également d'effectuer des

analyses de sensibilité par rapport aux différentes hypothèses contextuelles. À cette fin, les hypothèses de base qui sous-tendent chaque scénario sont précisées ci-dessous :

- Scénario de base: le scénario "de base" prévoit 718 855 m³. Cela dit, l'estimation de la demande prospective au cours de la période 2026-2030 a été calculée en appliquant le CAGR rapporté au GT de la flotte à propulsion GNL utilisée en Europe (années de référence 2018-2019): ce paramètre est égal à +100,02%.
- Scénario de faible croissance: Le scénario de faible croissance prévoit 479 209 m³. Cela dit, l'estimation de la demande prévue pour la période 2026-2030 dans le scénario "faible croissance" implique l'adoption d'un TCAC égal à 1/3 du taux utilisé pour le scénario de base.
- Scénario de croissance élevée: Le scénario de croissance élevée prévoit 838 678 m³. Compte tenu de ce qui précède, l'estimation de la demande prospective au cours de la période 2026-2030 dans le scénario "croissance élevée" implique l'adoption d'un TCAC égal à 133,33% du taux utilisé pour le scénario de base.

Le Tableau 44 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois scénarios différents en relation avec le segment des croisières.

Croisière			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CANDIDATURE LNG 2019	87.563	87.563	87.563
CANDIDATURE LNG 2020	87.563	87.563	87.563
APPLICATION LNG 2021	135.816	135.816	135.816
APPLICATION LNG 2022	224.215	224.215	224.215
APPLICATION DU LNG 2023	279.609	279.609	279.609
APPLICATION DU LNG 2024	319.498	319.498	319.498
APPLICATION LNG 2025	359.386	359.386	359.386
APPLICATION DU GNL 2026	383.351	431.280	455.245
APPLICATION DU GNL 2027	407.316	503.174	551.103
APPLICATION DU GNL 2028	431.280	575.068	646.961
APPLICATION LNG 2029	455.245	646.961	742.820
DEMANDE DE LNG 2030	479.209	718.855	838.678
Croisière			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR	33,3%	100,0%	133,4%

Tableau 44 - Flotte de navires de croisière: scénarios (estimations synthétiques) concernant la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).

3.2.2 Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Ferry".

Toujours pour le segment "Ferry", la cartographie de la demande de GNL maritime a été réalisée de manière analytique à la fois par rapport à 2019 et par rapport au moyen terme (jusqu'en 2025), tandis que, par rapport au long terme (de 2026 à 2030), une approche synthétique a été adoptée (en utilisant des taux de croissance spécifiques prévus pour le marché des services de soutage de GNL). La cartographie de la demande maritime a été réalisée en utilisant la même méthodologie que celle utilisée pour le segment des croisières, puisque les deux segments offrent un service de transport régulier, avec des routes fixes, régulières et principalement connues ex ante. Dans ce cas également, l'approche analytique pour estimer la demande est donc basée sur le calcul de la consommation de GNL (en m³), attribuable à chaque navire examiné en relation avec les ports de la zone cible. Pour chaque navire, l'analyse a nécessité l'évaluation de la consommation de GNL par mille nautique, de la capacité de la citerne et, par conséquent, des miles parcourus, ainsi que de la fréquence hebdomadaire et annuelle des voyages le long de la route déclarée par les armateurs qui gèrent chaque actif naval.

Les variables suivantes ont également été analysées dans le cas du secteur des ferries:

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).
- Nom du navire.
- *Type de navire et code du type de navire* (seule la catégorie des ferries est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation du navire, exprimée en cbm par *mille*.
- Autonomie du navire en miles: calculée comme le rapport entre la *capacité en gaz* (pas dans sa totalité mais à 80%, par prudence) et la consommation en m³ (cbm) par mile.
- Itinéraire de route, qui prend en compte tous les ports touchés (*port d'attache et port d'escale*).

- Nombre total de milles nautiques parcourus le long de l'itinéraire: calculé en consultant le portail "Seadistance" et les sites web des différentes compagnies étudiées.
- *Vitesse de service*: vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure (correspondant à 1 852 kilomètres par heure).
- Durée du trajet en heures, obtenue sur les *sites web* des différentes compagnies.
- Fréquence hebdomadaire de répétition de l'itinéraire: elle est indiquée sur les sites web des différentes entreprises, lorsqu'elle est présente, sinon elle fait l'objet d'une hypothèse et d'une adaptation sur la base des variables collectées, telles que la durée du voyage exprimée en heures. La fréquence hebdomadaire d'utilisation de la flotte est disponible sur les sites web des compagnies de ferries analysées: à partir de là, connaissant l'utilisation horaire de l'unité unique, nous avons essayé d'adapter de manière cohérente son utilisation hebdomadaire par rapport à l'utilisation commerciale de l'ensemble de la flotte. Par exemple, en ce qui concerne le navire à moteur Abel Matutes (Balearia), qui exploite le service de 12,5 heures Barcelone/Valence-Ibiza-Palma de Majorque-Barcelone/Valence (419 milles), on a supposé une fréquence hebdomadaire de deux à trois voyages par semaine, par rapport à la fréquence de quatre voyages par semaine offerte par l'ensemble de la flotte de Balearia. Par conséquent, il a été décidé d'attribuer une fréquence hebdomadaire de 2,5 pour le service Barcelone/Valence-Ibiza-Palma de Majorque et retour à Barcelone/Valence offert par le navire à moteur Abel Matutes.
- Fréquence annuelle de répétition de l'itinéraire: calculée comme le produit de la fréquence hebdomadaire et du nombre de semaines pendant lesquelles l'itinéraire est répété dans une année. À cet égard, contrairement aux hypothèses relatives au déploiement des actifs des navires de croisière en Méditerranée, pour lesquels seul le déploiement pendant la période de six mois allant de mai à octobre a été considéré (26 semaines de déploiement sur le marché géographique en question), un déploiement annuel de 52 semaines a été considéré pour les ferries, étant donné qu'il s'agit de services de transport de passagers à des fins purement de transport et non de tourisme.
- Milles parcourus par an: calculés comme le produit de la fréquence annuelle d'utilisation le long de l'itinéraire et du nombre de milles nautiques de l'itinéraire individuel.
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par *mille*).

En référence à 2019, la demande de GNL maritime dans le secteur des ferries en relation avec les ports visés par le projet SIGNAL a été quantifiée à 111 962,4 m³ comme le montre le Tableau 45.

OM/LR/IHS Non	Nom du navire	Code du type de navire	ANNÉE	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mile	Milles d'autonomie	Itinéraire	Itinéraire (miles)	Vitesse de service (miles par heure)	Durée du trajet (heures)	Fréquence hebdomadaire	Fréquence annuelle	Miles par an	Consommation cbm par an
9441130	ABEL MATUTES	Passager/ Navire Ro-Ro (véhicules)	2010	5.300	29.670	356	0,527	540,42	Barcelone/Valence-Ibiza-Palma de Mallorca	419	21	12,50	2,50	130,00	54.418	28.678
9819806	ELIO	Passager/ Navire Ro-Ro (véhicules)	2018	1.673	8.778	150	0,408	294,12	MESSINA-VILLA SAN GIOVANNI	3	13	0,67	98,00	5.096,00	16.817	6.861
9498755	ALEJANDRIA HYPATIA	Passager/ Navire Ro-Ro (véhicules)	2019	7.000	26.500	440	0,527	667,93	Valence-Ibiza-Palma de Mallorca (Majorque)	342	24	8,60	2,50	130,00	44.395	23.396
9498767	MARIE CURIE	Passager/ Navire Ro-Ro (véhicules)	2019	7.000	26.375	440	0,527	667,93	Huelva et les ports de La Luz (Las Palmas de Gran Canarias) et Santa Cruz de Tenerife	1.290	24	44,00	1,50	78,00	100.620	53.027
TOTAL																111.962,4

Tableau 45 - Flotte de navires "ferry": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: *notre élaboration.*).

Ensuite, la demande de services de soutage de GNL a été estimée de manière analytique en se référant également à l'horizon 2025, sur la base du carnet de commandes actuel. Cela a conduit à une demande estimée pour les ports du projet provenant du secteur des ferries de 206 042 m³ en 2025 (Tableau 46).

IMO/LR/IHS No.	Nom du navire	Code du type de navire	ANNÉE	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mile	Milles d'autonomie	Itinéraire	Itinéraire (miles)	Vitesse de service (miles par heure)	Durée du trajet (heures)	Fréquence hebdomadaire	Fréquence annuelle	Miles par an	Consommation cbm par an
9441130	ABEL MATUTES	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2010	5.300	29.670	356	0,527	540,42	Barcelone/Valence-Ibiza-Palma de Mallorca	419	21	12,50	2,50	130,00	54.418	28.678
9819806	ELIO	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2018	1.673	8.778	150	0,408	294,12	MESSINA-VILLA SAN GIOVANNI	3	13	0,67	98,00	5.096,00	16.817	6.861
9498755	ALEJANDRIA HYPATIA	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2019	7.000	26.500	440	0,527	667,93	Valence-Ibiza-Palma de Mallorca (Majorque)	342	24	8,60	2,50	130,00	44.395	23.396
9498767	MARIE CURIE	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2019	7.000	26.375	440	0,527	667,93	Huelva et les ports de La Luz (Las Palmas de Gran Canarias) et Santa Cruz de Tenerife	1.290	24	44,00	1,50	78,00	100.620	53.027
9863637	ARMON GIJON G021	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2020	1.200	9.378	210	0,408	411,76	Huelva et les ports de La Luz (Las Palmas de Gran Canarias) et Santa Cruz de Tenerife	1.290	35	44,00	1,50	78,00	100.620	41.053
9875537	BARRERAS 1708	Navires à passagers/rouliers (véhicules)	2021	5.800	39.751	30	0,527	45,54	Huelva, Las Palmas de Gran Canaria, Tenerife	1.290	23	44,00	1,50	78,00	100.620	53.027
TOTAL																206.042,1

Tableau 46 - Flotte de navires "ferry": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible en 2025 (Source: *notre élaboration*)

En ce qui concerne l'horizon à long terme (de 2026 à 2030), comme pour le segment "croisière", une approche synthétique a été utilisée pour estimer la demande maritime. À cette fin, on a eu recours aux GAGR relatifs à la quantité de GT de la flotte attribuable au

segment "Ferry", au niveau européen, selon les analyses développées en relation avec le produit T2.1.2 du projet TDI RETE GNL. Dans ce cas également, trois scénarios de marché différents ont été identifiés afin d'estimer une gamme potentielle de demande en considérant différentes conditions de marché hypothétiques. Les hypothèses de base qui sous-tendent chaque scénario et les estimations de la demande correspondante sont présentées ci-dessous:

- Scénario de base: Le scénario "de base" prévoit 259 632 m³. Cela dit, l'estimation de la demande prospective pour la période 2026-2030 a été calculée en appliquant le CAGR rapporté au GT de la flotte de méthaniers utilisée en Europe (années de référence 2008-2019): ce paramètre est égal à +26%.
- Scénario de faible croissance: Le scénario de faible croissance prévoit 223 906 m³. Cela dit, l'estimation de la demande prospective pour la période 2026-2030 dans le scénario "faible croissance" implique l'adoption d'un TCAC égal à 1/3 du taux utilisé pour le scénario de base.
- Scénario de croissance élevée: Le scénario de croissance élevée prévoit 277 496 m³. Compte tenu de ce qui précède, l'estimation de la demande prospective au cours de la période 2026-2030 dans le scénario "croissance élevée" implique l'adoption d'un TCAC égal à 133,33% du taux utilisé pour le scénario de base.

Le Tableau 47 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois scénarios différents en relation avec le segment des ferries.

Ferry			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CANDIDATURE LNG 2019	111.962	111.962	111.962
CANDIDATURE LNG 2020	153.015	153.015	153.015
APPLICATION LNG 2021	206.042	206.042	206.042
APPLICATION LNG 2022	206.042	206.042	206.042
APPLICATION DU LNG 2023	206.042	206.042	206.042
APPLICATION DU LNG 2024	206.042	206.042	206.042
APPLICATION LNG 2025	206.042	206.042	206.042
APPLICATION DU GNL 2026	209.615	216.760	220.333
APPLICATION DU GNL 2027	213.188	227.478	234.624
APPLICATION DU GNL 2028	216.760	238.196	248.914
APPLICATION LNG 2029	220.333	248.914	263.205

Ferry			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
DEMANDE DE LNG 2030	223.906	259.632	277.496
Ferry			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR	8,7%	26,0%	34,7%

Tableau 47 - Flotte de navires de croisière: scénarios (estimations synthétiques) concernant la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).

3.2.3 Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Autres navires-citernes".

Si l'on considère le segment des "autres navires-citernes", qui comprend les types de navires "chimiquiers" et "pétroliers" (pour un total de 9 unités), la cartographie de la demande de GNL maritime pour l'année en cours (2019) a été réalisée à l'aide d'une méthodologie spécifique qui tient compte des particularités de l'activité en question: il s'agit en effet de services ponctuels qui ne présentent pas les spécificités d'un service régulier, typique des segments des croisières et des ferries. Dans ce cas également, l'approche analytique de la demande est basée sur le calcul de la consommation de GNL, mesurée en mètres cubes, pour chaque navire pertinent pour les ports de la zone cible. Pour les navires inclus dans cet agrégat, l'analyse des quantités de GNL requises est basée sur une estimation des miles parcourus annuellement et un examen de la consommation de GNL par mile. Comme il n'est pas possible de disposer des itinéraires ou des fréquences hebdomadaires/quotidiennes de port à port pour chaque navire, on a supposé un certain nombre de jours de navigation par an (égal à 255 jours, soit 70% des jours potentiellement productifs) et de jours au port ou de jours non productifs (égal à 110 jours, soit les 30% restants). En outre, pour la catégorie de navires "autres pétroliers", on a supposé une consommation de GNL pendant les arrêts au port égale à 0 m³, par rapport à une consommation/mille égale à environ 0,094 mètres cubes (données tirées du document T2.1.2 "Report for the mapping of demand", pour le projet TDI RETE GNL). Les variables analysées pour calculer la demande actuelle et future de GNL par le secteur des "autres navires-citernes" sont présentées ci-dessous:

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).
- Nom du navire.
- *Type de navire* et code de *type de navire* (seule la catégorie "autre pétrolier" est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.

- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation des navires, exprimée en mètres cubes (cbm) par *mille*: comme on l'a vu ci-dessus, on suppose une consommation de cbm par mille de 0,094 cbm/mile (chiffre tiré du document T2.1.2 "Report for demand mapping", pour le projet TDI RETE GNL) et une consommation de GNL au port de 0 cbm, car elle a peu d'impact sur la consommation totale.
- Autonomie du navire exprimée en milles, calculée, comme pour les segments croisière et ferry, comme le rapport entre la *capacité en gaz* (pas dans sa totalité mais à 80%, par prudence) et la consommation de cbm par mille.
- *Vitesse de service*, c'est-à-dire la vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure.
- Miles parcourus par jour: calculés non pas sur la base des voyages/itinéraires effectués par les différents navires, comme dans les segments des croisières et des ferries, mais sur la base de la vitesse de croisière, en supposant que le navire est en mer 24 heures sur 24 pendant 255 jours, étant donné que, dans l'autre segment des pétroliers, aucun voyage régulier ou programmé n'est effectué, ce qui est typique du secteur des croisières et du segment des navires à passagers/rouliers (véhicules).
- Kilomètres parcourus dans l'année: calculés comme le produit des kilomètres parcourus par jour et des jours parcourus sur l'ensemble de l'année (255 jours).
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par *mille*).

En référence à 2019, la demande de GNL maritime du segment "autres navires-citernes" en relation avec les ports visés par le projet SIGNAL a été quantifiée à 52 062,8 m³ comme le montre le Tableau 48.

OM/LR/IHS Non	Nom du navire	Type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mille	Milles d'autonomie	Vitesse de service (miles par heure)	Miles par jour	Miles par an	Consommation cbm GNL
9826897	PERSPECTIVE DE MENDELEIEV	Pétrolier	2018	113.189	64.909	1.700	NA	NA	12	295	75.276	NA
9772278	MIA DESGAGNES	Citerne pour produits chimiques/produits	2017	14.986	12.061	625	0,094	5.319,15	13	312	79.560	7.478,64
9804423	PAUL A. DESGAGNES	Citerne pour produits chimiques/produits	2018	14.980	12.061	625	0,094	5.319,15	13	312	79.560	7.478,64
9739812	RAMANDA	Citerne pour produits chimiques/produits	2018	17.999	12.770	600	0,094	5.106,38	13	312	79.560	7.478,64
9804435	ROUGE A. DESGAGNES	Citerne pour produits chimiques/produits	2019	15.100	11.837	625	0,094	5.319,15	13	312	79.560	7.478,64
9739824	THUN VENERN	Citerne pour produits chimiques/produits	2018	17.999	12.770	600	0,094	5.106,38	13	312	79.560	7.478,64
9795074	AIGLE BINTULU	Pétrolier	2019	113.049	62.150	1.700	NA	NA	15	348	88.740	NA
9818278	FURE VEN	Citerne pour produits chimiques/produits	2019	17.993	12.770	1.700	0,094	14.468,09	13	312	79.560	7.478,64
9829784	MOSTRAUM	Citerne pour produits chimiques/produits	2019	10.543	7.256	102	0,094	868,09	13	300	76.500	7.191,00
TOTAL												52.062,8

Tableau 48 - Flotte de navires "autres pétroliers": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible en 2019 (Source: notre élaboration).

En ce qui concerne les horizons temporels à moyen terme (2025) et à long terme (2030), une approche synthétique a été utilisée pour estimer la demande de services de soutage de GNL, en appliquant les CAGR relatifs à la tendance de la flotte totale attribuable au segment des "autres pétroliers", qui sont employés en Europe, selon les analyses mentionnées dans le produit T2.1.2 du projet TDI RETE GNL. Comme pour les autres segments, trois scénarios de marché alternatifs ont été identifiés, dont les hypothèses de base sont rappelées ci-dessous:

- Scénario de base: par rapport au scénario de base, l'estimation de la demande prospective pour la période 2026-2030 a été calculée en appliquant le CAGR rapporté au DWT de la flotte de méthaniers utilisée en Europe (années de référence 2008-2019): ce paramètre est égal à +33%. Ceci a conduit à une demande estimée de GNL pour les ports inclus dans le projet SIGNAL de 52 063 m³ pour 2025 et 69 374 m³ pour 2030.
- Scénario de faible croissance: Dans le scénario de faible croissance, la demande est estimée à 52 063 m³ en 2025 et à 57 833 m³ en 2030. Dans ce cas, un TCAC de 1/3 du taux utilisé pour le cas de base a été utilisé.
- Scénario de croissance élevée: Le scénario de croissance élevée donne une estimation de 52 063 m³ en 2025 et de 75 144 m³ en 2030, en utilisant un TCAC de 133,33% du taux de base.

Le Tableau 49 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois scénarios différents en ce qui concerne le segment des "autres pétroliers".

Autre pétrolier			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
APPLICATION LNG 2025	52.063	52.063	52.063
APPLICATION DU GNL 2026	53.217	55.525	56.679
APPLICATION DU GNL 2027	54.371	58.987	61.295
APPLICATION DU GNL 2028	55.525	62.450	65.912
APPLICATION LNG 2029	56.679	65.912	70.528
DEMANDE DE LNG 2030	57.833	69.374	75.144
Autres camions-citernes			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR	11,1%	33,3%	44,3%

Tableau 49 - Flotte de navires "autres pétroliers": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).

3.2.4 Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Vrac sec".

En prenant en considération le segment du "vrac sec", plus particulièrement le cimentier M/N Ireland, la cartographie de la demande maritime de GNL par rapport à l'année en cours (2019) a été réalisée en utilisant la même méthode que celle utilisée pour le segment des "autres pétroliers". Plus précisément, cette approche analytique de la demande est basée sur le calcul de la consommation de GNL, mesurée en mètres cubes, pour chaque navire pertinent pour les ports de la zone cible. Pour chaque navire concerné, l'analyse a nécessité l'évaluation de la consommation de GNL par kilomètre et des kilomètres parcourus annuellement. Sans disposer des itinéraires ou des fréquences hebdomadaires/quotidiennes des unités individuelles, on a supposé un certain nombre de jours de navigation/an égal à 255 jours (70%) et de jours au port/an égal à 110 jours (30%). En outre, en présence d'une consommation minimale de GNL par jour de port et ne pouvant pas disposer de données détaillées par rapport à celle-ci, également dans ce cas, on a supposé conventionnellement une consommation de GNL égale à 0 m³ pendant les arrêts au port, ce qui conduit à des estimations de la demande de services de soutage de GNL conservatrices. Voici les variables analysées pour le calcul de la demande actuelle et future de GNL par le secteur du "vrac sec":

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).
- Nom du navire.

- Type de *navire* et *code du type de navire* (seule la catégorie du vrac sec est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation des navires, exprimée en cbm par *mille*: on suppose une consommation cbm par mille de 0,077 cbm/mile (chiffre tiré du document T2.1.2 "Report for demand mapping", pour le projet TDI RETE GNL).
- Autonomie du navire exprimée en milles, calculée, comme pour les autres segments examinés, par le rapport entre la *capacité en gaz* (non pas dans sa totalité mais à 80%, par prudence) et la consommation de cbm par mille.
- *Vitesse de service*, c'est-à-dire la vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure.
- Milles parcourus par jour, calculés non pas sur la base des voyages/itinéraires effectués par les navires individuels, comme dans les segments des croisières et des ferries, mais sur la base de la vitesse de croisière, en supposant que le navire est en mer 24 heures sur 24, étant donné que, dans le segment du vrac sec, comme dans celui des autres pétroliers, aucun voyage régulier ou programmé n'est effectué.
- Kilométrage par an: calculé comme le produit des kilomètres parcourus par jour et des jours de voyage sur l'ensemble de l'année (255 jours).
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par *mille*).

En ce qui concerne 2019, la demande de GNL maritime du segment du vrac sec en relation avec les ports visés par le projet SIGNAL a été quantifiée à 6 126 m³, comme le montre le Tableau 50.

IMO/LR/IHS No.	Nom du navire	Type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mille	Milles d'autonomie	Vitesse de service (milles par heure)	Miles par jour	Miles par an	Consommation Cbm GNL
9771456	IRLANDE	Porteur de ciment	2016	7.569	4.284	144	0,077	1.496,10	13	312	79.560	6.126,12
TOTAL												6.126,12

Tableau 50 - Flotte de navires de vrac sec: estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).

En ce qui concerne les horizons à moyen terme (2025) et à long terme (2030), l'approche synthétique a été utilisée pour estimer la demande de services de soutage au GNL, également pour le segment du "vrac sec". En particulier, les calculs ont été effectués en utilisant les CAGR pour la quantité de DWT de la flotte dans le segment "vrac sec", utilisé en Europe selon les estimations faites dans le cadre du produit T2.1.2 du projet TDI RETE GNL. On trouvera ci-dessous les hypothèses qui sous-tendent les trois différents scénarios retenus en ce qui concerne le segment du "vrac sec":

- Scénario de base: l'estimation de la demande prévue pour la période 2026-2030 a été calculée en appliquant le CAGR rapporté au DWT de la flotte de méthaniers déployée en Europe (années de référence 2015-2019): ce paramètre est égal à +19%. Compte tenu de ce qui précède, la demande estimée pour le scénario "de base" est de 6 126 m³ pour 2025 et de 7 286 m³ pour 2030.
- Scénario de faible croissance: L'estimation de la demande prévue pour la période 2026-2030 dans le scénario de faible croissance implique l'adoption d'un TCAC égal à 1/3 du taux utilisé pour le scénario de base, ce qui conduit à une quantification de la demande de 6 126 m³ pour 2025 et 6 513 m³ pour 2030.
- Scénario de croissance élevée: L'estimation de la demande prospective pour la période 2026-2030 dans le scénario de croissance élevée implique l'adoption d'un TCAC de 133,33% du taux utilisé pour le scénario de base pour une demande estimée en 2030 à 6 126 m³ pour 2025 et 6 672 m³ pour 2030.

Le Tableau 51 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois scénarios différents en relation avec le segment du vrac sec.

Sec				
		scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
APPLICATION	LNG	6.126	6.126	6.126
2025				
APPLICATION DU GNL		6.203	6.358	6.435
2026				
APPLICATION DU GNL		6.281	6.590	6.745
2027				
APPLICATION DU GNL		6.358	6.822	7.054
2028				
APPLICATION	LNG	6.435	7.054	7.363
2029				
DEMANDE DE LNG		6.513	7.286	7.672
2030				
Sec				
		scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR		6,3%	18,9%	25,2%

Tableau 51 - Flotte de vrac sec: scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage au GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration)

3.2.5 Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "Services de remorquage et services auxiliaires".

En prenant en considération le segment des "remorqueurs et services auxiliaires", qui comprend une unité de pose de câbles et une drague suceuse porteuse, la cartographie de la demande maritime de GNL pour l'année en cours (2019) et la période 2020-2025 a été réalisée en empruntant l'approche méthodologique utilisée au sein du produit T1.5.1 du projet SIGNAL, "Report Activities - scenario and network set-up", préparé par IRE S.p.A et capitalisant également sur les résultats du produit T2.1.2 du projet TDI RETE-GNL, intitulé "Report for demand mapping". En particulier, la méthodologie proposée pour ce segment de marché est fondée sur le calcul de la consommation de GNL (en mètres cubes) pour chaque navire examiné, compte tenu de la consommation relative par mille marin et du nombre total de milles marins que l'on peut déduire être parcourus annuellement par les navires appartenant à ce segment, sur la base des données figurant dans les produits techniques susmentionnés. Voici un résumé des différentes variables qui ont dû être prises en compte afin de quantifier la demande actuelle et future de services de soutage de GNL provenant du segment des "remorqueurs et services auxiliaires":

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).

- Nom du navire.
- Type de *navire* et *code de type de navire* (seule la catégorie des remorqueurs et des services auxiliaires est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation des navires, exprimée en cbm par *mille*: en l'absence d'informations sur cette donnée, elle a été extrapolée à partir du document T2.1.2 "Report for demand mapping", pour le projet TDI RETE GNL.
- Autonomie du navire: exprimée en miles, calculée comme pour les autres segments examinés.
- *Vitesse de service*, c'est-à-dire la vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure.
- Miles parcourus par jour: en l'absence d'informations sur ce chiffre, il a été extrapolé à partir du document T2.1.2 "Report for the mapping of demand", pour le projet TDI RETE GNL.
- Fréquence annuelle de répétition du déplacement: en l'absence d'informations sur cette donnée, elle a été extrapolée à partir du document T2.1.2 "Report for the mapping of demand", pour le projet TDI RETE GNL.
- Miles parcourus par an, qui est le produit de la fréquence annuelle et des miles des voyages individuels.
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par mille).

En référence à 2019, la demande de GNL maritime du segment "remorqueurs et services auxiliaires" en relation avec les ports du projet SIGNAL a été quantifiée à 467 m³ comme le montre le Tableau 52.

IMO/LR/IHS No.	Nom du navire	Type de navire	Code du type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mile	Milles d'autonomie	Vitesse de service (milles par heure)	Itinéraire Miles par jour	Fréquence Année	Miles par an	Consommation cbm GNL
9776925	PIERRE VIVANTE	Couche de câble	Remorqueur et services auxiliaires	2018	13.815	18.886	1.260	0,185	6.810,81	14	45	50	2.250	416,25
9778155	MINERVA	Drague suceuse tractée	Remorqueur et services auxiliaires	2017	2.778	3.952	200	0,073	2.739,73	12	10	70	700	51,10
TOTAL														467,4

Tableau 52 - Flotte de navires "remorqueurs et services auxiliaires": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration).

En ce qui concerne les horizons temporels à moyen terme (2025) et à long terme (2030), également pour le segment des "remorqueurs et services auxiliaires", une approche synthétique a été utilisée pour estimer la demande de services de soutage au GNL. En particulier, les calculs ont été effectués en utilisant les TCAC relatifs à l'évolution du TPL de la flotte totale attribuable au segment "remorqueurs et services auxiliaires" employé en Europe (voir produit T2.1.2 du projet TDI RETE GNL). Les trois scénarios de marché examinés sont brièvement décrits ci-dessous et les estimations de la demande de services de soutage du GNL sont rapportées pour chacun d'eux:

- **Scénario de base:** l'estimation de la demande prévue pour la période de 2026 à 2030 est basée sur le TCAC du DWT de remorqueurs et de services auxiliaires GNL utilisés en Europe (années de référence 2009-2019): ce paramètre est égal à +30%. Le scénario de base montre une demande de GNL de 467 m³ en 2025 et de 608 m³ en 2030;
- **Scénario de faible croissance:** L'estimation de la demande prévue pour la période 2026-2030 dans le scénario de faible croissance implique l'adoption d'un TCAC d'un tiers du taux utilisé pour le scénario de base précédent, ce qui conduit à une demande estimée à 467 m³ pour 2025 et 514 m³ pour 2030;
- **Scénario de forte croissance:** L'estimation de la demande prévue sur la période 2026-2030 dans le scénario de forte croissance implique l'adoption d'un CAGR de 133,33% du taux utilisé pour le scénario de base et conduit à une valeur de 467 m³ pour 2025 et 655 m³ pour 2030.

Le Tableau 53 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois différents scénarios en relation avec le segment des remorqueurs et des services auxiliaires.

Remorqueurs et services auxiliaires			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
APPLICATION LNG 2025	467	467	467
APPLICATION DU GNL 2026	477	496	505
APPLICATION DU GNL 2027	486	524	542
APPLICATION DU GNL 2028	496	552	580
APPLICATION LNG 2029	505	580	618
DEMANDE DE LNG 2030	514	608	655
Remorqueurs et services auxiliaires			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR	10,0%	30,1%	40,2%

Tableau 53 - Flotte de navires "remorqueurs et services auxiliaires": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à l'horizon 2030 (Source: notre élaboration).

3.2.6 Estimation de la demande de services de soutage de GNL par rapport au segment "PSV/FPSO/Offshore".

En prenant en considération le segment PSV/FPSO/Offshore (en particulier, nous nous référons au navire de ravitaillement de plate-forme "Viking Queen"), l'estimation de la demande de GNL maritime pour l'année en cours (2019) a été réalisée en empruntant l'approche méthodologique utilisée dans le produit T1.5.1 du projet SIGNAL, "Report Activities - scenario and network set-up", préparé par IRE S.p.A et capitalisant également sur les résultats du produit T2.1.2 du projet TDI RETE-GNL, intitulé "Report for demand mapping". Cette méthodologie est basée sur le calcul de la consommation de GNL (en mètres cubes), en considérant la consommation par mille nautique et le total des milles potentiellement parcourus sur une base annuelle à partir des données d'entrée mentionnées ci-dessus. Les variables utilisées pour calculer la demande actuelle et future de GNL par le secteur "PSV/FPSO/Offshore" sont donc les suivantes:

- Numéro d'identification de l'unité (code IMO).
- Nom du navire.
- *Type de navire* et *code du type de navire* (seule la catégorie PSV/FPSO/OFFSHORE est observée).

- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).
- Consommation des navires, exprimée en cbm par *mille*: en l'absence d'informations sur cette donnée, elle a été extrapolée à partir du document T2.1.2 "Report for demand mapping", pour le projet TDI RETE GNL.
- Autonomie du navire: exprimée en milles, calculée comme pour les autres segments examinés.
- *Vitesse de service*, c'est-à-dire la vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure.
- Milles parcourus par jour: en l'absence d'informations précises sur cette variable, les données d'entrée utilisées pour les estimations de ce document ont été extrapolées à partir du produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL, intitulé "Demand Mapping Report".
- Fréquence des déplacements annuels: en l'absence d'informations précises sur cette variable, les données d'entrée utilisées pour les estimations de ce document ont été extrapolées à partir du produit TDI RETE-GNL T2.1.2, intitulé "Demand Mapping Report".
- Milles parcourus par an, qui est le produit de la fréquence annuelle et des milles des voyages individuels.
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par mille).

En référence à 2019, la demande de GNL maritime du segment "PSV/FPSO/Offshore" en relation avec les ports visés par le projet SIGNAL a été quantifiée à 463 m³ comme le montre le Tableau 54.

OMI/LR/IHS Non	Nom du navire	Type de navire	Code du type de navire	Année	Poids mort	GT	Capacité en gaz	Consommation cbm par mille	Milles d'autonomie	Vitesse de service (milles par heure)	Itinéraire Miles par jour	Fréquence annuelle	Milles par an	Consommation cbm GNL
9372901	REINE DES VIKINGS	Navire de ravitaillement de la plate-forme	PSV/FPSO/OFFSHORE	2.008	6.200	6.111	400,0	0,19	1.730	9	10	250	2.500	463
TOTAL														462,5

Tableau 54 - Flotte de navires "PSV/FPSO/Offshore": estimation analytique de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à partir de 2019 (Source: notre élaboration)

En ce qui concerne les horizons à moyen terme (2025) et à long terme (2030), l'approche synthétique a été utilisée pour estimer la demande de services de soutage du GNL. Comme pour les autres segments de cargaison examinés ci-dessus, les CAGR relatifs à la quantité de DWT de la flotte totale attribuable au segment "PSV/FPSO/Offshore", employés en Europe, ont été utilisés, selon les analyses développées dans le cadre du produit T2.1.2 du projet TDI RETE-GNL. Voici les hypothèses de base qui sous-tendent chaque scénario:

- **Scénario de base:** l'estimation de la demande prospective à l'horizon 2025 et 2030 a été réalisée en appliquant le TCAC de l'évolution en TPL de la flotte européenne de PSV/FPSO/Offshore alimentés au GNL à partir de 2020 (années de référence 2008-2019): ce paramètre est égal à +45%. Cela a conduit à une demande estimée à 463 pour 2025 et 669 pour 2030;
- **Scénario "faible croissance":** L'estimation de la demande prévue en 2025 et 2030 dans le scénario "faible croissance" a été réalisée en appliquant un taux de croissance égal à 1/3 du TCAC utilisé pour le scénario de base et aboutit à quantifier la demande de GNL dans ce segment à 463 en 2025 et 531 en 2030;
- **Scénario de forte croissance:** Le scénario de forte croissance implique l'adoption d'un TCAC de 133,33% du taux utilisé dans le cas de base et conduit à une estimation de la demande globale de 463 en 2025 et de 737 en 2030.

Le Tableau 55 montre la demande estimée de services de soutage de GNL de 2019 à 2030 selon les trois scénarios différents en ce qui concerne le segment "PSV/FPSO/Offshore".

PSV/FPSO/OFFSHORE				
		scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
APPLICATION	LNG	463	463	463
APPLICATION	DU	476	504	517
APPLICATION	DU	490	545	572
APPLICATION	DU	504	586	627
APPLICATION	LNG	517	627	682
DEMANDE DE	LNG	531	669	737
PSV/FPSO/OFFSHORE				
		scénario bas	scénario de base	Scénario élevé

PSV/FPSO/OFFSHORE			
	scénario bas	scénario de base	Scénario élevé
CAGR	14,9%	44,6%	59,4%

Tableau 55 - Flotte de navires "PSV/FPSO/Offshore": scénarios (estimations synthétiques) de la demande potentielle de services de soutage de GNL dans les ports de la zone cible à 2025 et 2030 (Source: notre élaboration)

3.2.7 Estimation de la demande de services de soutage de GNL en relation avec le segment "Porte-conteneurs/Cargaison générale/Porte-véhicules/Cargaison Ro-Ro".

En ce qui concerne le segment "Porte-conteneurs/Cargaison générale/Porte-véhicules/Cargo-Ro", la cartographie de la demande de GNL maritime pour l'année en cours (2019) a été réalisée en considérant le porte-véhicules "Xiamen XSI463B", qui est actuellement opérationnel. Le calcul de la consommation de GNL (en mètres cubes) a été effectué en considérant la consommation par mille nautique, la vitesse de croisière et les miles parcourus annuellement. Malgré le fait que le service offert par le navire en question est régulier et, par conséquent, présente des caractéristiques spécifiques similaires aux services de "croisière" et de "ferry", il n'a pas été possible de procéder en utilisant la méthodologie basée sur la fréquence de l'itinéraire, car des informations détaillées ne sont pas disponibles en ce qui concerne les méthodes d'utilisation de cet actif naval.

Par conséquent, pour ce type de navire, il n'est pas possible à ce jour d'estimer avec suffisamment de précision la demande relative de GNL pour les ports cibles.

Les variables pertinentes pour le calcul de la demande actuelle et future de GNL par le segment "Porte-conteneurs/Cargos généraux/Porte-véhicules/Cargos rouliers" sont énumérées ci-dessous:

- Numéro d'identification de l'unité (code OMI).
- Nom du navire.
- Type de *navire* et *code du type de navire* (seule la catégorie Porte-conteneurs/Cargaison générale/Porte-véhicules/Cargaison Ro-Ro est observée).
- Année de construction.
- Tonnes de poids mort.
- Tonnage brut.
- *Capacité en gaz*, c'est-à-dire la capacité du réservoir de GNL du navire, exprimée en mètres cubes (cbm).

- Consommation des navires, exprimée en cbm par *mille*: en l'absence d'informations précises sur cette variable, les données d'entrée utilisées pour les estimations de ce document ont été extrapolées à partir du produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL, intitulé "Demand mapping report".
- Autonomie du navire: exprimée en milles, calculée comme pour les autres segments examinés.
- *Vitesse de service*, c'est-à-dire la vitesse de croisière maintenue par le navire pendant la navigation, exprimée en milles par heure.
- Miles parcourus par jour: calculés non pas sur la base des voyages/itinéraires effectués par les différents navires, comme dans les segments des croisières et des ferries, mais sur la base de la vitesse de croisière, en supposant que le navire est en mer 24 heures sur 24.
- Fréquence des déplacements annuels: en l'absence d'informations précises sur cette variable, les données d'entrée utilisées pour les estimations de ce document ont été extrapolées à partir du produit TDI RETE-GNL T2.1.2, intitulé "Demand Mapping Report".
- Miles parcourus par an, qui est le produit de la fréquence annuelle et des milles des voyages individuels.
- Consommation de GNL exprimée en m³ (cbm): calculée comme le produit des milles nautiques parcourus dans une année et de la consommation du navire (cbm par *mille*).

3.2.8 Répartition de la demande maritime de services GNL entre les différents ports du projet SIGNAL

Après l'estimation du niveau actuel (2019) et du niveau prévu (jusqu'en 2030) des besoins maritimes en GNL carburant des différents navires utilisés sur les routes méditerranéennes, à travers l'application de la méthodologie expliquée dans les paragraphes précédents, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 56, Tableau 57 et le Tableau 58 (scénario à faible croissance, scénario de base, scénario à forte croissance), pour chacun des trois scénarios supposés, une distribution adéquate de la demande maritime de GNL a été identifiée pour les différents ports de la zone cible. Dans le cadre de cette répartition, d'autres ports de la zone ont également été pris en compte, même s'ils ne sont pas des ports cibles, en raison du fait que ces ports sont des concurrents potentiels des ports cibles en ce qui concerne la fourniture de services de soutage de GNL.

- Mer Ligure occidentale (Gênes, Savone - Vado)

- Mer Ligurienne orientale (La Spezia)
- Mer Tyrrhénienne Nord (Livourne, Piombino, Portoferraio-Rio Marina-Cavo)
- Mer de Sardaigne (Cagliari-Sarroch, Olbia, Porto Torres, Golfo Aranci, Oristano)
- France/Corse (Marseille, Nice, Ajaccio, Bastia, Toulon, Bonifacio)

Scénario de faible croissance								
	Autre pétrolier	Sec	Remorqueurs et services auxiliaires	PSV/FPSO/OFFSHORE	Navires porte-conteneurs/cargos généraux/rouliers	Croisière	Ferry	Total (cbm)
CANDIDATURE LNG 2019	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	111.962,00	258.643,81
CANDIDATURE LNG 2020	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	153.015,00	299.696,81
APPLICATION LNG 2021	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	135.816,00	206.042,00	400.976,81
APPLICATION LNG 2022	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	224.215,00	206.042,00	489.375,81
APPLICATION DU LNG 2023	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	279.609,00	206.042,00	544.769,81
APPLICATION DU LNG 2024	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	319.498,00	206.042,00	584.658,81
APPLICATION LNG 2025	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	359.386,00	206.042,00	624.546,81
APPLICATION DU GNL 2026	53.216,92	6.203,42	476,74	476,24	0,00	383.351,00	209.615,00	653.339,32
APPLICATION DU GNL 2027	54.371,00	6.280,72	486,12	489,98	0,00	407.316,00	213.188,00	682.131,82
APPLICATION DU GNL 2028	55.525,09	6.358,01	495,51	503,72	0,00	431.280,00	216.760,00	710.922,33
APPLICATION LNG 2029	56.679,17	6.435,31	504,90	517,46	0,00	455.245,00	220.333,00	739.714,83
DEMANDE DE LNG 2030	57.833,25	6.512,61	514,28	531,20	0,00	479.209,00	223.906,00	768.506,34

Tableau 56 - Demande de GNL maritime adressée aux ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de faible croissance (Source: élaborations Ns.)

Scénario de base								
	Autre pétrolier	Sec	Remorqueurs et services auxiliaires	PSV/FPSO/OFFSHORE	Navires porte-conteneurs/cargos généraux/rouliers	Croisière	Ferry	Total (cbm)
CANDIDATURE LNG 2019	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	111.962,00	258.643,81
CANDIDATURE LNG 2020	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	153.015,00	299.696,81
APPLICATION LNG 2021	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	135.816,00	206.042,00	400.976,81
APPLICATION LNG 2022	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	224.215,00	206.042,00	489.375,81
APPLICATION DU LNG 2023	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	279.609,00	206.042,00	544.769,81
APPLICATION DU LNG 2024	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	319.498,00	206.042,00	584.658,81
APPLICATION LNG 2025	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	359.386,00	206.042,00	624.546,81
APPLICATION DU GNL 2026	55.525,09	6.358,01	495,51	503,72	0,00	431.290,00	216.760,00	710.932,33
APPLICATION DU GNL 2027	58.987,33	6.589,91	523,67	544,94	0,00	503.174,00	227.478,00	797.297,84
APPLICATION DU GNL 2028	62.449,58	6.821,80	551,83	586,15	0,00	575.068,00	238.196,00	883.673,36
APPLICATION LNG 2029	65.911,83	7.053,69	579,99	627,37	0,00	646.961,00	248.914,00	970.047,88
DEMANDE DE LNG 2030	69.374,08	7.285,59	608,14	668,59	0,00	718.855,00	259.632,00	1.056.423,40

Tableau 57 - Demande de GNL maritime pour les ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de base (Source: élaborations Ns.)

Scénario de forte croissance								
	Autre pétrolier	Sec	Remorqueurs et services auxiliaires	PSV/FPSO/OFFSHORE	Navires porte-conteneurs/cargos généraux/rouliers	Croisière	Ferry	Total (cbm)
CANDIDATURE LNG 2019	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	111.962,00	258.643,81
CANDIDATURE LNG 2020	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	87.563,00	153.015,00	299.696,81
APPLICATION LNG 2021	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	135.816,00	206.042,00	400.976,81
APPLICATION LNG 2022	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	224.215,00	206.042,00	489.375,81
APPLICATION DU LNG 2023	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	279.609,00	206.042,00	544.769,81
APPLICATION DU LNG 2024	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	319.498,00	206.042,00	584.658,81
APPLICATION LNG 2025	52.062,84	6.126,12	467,35	462,50	0,00	359.386,00	206.042,00	624.546,81
APPLICATION DU GNL 2026	56.679,17	6.435,31	504,90	517,46	0,00	455.245,00	220.333,00	739.714,83
APPLICATION DU GNL 2027	61.295,50	6.744,50	542,44	572,41	0,00	551.103,00	234.624,00	854.881,86
APPLICATION DU GNL 2028	65.911,83	7.053,69	579,99	627,37	0,00	646.961,00	248.914,00	970.047,88
APPLICATION LNG 2029	70.528,16	7.362,88	617,53	682,33	0,00	742.820,00	263.205,00	1.085.215,90
DEMANDE DE LNG 2030	75.144,49	7.672,08	655,08	737,28	0,00	836.678,00	277.496,00	1.198.382,93

Tableau 58 - Demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible de 2019 à 2030, scénario de croissance élevée (Source: Élaboration Ns.)

Afin de répartir la demande maritime de GNL entre les ports de la zone cible, il a été décidé de considérer comme une approximation le poids de chaque port par rapport aux différents types de trafic traités. En particulier, la consommation de GNL relative aux navires de charge a été répartie en fonction du poids du trafic en question dans chaque port examiné par rapport au trafic maritime total, pour chaque type de marchandises, traité dans tous les ports de la zone cible incluse dans l'analyse. En particulier, pour les marchandises en vrac et en rupture de charge, les volumes ont été calculés en termes de tonnes, les marchandises conteneurisées en EVP, et les marchandises Ro-Ro en matériel roulant, en utilisant les données officielles de l'AdSP et de l'AP à partir de 2018. De même, la ventilation des avitaillements en GNL attribuables aux navires à passagers a été effectuée, en utilisant plutôt dans ce cas les valeurs relatives au trafic de passagers.

L'utilisation de cette variable proxy pour identifier l'absorption de la demande de GNL de chaque port suppose que, dans les ports où les mouvements de marchandises (en termes de tonnes) ou de passagers (en termes de nombre) sont plus importants, il y a plus de navires et/ou des navires de plus grande taille, ayant un besoin énergétique en GNL plus important que ceux de plus petite taille. Étant donné l'impossibilité de connaître les choix de soutage des armateurs individuels, même aujourd'hui, cette solution représente la seule option viable pour répartir la demande maritime de GNL dans la zone d'étude entre les différents ports analysés.

Les seuls types de navires pour lesquels ce raisonnement n'était pas d'application possible sont ceux des segments d'activité "PSV/FPSO/offshore" et "Remorqueur et services auxiliaires" car, le rapport annuel de trafic des autorités portuaires des ports de la zone cible pour 2018 ne présente pas le trafic de ces segments d'activité. Par conséquent, pour surmonter ce problème, il a été décidé d'imputer la demande maritime de GNL des unités navales dans les segments "remorqueurs et services auxiliaires" et "PSV/FPSO/OFFSHORE" au port où la dernière observation des unités navales en question a été enregistrée. En particulier, les deux unités navales de la catégorie "Remorqueurs et services auxiliaires", le Viking Queen et le Minerva, actuellement en opération en mer Baltique, ont opéré fin 2018-début 2019, le long des côtes françaises et notamment dans le port de Marseille ainsi que l'unité navale offshore Viking Queen qui a été signalée au large des côtes françaises. Ainsi, par cette simplification, la demande de GNL de ces unités navales, représentant 0,36% de la demande totale de GNL maritime pour l'année 2019, a été imputée en interne au port de Marseille.

Les marchandises traitées au sein des ports de la zone cible au cours de l'année 2018, dont les valeurs sont indiquées dans le Tableau 59, sont:

- Vrac **sec**: marchandises solides en vrac telles que les céréales, le métal, le charbon, l'acier.

Ce type de marchandise a été utilisé pour répartir la demande maritime actuelle et future de GNL du type "vrac sec" entre les différents ports de la zone cible;

- Vrac **liquide**: marchandises liquides en vrac telles que le pétrole et ses dérivés. Cette typologie de marchandises a été utilisée pour répartir la demande maritime actuelle et future de GNL de type "Tanker" entre les différents ports de la zone cible;
- **Ro-Ro, Container et General Cargo**: marchandises conditionnées dans divers emballages ou conteneurs, ainsi que le matériel roulant. Ce type de marchandises est transporté par des navires de marchandises diverses, des porte-conteneurs et des transporteurs de véhicules qui, comme on l'a souligné plus haut, n'ont pas besoin de se ravitailler en GNL dans la zone Med, optant pour ces types de navires pour les installations de ravitaillement du Nord, mieux équipées et connectées aux routes de l'Atlantique, où ils sont principalement employés.

Les mouvements de passagers dans les ports de la zone cible ont en effet été divisés entre passagers de croisière et passagers de ferry (y compris le trafic local de ferry), ce qui permet de répartir sur les ports de la zone cible la demande maritime actuelle et future de GNL par rapport à la typologie des navires de croisière et de ferry.

Autorità di Sistema Portuale	A		B				C			A+B+C	TEU			Unità Ro-Ro	Passaggi			
	Rinfuse Liquide	Rinfuse Solide	In container	Merci Ro-Ro	Autre merci	vari Totale	Totale	Interland	Trasbord	Totale	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero
	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	numero	numero	numero	tonn.	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero	Numero
Mar Ligure Occidentale	22.783.666	6.929.846	26.728.682	19.816.906	1.488.689	41.032.268	89.166.468	2.339.860	334.664	2.874.404	808.469			2.432.888	1.859.886			4.282.661
Genova	6.782.096	3.032.022	35.376.643	9.609.692	493.922	36.499.047	64.294.064	2.274.694	334.664	2.809.358	37.056			2.000.447	101.390			3.001.846
Savona - Iso	6.430.670	2.897.823	36.109	4.206.323	1.006.667	6.663.009	14.591.402	65.095		65.095	236.693			362.219	645.457			1.000.708
Mar Ligure Orientale	1.388.669	907.697	19.417.830		87.463	19.604.488	16.780.648	1.283.398	292.226	1.486.828								471.862
La Spezia	1.388.669	907.697	19.417.830		87.463	19.604.488	16.780.648	1.283.398	292.226	1.486.828								471.862
Mar Tirreno Settentrionale	9.682.276	2.948.291	8.638.918	22.171.749	1.768.830	32.470.487	44.081.068	693.721	164.303	748.024	728.866		6.074.279	2.874.844	826.310			8.774.633
Livorno	9.627.420	79.092	8.638.918	16.663.071	1.768.796	28.248.064	38.666.306	693.721	164.303	748.024	607.406			2.662.039	796.556			3.438.965
Piombino	34.340	1.296.299		3.466.732	3.036	3.469.768	4.789.916				62.993		3.033.910	2.831	2.769			3.264.408
Portofino-Rio Marina-Cavo				2.762.946		2.762.946	2.762.946				96.266		3.041.003	3.694	26.416			3.071.002
Mare di Sardegna	28.461.288	4.389.823	3.204.918	10.801.897	83.673	19.890.388	49.702.287	127.291	161.683	288.784	631.377			4.784.734	619.862			6.288.898
Cagliari-Carsoch	27.668.207	502.414	3.204.918	4.007.400	79.461	7.301.547	36.922.460	127.291	161.683	288.784	210.749			3.150.916	394.697			706.716
Olbia		846.609		4.912.787		4.912.787	6.666.366				266.694			2.771.911	161.601			2.933.512
Porto Torres	481076	1677.399		1468.212		1468.212	3.624.769				66.404			1023.080	6.497			1029.577
Golfo Aranci		66.330		66.330		66.330	66.330				9.640			679.606	209			679.714
Ortisto	312.091	1366.242				4.112	1671.366											88
Francia/Corseica	46.288.844	14.986.838	19.280.182	4.478.344	2.427.197	26.186.878	82.282.678			1.497.387	887.282			7.983.898	1.856.268			8.840.166
Merignia	46.288.844	14.986.838	19.280.182	4.478.344	2.427.197	26.186.878	82.282.678			1.497.387	204.870			1.272.716	178.262			2.965.668
Nizza							9.406							394.406				394.406
AJACCIO														966.662				966.662
BASTIA														2.602.287	34.063			2.636.350
TOLONE														163.199	167.943			163.992
BONIFRIGIO														274.977				274.977
TOTALE	198.844.319	28.232.196	84.177.680	61.987.896	6.847.842	121.083.997	268.091.892	4.344.179	852.676	6.804.232	3.886.773			8.074.279	17.368.238			6.628.087

Tableau 59 - Mouvements de fret et de passagers dans les ports de la zone cible, année 2018 (Source: élaborations Ns.)

Une fois connue la valeur du trafic de marchandises et de passagers entre les différents ports de la zone cible, les incidences en pourcentage de ceux-ci sur le trafic total de tous les ports de la zone cible ont été calculées pour chaque type différent de marchandises et de passagers (croisiéristes et ferries), obtenant ainsi les poids nécessaires pour la

distribution de la demande maritime actuelle et future de GNL dirigée vers les ports de la zone cible.

En ce qui concerne les différents trafics de marchandises/passagers traités dans les ports de la zone cible, le Tableau 60 les incidences en pourcentage sur le trafic total, qui ont ensuite été utilisées pour distribuer la demande maritime de GNL dans la zone cible.

Autorità di Sistema Portuale	A		B		C		TEU		Unità Ro-Ro		Totale	Passengeri	
	Rinfuse Liquide tonn.	Rinfuse Solide tonn.	In contenitore tonn.	MerciRo-Ro tonn.	Varie tonn.	Hinterland numero	Trasbordi numero	tonn.	tonn.	Totale Ro-Pax Numero		Crociere Numero	
Mar Ligure Occidentale	20,77%	21,00%	40,09%	27,05%		25,47%	53,86%	39,24%	21,23%	34,31%	14,18%	33,66%	
Genova	14,75%	10,74%	39,54%	18,82%		8,28%	52,36%	39,24%	12,98%	29,77%	12,13%	18,30%	
Savona - Vado	6,02%	10,26%	0,55%	8,24%		17,20%	1,50%	0,00%	8,26%	4,54%	2,05%	15,35%	
Mar Ligure Orientale	1,28%	3,21%	20,91%			1,50%	29,54%	23,72%		11,61%		8,54%	
La Spezia	1,28%	3,21%	20,91%			1,50%	29,54%	23,72%		11,61%		8,54%	
Mar Tirreno Settentrionale	8,95%	7,26%	13,31%	43,42%		30,09%	13,67%	18,10%	25,43%	26,28%	16,76%	14,93%	
Livorno	8,92%	2,77%	13,31%	31,24%		30,04%	13,67%	18,10%	17,71%	21,30%	15,46%	14,23%	
Piombino	0,03%	4,49%		6,77%		0,05%		4,40%		2,78%	1,27%	0,23%	
Portoferraio-Rio Marina-Cavo				5,41%					3,32%	2,21%	0,02%	0,48%	
Mare di Sardegna	26,63%	15,45%	4,99%	20,76%		1,43%	2,93%	18,95%	18,54%	11,39%	27,89%	9,30%	
Cagliari-Sarroch	25,89%	3,13%	4,99%	8,02%		1,36%	2,93%	18,95%	7,35%	6,10%	1,81%	7,14%	
Olbia		2,29%		9,62%					8,92%	4,00%	16,15%	2,00%	
Porto Torres	0,45%	5,59%		2,87%					1,93%	1,18%	5,96%	0,15%	
Golfo Aranci				0,25%					0,33%	0,10%	3,96%	0,0038%	
Oristano	0,29%	4,45%						0,07%		0,003%		0,0016%	
Francia/Corsica	42,37%	53,08%	20,71%	8,77%		41,51%			34,80%	16,41%	41,17%	33,57%	
Marsiglia	42,37%	53,08%	20,71%	8,77%		41,51%			7,15%	15,80%	7,42%	31,00%	
Nizza											2,30%	0,00%	
AJACCIO											5,76%	0,00%	
BASTIA											15,17%	0,62%	
TOLONE											8,93%	1,95%	
BONIFACIO											1,60%	0,00%	
TOTALE	100,00%	100,00%								100,00%	100,00%	100,00%	

Tableau 60 - Pourcentage d'incidence des différents ports de la zone cible sur le trafic total (2018) (Source: *Élaboration Ns.*)

Comme on peut le constater, le port de Marseille (53,08%), le port de Gênes (10,74%) et le port de Savone-Vado (10,26%) absorbent près de 75% de la demande maritime de GNL qui pourrait provenir pour les ports de la zone cible du segment maritime "Vrac sec".

Le port de Marseille (42,37%), le port de Cagliari-Sarroch (25,89%) et le port de Gênes (14,75%) absorbent près de 83% de la demande maritime de GNL qui pourrait provenir pour les ports de la zone cible du segment maritime "Tanker".

Le port de Marseille (31,89%), le port de Gênes (21,03%) et le port de Livourne (14,17%) absorbent près de 70% de la demande maritime de GNL qui pourrait provenir pour les ports de la zone cible du segment maritime "Container/General Cargo/Ro-Ro" mais, comme déjà indiqué, les navires de ces catégories de navires optent, à ce jour, pour les ports du nord de l'Europe plutôt que pour les ports méditerranéens.

En ce qui concerne la demande maritime de GNL des types de navires à passagers, Croisière et Ferry:

- Le port de Livourne (15,40%), le port de Bastia (15,17%) et le port de Gênes (12,13%) absorbent près de 43% de la demande maritime de GNL qui pourrait provenir du segment maritime "Ferry" pour les ports de la zone cible;
- Le port de Marseille (31,00%), le port de Gênes (18,30%) et le port de Savone-Vado (15,35%) absorbent près de 65% de la demande maritime de GNL dirigée vers les ports de la zone ciblée par le type de navire "Croisière".

En appliquant les pourcentages de pondération du trafic des ports individuels aux niveaux de la demande actuelle et future de GNL maritime, la distribution de la demande actuelle et future de GNL a été estimée par rapport aux nœuds portuaires individuels dans la zone cible. Comme déjà indiqué dans ce chapitre, pour les projections relatives à la période 2019-2025, les données techniques et opérationnelles, telles que la capacité des réservoirs, l'itinéraire, la consommation en termes de m3 par mille et de milles par an, ont été utilisées pour estimer la demande de GNL requise par chaque navire de l'échantillon, y compris les nouvelles commandes de navires dont l'utilisation géographique est connue, tandis que, de 2025 à 2030, la méthodologie CAGR a été utilisée selon les trois différents scénarios.

Les tableaux suivants montrent, pour chaque année d'analyse, la répartition de la demande maritime de GNL par rapport à l'ensemble des ports considérés (y compris Marseille, etc.). De 2025 à 2030, la répartition de la demande de GNL pour les ports du secteur maritime est divisée en 3 scénarios: faible, base et forte croissance.

Pour l'année 2019, une demande de GNL maritime d'environ 258 464 m3 a été estimée, principalement requise par le secteur des passagers, les segments des croisières et des ferries, qui nécessitent près de 200 000 m3 de GNL carburant, ce qui correspond à 77% de la demande totale. Le port auquel est adressée la plus grande quantité de demande de GNL en 2019 s'avère être Marseille, avec 61 693 cbm, soit 21% de la demande totale de GNL maritime, suivi du port de Gênes, avec 37 941 cbm (14,7%) et du port de Livourne, avec 34 581 cbm (13,4%). D'autre part, les ports ayant la plus faible demande de GNL sont Piombino et Bonifacio, avec respectivement 1 920 et 1 789 m3 (correspondant à 0,7% chacun), Portoferraio-Rio Marina-Cavo, avec 441 m3 (0,2%) et Oristano, 426 m3 (0,16%).

Ripartizione Domanda marittima GNL al 2019									
	Rinfuse Liquide	Rinfuse Solide	General Cargo/Container/Ro-Ro	Tug and Auxiliary services	PSV/FPPO/OFFSHORE	RO-PAX	Crociere	Totale	Totale %
Mar Ligure Occidentale	10.814,42	1.286,72				15.875,64	29.470,71	57.447,50	22,21%
<i>Genova</i>	7.680,95	657,92				13.577,05	16.026,05	37.941,98	14,67%
<i>Savona - Vado</i>	3.133,47	628,80				2.298,59	13.444,66	19.505,52	7,54%
Mar Ligure Orientale	666,86	196,92				0,00	7.473,54	8.337,32	3,22%
<i>La Spezia</i>	666,86	196,92				0,00	7.473,54	8.337,32	3,22%
Mar Tirreno Settentrionale	4.659,48	444,46				18.761,96	13.077,41	36.943,31	14,28%
<i>Livorno</i>	4.642,50	169,69				17.312,43	12.456,68	34.581,29	13,37%
<i>Piombino</i>	16,98	274,78				1.426,14	202,17	1.920,07	0,74%
<i>Portoferraio-Rio Marina-Cavo</i>	0,00	0,00				23,39	418,56	441,95	0,17%
Mare di Sardegna	13.863,67	946,22				31.225,30	8.143,96	54.179,15	20,95%
<i>Cagliari-Sarroch</i>	13.477,22	191,48				2.029,71	6.254,15	21.952,56	8,49%
<i>Olbia</i>	0,00	140,08				18.084,47	1.730,94	19.975,49	7,72%
<i>Porto Torres</i>	234,42	342,28				6.676,65	134,16	7.387,51	2,86%
<i>Golfo Aranci</i>	0,00	0,00				4.434,47	3,31	4.437,78	1,72%
<i>Oristano</i>	152,03	272,38				0,00	1,39	425,80	0,16%
Francia/Corsica	22.058,40	3.251,80		467,35	462,50	46.099,10	29.397,39	101.736,54	39,33%
<i>Marsiglia</i>	22.058,40	3.251,80		467,35	462,50	8.305,78	27.147,24	61.693,06	23,85%
<i>Nizza</i>	0,00	0,00				2.573,90	0,00	2.573,90	1,00%
<i>Ajaccio</i>	0,00	0,00				6.451,97	0,00	6.451,97	2,49%
<i>Bastia</i>	0,00	0,00				16.982,59	539,74	17.522,34	6,77%
<i>Tolone</i>	0,00	0,00				9.995,58	1.710,41	11.705,99	4,53%
<i>Bonifacio</i>	0,00	0,00				1.789,29	0,00	1.789,29	0,69%
TOTALE	52.062,84	6.126,12	0,00	467,35	462,50	111.962,00	87.563,00	258.643,81	100,00%

Tableau 61 - Distribution de la demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible, année 2019 (Source. Élaboration Ns.)

La même répartition est présentée ci-dessous (Figure 42) par ordre décroissant, tant en pourcentage qu'en valeur absolue.

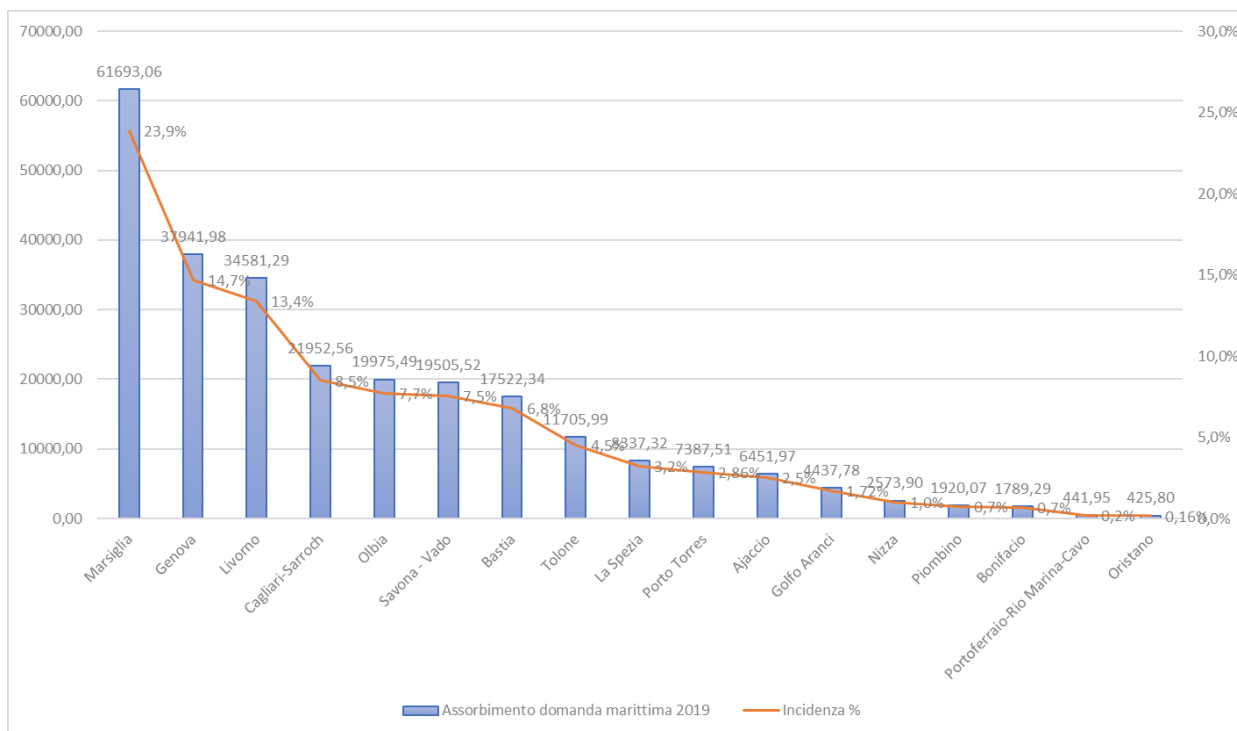


Figure 42 - Distribution de la demande maritime adressée aux ports uniques de la zone cible, année 2019, en valeurs absolues et en pourcentage (Source. Ns. élaborations)

Comme pour l'année 2019, la répartition de la demande de GNL adressée aux ports de la zone cible est présentée ci-dessous pour 2020 (Tableau 62).

La demande de GNL maritime pour 2020 est estimée à près de 300 000 m³.

(+13% par rapport à l'année précédente): dans ce cas également, les besoins en GNL des navires à passagers sont prédominants, près de 240 600 m³, correspondant à 80% de la demande totale estimée. En fait, cette croissance de la demande de GNL maritime est presque entièrement due à la commande d'un navire de type ferry (code OMI 9863637), qui sera livré en 2020 et dont les besoins annuels en GNL sont estimés à 41 053 m³.

Ripartizione Domanda marittima GNL al 2020									
	Rinfuse Liquide	Rinfuse Solide	General Cargo/Container/Ro-Ro	Tug and Auxiliary services	PSV/FPSO/OFFSHORE	RO-PAX	Crociere	Totale	Totale %
Mar Ligure Occidentale	10.814,42	1.286,72				21.696,75	29.470,71	63.268,60	21,11%
<i>Genova</i>	7.680,95	637,92				18.555,34	16.026,05	42.920,26	14,32%
<i>Savona - Vado</i>	3.133,47	628,80				3.141,41	13.444,66	20.348,34	6,79%
Mar Ligure Orientale	666,86	196,92				0,00	7.473,54	8.337,32	2,78%
<i>La Spezia</i>	666,86	196,92				0,00	7.473,54	8.337,32	2,78%
Mar Tirreno Settentrionale	4.659,48	444,46				25.641,39	13.077,41	43.822,74	14,62%
<i>Livorno</i>	4.642,50	169,69				23.660,36	12.456,68	40.929,23	13,66%
<i>Piombino</i>	16,98	274,78				1.949,06	202,17	2.442,99	0,82%
<i>Portoferraio-Rio Marina-Cavo</i>	0,00	0,00				31,97	418,56	450,52	0,15%
Mare di Sardegna	13.863,67	946,22				42.674,65	8.143,96	65.628,50	21,90%
<i>Cagliari-Sarroch</i>	13.477,22	191,48				2.773,94	6.254,15	22.696,80	7,57%
<i>Olbia</i>	0,00	140,08				24.715,49	1.750,94	26.606,51	8,88%
<i>Porto Torres</i>	234,42	342,28				9.124,77	134,16	9.835,63	3,28%
<i>Golfo Aranci</i>	0,00	0,00				6.060,45	3,31	6.063,76	2,02%
<i>Oristano</i>	152,03	272,38				0,00	1,39	425,80	0,14%
Francia/Corsica	22.058,40	3.251,80		467,35	462,50	63.002,22	29.397,39	118.639,65	39,59%
<i>Marsiglia</i>	22.058,40	3.251,80		467,35	462,50	11.351,25	27.147,24	64.738,53	21,60%
<i>Nizza</i>	0,00	0,00				3.517,67	0,00	3.517,67	1,17%
<i>Ajaccio</i>	0,00	0,00				8.817,71	0,00	8.817,71	2,94%
<i>Bastia</i>	0,00	0,00				23.209,58	539,74	23.749,33	7,92%
<i>Tolone</i>	0,00	0,00				13.660,65	1.710,41	15.371,06	5,13%
<i>Bonifacio</i>	0,00	0,00				2.445,36	0,00	2.445,36	0,82%
TOTALE	52.062,84	6.126,12	0,00	467,35	462,50	153.015,00	87.563,00	299.696,81	100,00%

Tableau 62 - Distribution de la demande maritime de GNL adressée aux ports de la zone cible, année 2020 (Source. Ns. élaborations)

La Figure 43 ci-dessous montre les valeurs en termes absolus et en pourcentage se rapportant à l'absorption de la demande maritime de GNL par chaque port de la zone cible.

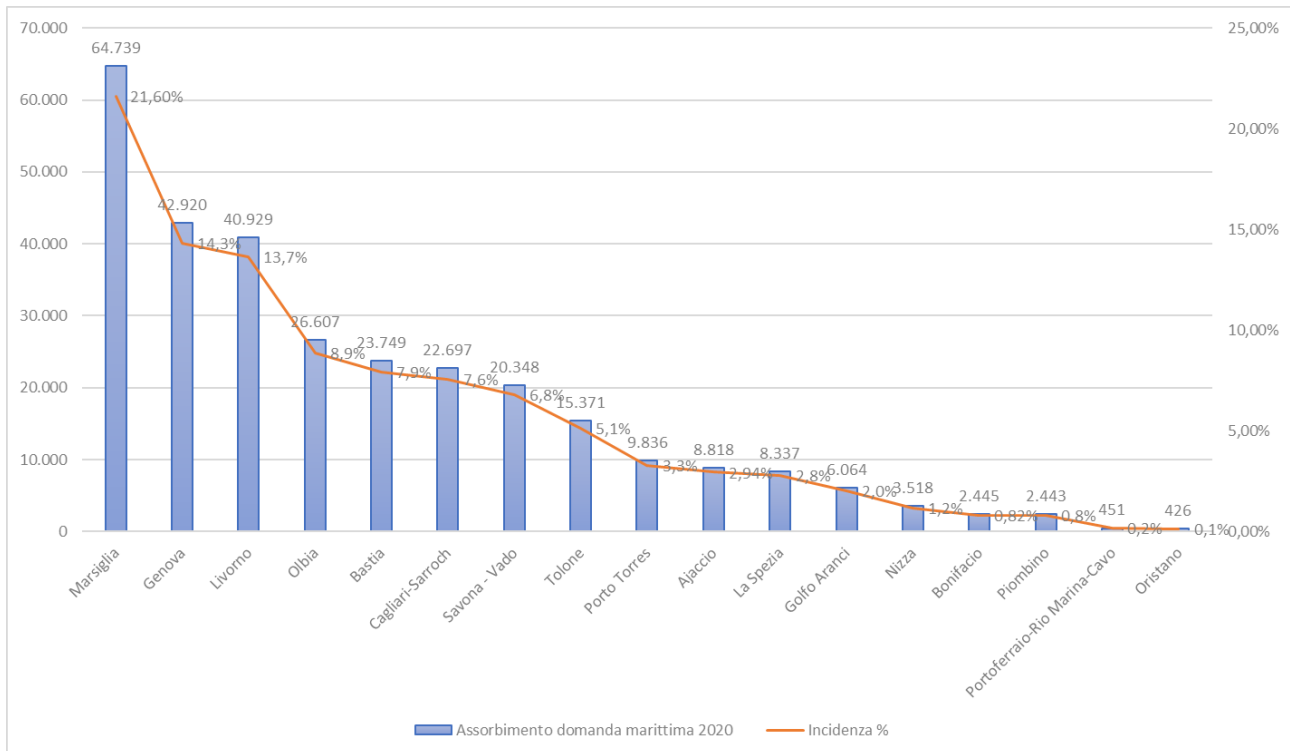


Figure 43 - Demande maritime totale adressée aux différents ports de la zone cible, année 2020, en termes de valeur absolue et de pourcentage (Source. Élaborations Ns.)

De même, la demande de GNL maritime pour tous les ports examinés a été estimée pour l'ensemble de la période 2019-2030 et selon les trois différents scénarios.

Le Tableau 63 résume les données estimées sur la demande de GNL maritime pour la période considérée (2019-2030) et pour chaque port analysé et dans chaque scénario envisagé.

	Marsiglia	Tolone	Genova	Livorno	Savona - Vado	Cagliari-Saracch	Olbia	Piombino	Portoferraio-Rio Marina-Cavo	La Spezia	Bastia	Porto Torres	Ajaccio	Golfo Aranci	Nizza	Bonifacio	Oristano	Totale anno
2019	61.693,06	11.705,99	37.941,98	34.581,29	19.505,52	21.952,56	19.975,49	1.920,07	441,95	8.337,32	17.522,34	7.387,51	6.451,97	4.437,78	2.573,90	1.789,29	425,80	258.643,81
2020	64.738,53	15.371,06	42.920,26	40.929,23	20.348,34	22.696,80	26.606,51	2.442,99	450,52	8.337,32	23.749,33	9.835,63	8.817,71	6.063,76	3.517,67	2.445,36	425,80	299.696,81
2021	83.632,21	21.047,67	58.181,98	55.993,12	28.845,89	27.104,55	36.136,49	3.229,84	692,25	12.455,73	32.089,99	13.071,73	11.873,46	8.165,82	4.736,70	3.292,80	426,57	400.976,81
2022	111.038,64	22.774,40	74.361,04	68.568,73	42.418,90	33.418,41	37.904,14	3.433,94	1.114,81	20.000,62	32.634,89	13.207,17	11.873,46	8.169,16	4.736,70	3.292,80	427,98	489.375,81
2023	128.212,50	23.856,44	84.499,43	76.449,06	50.924,24	37.374,90	39.011,82	3.561,84	1.379,59	24.728,52	32.976,34	13.292,05	11.873,46	8.171,26	4.736,70	3.292,80	428,86	544.769,81
2024	140.579,32	24.635,61	91.800,04	82.123,65	57.048,91	40.223,96	39.809,45	3.653,94	1.570,27	28.133,07	33.222,22	13.353,17	11.873,46	8.172,77	4.736,70	3.292,80	429,50	584.658,81
2025	152.945,84	25.414,76	99.100,46	87.798,10	63.173,42	43.072,94	40.607,06	3.746,04	1.760,93	31.537,52	33.468,09	13.414,28	11.873,46	8.174,28	4.736,70	3.292,80	430,13	624.546,81
2026 Low growth scenario	161.194,92	26.201,86	104.098,46	91.864,89	67.003,82	45.150,57	41.665,17	3.850,72	1.876,23	33.600,21	34.157,77	13.673,59	12.079,36	8.316,70	4.818,84	3.349,90	437,32	653.340,32
2026 Base growth scenario	177.692,79	27.776,15	114.095,97	99.999,59	74.665,97	49.306,46	43.781,39	4.060,11	2.106,88	37.726,36	35.537,03	14.192,15	12.491,10	8.601,50	4.983,10	3.464,08	451,70	710.932,33
2026 High growth scenario	185.937,77	28.563,06	119.092,13	104.064,95	78.494,83	51.383,37	44.839,29	4.164,77	2.222,13	39.788,19	36.226,65	14.451,43	12.697,00	8.743,92	5.065,24	3.521,18	458,88	739.714,84
2027 Low growth scenario	169.441,99	26.988,96	109.096,45	95.931,68	70.834,21	47.228,20	42.723,27	3.955,41	1.991,54	35.662,90	34.847,45	13.932,89	12.285,26	8.459,12	4.900,98	3.407,00	444,51	682.131,82
2027 Base growth scenario	202.433,55	30.137,16	129.087,82	112.198,23	86.155,46	55.538,55	46.955,31	4.374,13	2.452,73	43.913,49	37.605,86	14.969,98	13.108,74	9.028,73	5.229,50	3.635,37	473,26	797.297,85
2027 High growth scenario	218.929,38	31.711,35	139.083,62	120.331,67	93.816,10	59.693,74	49.071,50	4.583,50	2.683,33	48.038,78	38.985,21	15.488,59	13.520,54	9.313,57	5.393,78	3.749,57	487,64	854.881,85
2028 Low growth scenario	177.689,69	27.775,96	114.094,14	99.998,17	74.664,44	49.305,74	43.781,19	4.060,08	2.106,83	37.725,50	35.536,97	14.192,13	12.491,10	8.601,50	4.983,10	3.464,08	451,70	710.922,33
2028 Base growth scenario	227.177,39	32.498,36	144.081,50	124.398,30	97.646,48	61.771,35	50.129,44	4.688,18	2.798,63	50.101,47	39.674,74	15.747,83	13.726,38	9.455,95	5.475,89	3.806,66	494,83	883.673,36
2028 High growth scenario	251.920,93	34.859,55	159.074,99	136.598,22	109.137,34	68.004,08	53.303,54	5.002,22	3.144,52	56.289,37	41.743,62	16.525,68	14.344,02	9.883,18	5.722,29	3.977,94	516,39	970.047,88
2029 Low growth scenario	185.937,77	28.563,06	119.092,13	104.064,95	78.494,83	51.383,37	44.839,29	4.164,77	2.222,13	39.788,19	36.226,65	14.451,43	12.697,00	8.743,92	5.065,24	3.521,18	458,88	739.714,84
2029 Base growth scenario	251.592,69	34.859,55	159.008,58	136.581,09	109.073,87	67.984,75	53.289,40	4.974,49	3.144,52	56.269,49	41.743,62	16.491,13	14.344,02	9.883,18	5.722,29	3.977,94	488,90	969.429,50
2029 High growth scenario	284.912,86	38.007,85	179.066,66	152.865,08	124.458,76	76.314,51	57.535,77	5.420,96	3.605,72	64.540,04	44.502,18	17.562,83	15.167,56	10.452,83	6.050,83	4.206,33	545,15	1.085.215,90
2030 Low growth scenario	194.185,54	29.350,15	124.089,94	108.131,60	82.325,08	53.460,93	45.897,37	4.269,46	2.337,43	41.850,80	36.916,33	14.710,74	12.902,90	8.886,35	5.147,38	3.578,28	466,07	768.506,34
2030 Base growth scenario	276.664,78	37.220,75	174.068,67	148.798,29	120.628,36	74.236,88	56.477,67	5.316,27	3.490,42	62.477,35	43.812,50	17.303,53	14.961,66	10.310,40	5.968,69	4.149,23	537,96	1.056.423,39
2030 High growth scenario	317.284,42	41.117,07	198.692,10	168.847,27	139.472,94	84.482,02	61.727,99	5.835,07	4.057,35	72.619,93	47.248,41	18.596,92	15.991,10	11.022,40	6.379,36	4.434,72	573,87	1.198.382,93

Tableau 63 - Répartition de la demande maritime dans les différents ports examinés Source. *Ns. élaborations*

3.2.9 Analyse des avantages environnementaux dans la zone cible: résultats de l'étude

Afin d'estimer empiriquement les avantages environnementaux globaux dans la zone cible, résultant du passage de l'utilisation de combustibles et de carburants traditionnels à l'utilisation du GNL comme méthode de propulsion des navires, la méthodologie "Peers HFO" 1 basée sur la consommation en kilomètres, comme décrit ci-dessus, a été utilisée. En revanche, en ce qui concerne le type d'émissions considérées, sur la base de ce qui est décrit dans la partie méthodologique de ce document, et de manière cohérente avec son objectif, le groupe de travail a considéré les émissions suivantes:

Oxydes de soufre (SOx)

Oxydes d'azote (NOx)

Dioxyde de carbone (CO₂)

Pour chacune des émissions susmentionnées, toutes les données et informations nécessaires à l'estimation des avantages environnementaux ont été recueillies. Pour ce faire, il a fallu tenir compte des caractéristiques techniques spécifiques des moteurs utilisés tant par la flotte GNL que par la flotte HFO de référence. Pour ce faire, nous avons procédé à la fois par contact direct avec le principal fabricant des moteurs marins utilisés par les deux flottes, à savoir Wartsila (recherche sur le terrain), et par examen des fiches techniques des différents moteurs produits par d'autres entreprises disponibles en ligne (recherche documentaire). En particulier, en ce qui concerne la flotte de GNL examinée analytiquement (25 navires), 20 navires GNL sont équipés de moteurs Wartsila, 4 de moteurs MaK et 1 de moteurs A.B.C. Des considérations similaires s'appliquent à la flotte de pairs HFO. Un contact direct avec Wartsila a donc permis d'obtenir les facteurs d'émission spécifiques des moteurs en question; lorsque le facteur d'émission spécifique n'était pas disponible pour chaque moteur (classe, puissance, etc.), les calculs ont été effectués en utilisant les valeurs du moteur présentant les caractéristiques techniques les plus similaires en termes de puissance.

En outre, étant donné que l'entreprise a fourni des données ponctuelles concernant les émissions d'oxydes d'azote (NOx) et de dioxyde de carbone (CO₂) uniquement, pour ces deux catégories d'émissions, le calcul des quantités d'émissions produites a été effectué en utilisant les kilowatts annuels de consommation (transformés ensuite en tonnes annuelles d'émissions).

En revanche, en ce qui concerne les émissions d'oxydes de soufre (SOx), étant donné qu'il n'a pas été possible d'obtenir les facteurs d'émission spécifiques associés à chaque type de moteur GNL ou HFO, les quantités d'émissions relatives caractérisant les flottes GNL et HFO ont été estimées en utilisant les valeurs d'émission exprimées en kg par tonne de carburant telles que fournies par BIMCO Shipping KPI, qui utilise le facteur de teneur en soufre comme paramètre.

Les principaux résultats relatifs aux émissions de la flotte GNL et de la flotte HFO sont présentés ci-dessous, en considérant séparément les différentes catégories de segments de flotte (croisières, navires rouliers à passagers, autres pétroliers, vrac sec, remorqueurs et services auxiliaires, offshore). Enfin, nous indiquons, pour chaque type d'émission, les avantages environnementaux nets pour chaque année considérée (2020-2035).

Étant donné que les facteurs d'émission des moteurs individuels constituent des informations commerciales sensibles, ils ne sont pas mentionnés dans le rapport mais sont disponibles pour l'AG sur demande.

Pour chaque moteur individuel, les facteurs d'émission du "moteur 0" ont été utilisés, c'est-à-dire le moteur utilisé pour les différents essais avec les mêmes composants. Il convient également de noter que les valeurs de référence utilisées aux fins du présent rapport sont représentées par les facteurs d'émission qui caractérisent le cas d'utilisation du moteur à "75% de charge". En fait, les moteurs sont calibrés pour maximiser et optimiser leurs performances à 75-85% de la charge (entendue comme le pourcentage de la puissance utilisée). Les 15% restants sont définis comme une **marge maritime** et tiennent compte d'éventuelles conditions météorologiques et maritimes défavorables.

Les tableaux suivants montrent les émissions totales de la flotte GNL et de la flotte HFO pour les années 2020-2035, en indiquant également pour chaque année (et pour chaque type de navire) les bénéfices environnementaux annuels, en considérant les émissions de SO_x, NO_x et CO₂ respectivement.

Pour les projections relatives à la consommation de GNL jusqu'en 2035, compte tenu également de la modification de l'environnement concurrentiel résultant de la poursuite de la pandémie sanitaire mondiale qui a eu un impact considérable sur la dynamique et les tendances de croissance de nombreux marchés de transport maritime, il a été décidé de faire les estimations relatives aux émissions en utilisant le scénario de croissance "faible" tel qu'estimé dans le produit T.1.3.2 de SIGNAL.

En particulier, le passage au GNL dans la zone cible détermine pour 2020 une réduction des émissions de SO_x d'environ 7 732 tonnes, qui augmentent sensiblement chaque année en raison de l'effet de l'augmentation de la flotte de GNL dans les différents secteurs jusqu'à atteindre en 2035 une réduction des émissions de SO_x d'environ 192 463 avec un bénéfice cumulé sur la période de 852 834 tonnes d'émissions de SO_x en moins.

En outre, le passage à ce nouveau mode de propulsion des navires entraîne une réduction des émissions de NO_x d'environ 8 122 tonnes en 2020, pour atteindre 201 424 tonnes d'économies d'émissions de NO_x en 2035; cela correspond à un avantage environnemental cumulé sur la période 2020-2035 de 892 369 tonnes de NO_x.

Enfin, en ce qui concerne les émissions de CO₂, l'introduction et la diffusion du GNL comme mode de propulsion marine dans la zone cible entraîne une réduction des émissions égale à 115 328 tonnes pour 2020. Cette valeur augmente chaque année jusqu'à atteindre une valeur de 2 801 232 tonnes en 2035 avec un bénéfice cumulé en termes de réduction des émissions de CO₂ sur la période 2020-2035 égal à 12 341 373 tonnes.

Les sections suivantes du document examinent en détail la contribution de chacun des principaux segments de marché en termes de bénéfices environnementaux résultant de l'introduction du GNL.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
LNG emission																
Cruise	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Other Tanker	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dry bulk	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tug and auxiliary services	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Offshore	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTALE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
HFO emission																
Cruise	2.408,23	3.735,32	6.211,15	7.754,50	8.865,85	9.977,21	13.299,62	17.728,39	23.631,95	31.501,38	41.991,34	55.974,46	74.613,96	99.460,41	132.580,72	176.730,10
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	3.434,64	4.568,52	4.568,52	4.568,52	4.568,52	4.568,52	4.965,98	5.398,02	5.867,65	6.378,14	6.933,04	7.536,21	8.191,86	8.904,55	9.679,25	10.521,34
Other Tanker	1.660,47	1.660,47	1.660,47	1.660,47	1.660,47	1.660,47	1.844,78	2.049,56	2.277,06	2.529,81	2.810,62	3.122,60	3.469,21	3.854,29	4.282,11	4.757,43
Dry bulk	204,20	204,20	204,20	204,20	204,20	204,20	217,07	230,74	245,28	260,73	277,16	294,62	313,18	332,91	353,89	376,18
Tug and auxiliary services	13,66	13,66	13,66	13,66	13,66	13,66	15,02	16,52	18,18	19,99	21,99	24,19	26,61	29,27	32,20	35,42
Offshore	10,51	10,51	10,51	10,51	10,51	10,51	12,08	13,88	15,95	18,32	21,05	24,19	27,79	31,93	36,69	42,16
TOTALE	7.731,72	10.192,68	12.668,52	14.211,87	15.323,22	16.434,57	20.354,56	25.437,12	32.056,06	40.708,38	52.055,20	66.976,27	86.642,61	112.613,37	146.964,86	192.462,63
Saving % emission																
Cruise	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Other Tanker	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Dry bulk	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tug and auxiliary services	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Offshore	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
TOTALE	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 64 - Réduction des émissions de SOx dans la zone cible: bénéfices environnementaux cumulés estimés (tonnes 2020) (Source: notre élaboration)

NB: Pour le calcul des émissions de SOx, un facteur d'émission pour les navires HFO de 70 kg/tonne a été utilisé sur la base du BIMBO en supposant l'utilisation de HFO avec une teneur en soufre de 3,5%.

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
LNG emission																
Cruise	1.002	1.554	2.566	3.200	3.656	4.113	5.482	7.308	9.741	12.985	17.309	23.073	30.756	40.998	54.651	72.850
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	1.465	1.986	1.986	1.986	1.986	1.986	2.159	2.347	2.551	2.773	3.014	3.277	3.562	3.872	4.208	4.575
Other Tanker	523	523	523	523	523	523	581	646	717	797	885	984	1.093	1.214	1.349	1.499
Dry bulk	24	24	24	24	24	24	25	27	29	31	32	35	37	39	41	44
Tug and auxiliary services	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
Offshore	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7
TOTALE	3.017,53	4.091,28	5.102,89	5.736,80	6.193,27	6.649,75	8.252,11	10.332,16	13.043,79	16.591,69	21.248,13	27.375,50	35.456,24	46.132,71	60.260,45	78.979,03
HFO emission																
Cruise	3.513	5.450	9.062	11.313	12.935	14.556	19.403	25.865	34.478	45.959	61.263	81.663	108.857	145.107	193.427	257.839
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	5.011	6.665	6.665	6.665	6.665	6.665	7.245	7.875	8.561	9.305	10.115	10.995	11.951	12.991	14.121	15.350
Other Tanker	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.299	2.554	2.838	3.153	3.503	3.891	4.323	4.803	5.336	5.929	6.587
Dry bulk	283	283	283	283	283	283	301	319	340	361	384	408	434	461	490	521
Tug and auxiliary services	19	19	19	19	19	19	21	23	25	28	30	33	37	41	45	49
Offshore	15	15	15	15	15	15	17	19	22	25	29	33	38	44	51	58
TOTALE	11.139,61	14.730,01	18.342,11	20.593,76	22.215,16	23.836,56	29.540,69	36.939,35	46.577,71	59.180,67	75.712,55	97.456,59	126.121,00	163.980,16	214.062,99	280.403,87
Saving emission																
Cruise	2.511	3.895	6.496	8.114	9.279	10.443	13.921	18.557	24.736	32.974	43.954	58.590	78.101	104.108	138.777	184.989
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	3.546	4.679	4.679	4.679	4.679	4.679	5.086	5.528	6.009	6.532	7.100	7.718	8.390	9.120	9.913	10.775
Other Tanker	1.776	1.776	1.776	1.776	1.776	1.776	1.973	2.192	2.435	2.706	3.006	3.340	3.710	4.122	4.580	5.088
Dry bulk	259	259	259	259	259	259	275	292	311	330	351	373	397	422	449	477
Tug and auxiliary services	17	17	17	17	17	17	19	21	23	25	28	30	33	37	40	44
Offshore	13	13	13	13	13	13	15	17	19	22	26	29	34	39	44	51
TOTALE	8.122,08	10.638,73	13.239,22	14.856,96	16.021,89	17.186,82	21.288,58	26.607,19	33.533,92	42.588,98	54.464,42	70.081,09	90.664,76	117.847,45	153.802,55	201.424,84
Saving % emission																
Cruise	71%	71%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	71%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Other Tanker	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	77%
Dry bulk	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%	92%
Tug and auxiliary services	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Offshore	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%
TOTALE	73%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%

Tableau 65 - Réduction des émissions de NOx dans la zone cible: estimation des avantages environnementaux cumulés (2020-2035) par type de navire (émissions exprimées en tonnes). (Source: s. élaboration)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
LNG emission																
Cruise	209.856	325.500	537.359	670.118	765.717	861.316	1.148.134	1.530.463	2.040.107	2.719.463	3.625.045	4.832.184	6.441.302	8.596.255	11.445.478	15.256.822
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	314.070	422.579	422.579	422.579	422.579	422.579	459.344	499.306	542.746	589.965	641.292	697.084	757.731	823.653	895.311	973.203
Other Tanker	120.742	120.742	120.742	120.742	120.742	120.742	134.144	149.084	165.577	183.956	204.375	227.061	252.265	280.266	311.376	345.939
Dry bulk	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	15.170	16.126	17.142	18.222	19.370	20.590	21.887	23.266	24.732	26.290	27.946
Tug and auxiliary services	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.157	1.273	1.400	1.540	1.694	1.864	2.050	2.255	2.481	2.729	3.002
Offshore	1.145	1.145	1.145	1.145	1.145	1.145	1.316	1.512	1.737	1.996	2.294	2.635	3.028	3.479	3.998	4.593
TOTALE	662.139,91	886.293,39	1.098.152,95	1.230.912,10	1.326.511,03	1.422.109,95	1.760.337,08	2.198.858,06	2.769.930,04	3.516.444,66	4.495.459,18	5.782.902,37	7.479.846,44	9.720.866,34	12.685.181,29	16.611.505,09
HFO emission																
Cruise	242.999	376.907	626.727	782.456	894.596	1.006.735	1.341.978	1.788.857	2.384.547	3.178.601	4.237.075	5.648.021	7.528.811	10.035.906	13.377.862	17.832.690
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	346.567	460.980	460.980	460.980	460.980	460.980	501.085	544.680	592.067	643.577	699.568	760.430	826.587	898.501	976.670	1.061.640
Other Tanker	165.183	165.183	165.183	165.183	165.183	165.183	183.518	203.889	226.521	251.664	279.599	310.635	345.115	383.423	425.983	473.267
Dry bulk	20.314	20.314	20.314	20.314	20.314	20.314	21.594	22.954	24.400	25.938	27.572	29.309	31.155	33.118	35.204	37.422
Tug and auxiliary services	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.359	1.494	1.644	1.808	1.989	2.188	2.407	2.647	2.912	3.203	3.524
Offshore	1.046	1.046	1.046	1.046	1.046	1.046	1.202	1.381	1.586	1.823	2.094	2.406	2.765	3.177	3.650	4.194
TOTALE	777.468,08	1.025.788,02	1.275.608,66	1.431.337,87	1.543.477,37	1.655.616,88	2.050.871,82	2.563.404,46	3.230.928,91	4.103.590,94	5.248.095,41	6.753.207,02	8.737.081,38	11.357.035,93	14.822.572,95	19.412.737,50
Saving emission																
Cruise	33.143	51.407	89.368	112.338	128.879	145.419	193.844	258.394	344.439	459.137	612.030	815.836	1.087.510	1.449.650	1.932.384	2.575.868
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	32.498	38.401	38.401	38.401	38.401	38.401	41.742	45.373	49.321	53.611	58.276	63.346	68.857	74.847	81.359	88.437
Other Tanker	44.441	44.441	44.441	44.441	44.441	44.441	49.374	54.855	60.943	67.708	75.224	83.574	92.850	103.157	114.607	127.328
Dry bulk	5.144	5.144	5.144	5.144	5.144	5.144	5.468	5.813	6.179	6.568	6.982	7.422	7.889	8.386	8.915	9.476
Tug and auxiliary services	201	201	201	201	201	201	221	244	268	295	324	357	392	431	475	522
Offshore	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-114	-131	-151	-173	-199	-229	-263	-302	-347	-399
TOTALE	115.328,17	139.494,63	177.455,71	200.425,77	216.966,35	233.506,92	290.534,74	364.546,40	460.998,88	587.146,28	752.636,23	970.304,66	1.257.234,94	1.636.169,58	2.137.391,66	2.801.232,41
Saving % emission																
Cruise	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)	9%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Other Tanker	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%
Dry bulk	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
Tug and auxiliary services	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Offshore	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%
TOTALE	15%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%

Tableau 66 - Réduction des émissions de CO2 dans la zone cible: estimation des avantages environnementaux cumulés (2020-2035) par type de navire (émissions exprimées en tonnes). (Source: notre élaboration)

3.2.9.1 Réduction des émissions en relation avec le secteur des croisières

Les données présentées dans les tableaux ci-dessus mettent en évidence séparément les émissions d'oxydes de soufre (SOx), d'oxydes d'azote (NOx) et de dioxyde de carbone (CO₂) attribuables à la fois à la flotte GNL et à la flotte HFO pairs. En outre, ils indiquent les avantages environnementaux annuels globaux qui ressortent de la comparaison entre les deux flottes, exprimés à la fois en termes absolus et en pourcentage. Les analyses réalisées permettent de quantifier ces bénéfices pour la zone cible du projet SIGNAL à l'horizon 2020-2035 en fonction de chaque type de navire.

La comparaison entre la flotte GNL et la flotte HFO met clairement en évidence les avantages environnementaux attribuables à la réduction des émissions d'oxyde de soufre en relation avec le secteur des croisières pour les ports de la zone cible. En particulier, pour la seule année 2020, le passage à l'utilisation du GNL détermine une réduction de 100% des émissions de SOx, avec un bénéfice environnemental égal à 2 408 tonnes en 2020 qui passe à 176 730 tonnes en 2035 en raison de la croissance significative de la flotte de croisière au GNL. Sur l'ensemble de l'horizon temporel considéré, le bénéfice environnemental cumulé estimé empiriquement est de 706 465 tonnes.

La comparaison entre la flotte GNL et la flotte HFO, en ce qui concerne le secteur des croisières, confirme également au niveau empirique les résultats trouvés au niveau théorique en ce qui concerne les émissions de NOx. La flotte GNL, en effet, permet un pourcentage de réduction des émissions de NOx égal à 71%, ce qui signifie en 2020 une réduction de 2.511 tonnes d'émissions dans les ports de la zone cible. Cette valeur passe en 2035 à 184 989 tonnes de NOx réduites (72% de réduction par rapport à l'hypothèse d'utilisation d'une flotte HFO).

Cela se traduit, pour la période 2020-2035, par une réduction cumulée des émissions de NOx provenant du seul secteur des croisières égale à 739 445 tonnes de NOx. Dans ce cas également, l'incidence en pourcentage du secteur des croisières sur le total est évidente (le secteur des croisières représente dans ce cas 83% du bénéfice total cumulé pour la période).

En ce qui concerne les émissions de dioxyde de carbone, une réduction des émissions d'environ 14% a été constatée, ce qui semble inférieur aux valeurs qui ressortent de l'analyse documentaire (fourchette théorique de 20 à 30%). Cette différence se justifie par le fait que ce type d'analyse se concentre uniquement sur le composant du moteur, négligeant ainsi tout mécanisme visant à réduire les émissions avant ou après la phase de combustion.

3.2.9.2 Réduction des émissions par rapport au segment ferry & ro-pax

Les tableaux ci-dessus montrent également les émissions relatives aux oxydes de soufre (SOx), aux oxydes d'azote (NOx) et au dioxyde de carbone (CO₂) attribuables à la flotte GNL et à la flotte HFO pairs du segment "ferry & ro-pax". Dans ce cas également, les avantages

environnementaux annuels globaux résultant de la comparaison entre les deux flottes sont indiqués, exprimés en termes absolus et en pourcentage. Les analyses réalisées permettent de quantifier ces bénéfices pour la zone cible du projet SIGNAL à l'horizon 2020-2035.

En ce qui concerne les bénéfices environnementaux dans la zone cible, attribuables à la réduction des oxydes de soufre dans le secteur en question, la comparaison entre la flotte GNL et la flotte HFO montre que, pour la seule année 2020, le passage à l'utilisation du GNL entraînera une réduction des émissions de SO_x de 3 435 tonnes, qui passera à 10 521 en 2035. En outre, par rapport à l'ensemble de l'horizon temporel considéré, le bénéfice environnemental cumulé est estimé à 10 653 tonnes.

En ce qui concerne les bénéfices environnementaux attribuables à la réduction des oxydes d'azote (NO_x) dans les ports de la zone cible, la comparaison entre la flotte GNL et la flotte HFO du secteur des ferries et des ro-pax, confirme/ne confirme pas au niveau empirique les résultats trouvés au niveau théorique. En particulier, la flotte GNL permet une réduction en pourcentage des émissions de NO_x égale à 71% en 2020, soit une réduction absolue égale à 3 546 tonnes. Ce bénéfice environnemental s'élève plutôt à 10.775 tonnes en 2035 pour un avantage au niveau de l'environnement équivalent à 103.112 tonnes sur l'ensemble de l'horizon considéré.

En ce qui concerne les émissions de dioxyde de carbone, il y a une réduction dans le secteur de 32 498 tonnes, qui passe à 88 437 en 2035. Le bénéfice environnemental cumulé sur la période s'élève donc à 849 670 tonnes et la réduction des émissions de CO₂ dans le secteur est en moyenne de 8%. Cette valeur diffère de la valeur théorique estimée par les principaux universitaires. La motivation de la différence en question peut découler de certaines considérations qui peuvent être brièvement résumées comme suit: a) en l'absence de données précises concernant certains moteurs, il a été nécessaire de procéder par approximation en ce qui concerne la puissance disponible et les facteurs de conversion correspondants; b) la méthodologie appliquée à grande échelle dans ce cas se réfère uniquement à la consommation pendant la navigation (et aux émissions correspondantes) sans inclure dans les calculs les avantages découlant de la réduction des émissions pendant les arrêts au port, qui, comme on le sait, peuvent être très importants dans le cas de ce type de navire; c) les estimations en question n'incluent pas d'autres solutions pour réduire les émissions dont les navires en question peuvent éventuellement être équipés.

3.2.9.3 Réduction des émissions par rapport à l'autre segment des pétroliers

Les données examinées mettent également en évidence les avantages environnementaux annuels associés au secteur des "autres pétroliers". En particulier, en ce qui concerne la réduction des émissions d'oxyde de soufre, par rapport au secteur en question pour la zone d'objectif des ports, on souligne comment, pour la seule année 2020, le passage à l'utilisation du GNL détermine une réduction des émissions de SO_x égale à 1.660 tonnes qui passe à 4.757 tonnes de bénéfices en 2035. Sur l'ensemble de l'horizon temporel

considéré, le bénéfice environnemental cumulé estimé empiriquement est plutôt égal à 40 960 tonnes d'émissions.

En ce qui concerne la réduction des émissions de NOx, la comparaison entre les deux flottes montre une réduction en pourcentage d'environ 77%, avec une réduction pour 2020 qui, en termes absolus, s'élève à 1.776 tonnes de NOx, jusqu'à 5.088 tonnes en 2035. Cela se traduit, à l'horizon 2035, par une réduction cumulée des émissions de NOx de 43 807 tonnes.

En ce qui concerne les émissions de dioxyde de carbone, on observe une réduction du CO2 parfaitement conforme aux valeurs indiquées dans la littérature (20-30%) avec une valeur moyenne de 27%. Cela correspond à une réduction des émissions en 2020 égale à 44 441 tonnes; des économies qui passent à 127 328 tonnes en 2035. Globalement, pour les ports de la zone cible, cela se traduit par un bénéfice environnemental cumulé sur la période de quinze ans de 1 096 265 tonnes. Le secteur représente le plus performant du point de vue du pourcentage de réduction des émissions de CO2 et le secteur lui-même contribue de manière significative à la performance environnementale attribuable à l'introduction du GNL (9% des valeurs totales).

3.3 Cartographie de la demande des ports.

Aux fins et objectifs de ce document, par rapport à tous les ports inclus dans le formulaire, un large échantillon de terminaux et de concessionnaires (présents en leur sein) a été examiné afin de disposer des données nécessaires à l'application des KPI visant à estimer la consommation énergétique des ports.

Plus précisément, les analyses en question concernaient la cartographie des profils suivants:

- Espaces pour les concessions;
- Les volumes de trafic;
- Autres données pertinentes pour l'estimation de la consommation d'énergie (équipements utilisés dans les différents types de terminaux, tours d'éclairage, plans d'eau et jetées en concession aux marinas, etc.)

Pour chacun des ports examinés, les analyses empiriques ont été menées en se référant spécifiquement aux différents opérateurs de terminaux et concessionnaires, comme le montre le Tableau 67 suivant, qui rapporte le nombre de terminaux/concessionnaires cartographiés analytiquement par catégories homogènes.

Porto	General cargo, multipurpose	General cargo, container	Rinfuse solide	Rinfuse liquide	Cantieristica	Terminal passeggeri	Marina	Terminal pax e ro-ro	Altro	Totale complessivo
Livorno	2	5	7	5	7	1	6	2	1	36
Portoferraio	0	0	0	0	4	0	4	1	2	11
Oristano	1	0	4	1	1	0	1	0	11	19
Cagliari	1	1	1	1	3	1	3	0	3	14
Bastia	0	0	0	0	1	0	2	1	0	4
Tolone	0	0	0	0	7	0	4	1	4	16
Nizza	0	0	0	0	1	0	2	2	1	6
Genova	4	2	2	9	11	1	7	0	1	37
Totale complessivo	8	8	14	16	35	3	29	7	23	143

Tableau 67 - Nombre de terminaux/concessionnaires cartographiés analytiquement par catégories homogènes (Source: notre élaboration)

Ci-dessous, pour chaque port et pour chaque catégorie homogène d'opérateur/concessionnaire de terminal, les valeurs relatives aux espaces (exprimés en mètres carrés) cartographiés analytiquement sont rapportées (Tableau 68).

Porti	Regione	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
		General cargo, multipurpose	General Cargo, container	Rinfuse solide	Rinfuse liquide	Sommatoria terminal (A+B+C+D)	Terminal passeggeri e terminal pax e ro-ro	Marina (compresi specchi acquei)	Cantieristica	Altro	Spazi totali (E+F+G+H+I)
Livorno		160.881	562.559	150.009	69.783	943.232	144.236	285.871	31.497	117.605	1.522.441
Portoferraio		0	0	0	0	0	25.000	184.078	20.141,3	12.639	423.130
Oristano		205.000	0	438.812	189.504	833.316	0	80.866	9.268	11.1692	1.035.142
Cagliari		134.389	400.000	9.302	6.498	550.189	230.000	409.124	18.870	896.040	2.104.223
Bastia		0	0	0	0	0	100.000	60.983	4.034	1.614	166.631
Tolone		0	0	0	0	0	55.000	216.383	56.995	183.283	511.661
Nizza		0	0	0	0	0	43.000	85.728	2.324	52.899	183.951
Genova		738.947	1.124.463	138.199	305.593	2.307.202	298.000	1.496.689	398.671	91.0362	5.410.924
Totale complessivo		1.239.217	2.087.022	736.322	571.378	4.633.939	895.236	2.819.722	723.072	2.286.134	11.358.102

Tableau 68 - Espaces alloués aux différentes catégories d'opérateurs/concessionnaires de terminaux homogènes: valeurs cartographiées analytiquement (données exprimées en mètres carrés) (Source: notre élaboration)

D'autre part, le Tableau 69 montre les valeurs des espaces sous concession répartis dans les principales catégories d'opérateurs de terminaux/concessionnaires, telles qu'elles ont été officiellement déclarées par les différents gestionnaires des ports examinés. Les données rapportées doivent être considérées à la lumière des modalités d'attribution du label de catégorie homogène de terminal/concessionnaire et la lecture intégrée des données permet de mettre en évidence comment le niveau de couverture de l'examen analytique des différentes zones sous concession est très différent selon les ports. Dans l'ensemble, la couverture de la cartographie est très élevée dans le cas des ports italiens, tandis que la valeur est plus contenue dans le cas des ports français: les estimations indiquées dans ce rapport bénéficieraient donc d'une éventuelle intégration et mise à jour des données en question par les partenaires français du projet.

En ce qui concerne les espaces (exprimés en mètres carrés) relatifs aux "Marinas", les valeurs indiquées comme résultat de la cartographie analytique réalisée comprennent non seulement les mètres carrés relatifs aux surfaces terrestres mais aussi les mètres carrés relatifs aux surfaces aquatiques, pour les raisons indiquées au point 3 du présent document. Au contraire, les valeurs officielles indiquées dans le tableau (exprimées en mètres carrés) déclarées par les AdSP et les autorités portuaires compétentes, comprennent uniquement les mètres carrés des espaces terrestres, sans inclure ceux relatifs aux surfaces d'eau: pour cette raison, la quantité de mètres carrés relatifs aux espaces destinés aux concessionnaires appartenant à la catégorie "Marine" rapportée dans le Tableau 68(cartographie analytique) est, en moyenne, considérablement plus élevée que celle indiquée dans le Tableau 69(données de sources officielles).

Il est également nécessaire d'intégrer les données concernant les espaces concédés aux opérateurs de terminaux/concessionnaires qui entrent dans la catégorie "Autres", afin d'augmenter la fiabilité des estimations en question. De ce point de vue, il est nécessaire de vérifier la présence d'activités industrielles et logistiques à forte intensité énergétique afin de procéder à une évaluation analytique de cette composante de consommation également.

Porto	Regione	Spazi destinati alle principali categorie di terminalisti/concessionari omogenei (Dati ufficiali)			
		Terminal commerciali (esclusi passeggeri e ro-pax)	Terminal passeggeri e Ro-pax	Marine	Cantieristica
Livorno	Toscana	1.288.061,00	90.547,00	84.210,00	87.664,00
Portoferraio	Toscana	16.925,00	16.274,88	61.350,87	77.415,00
Oristano	Sardegna	n.a.	n.a.	0	n.a.
Cagliari	Sardegna	480.380,00	0,00	167.110	30.309,00
Bastia	Corsica	n.a.	n.a.	0,00	n.a.
Tolone	Region du Var	10000*	106.000,00	45.300,00	n.a.
Nizza	Region du Var	7.325,00	36.724,00	37.358,00	38.276,00
Genova	Liguria	2.918.197,00	287.719,00	583.435,00	533.842,00

Tableau 69 - Espaces alloués aux différentes catégories d'opérateurs de terminaux/concessionnaires homogènes: données de source officielle (valeurs exprimées en mètres carrés) (Source: notre élaboration)

Le Tableau 70 suivant présente les données de trafic (exprimées en termes de tonnes/an) pour les différentes catégories de terminaux/concessionnaires pour chaque port examiné, en particulier pour ceux pour lesquels il est nécessaire d'utiliser ces valeurs afin d'estimer la consommation d'électricité en termes d'énergie électrique primaire et d'énergie thermique.

Ports	Région	Flux de trafic						
		Conteneurs pour marchandises diverses	Matériel roulant	Produits divers	Cargaison solide en vrac	Vrac liquide	Passagers	Croisières
	Unité de mesure	Tonnes/an	Tonnes/an	Tonnes/an	Tonnes/an	Tonnes/an	Pass/année	Pass/année
Livourne	Toscane	9.196.116	12.413.062	2.012.242	831.615	8.362.816	2.475.906	807.935
Portoferraio	Toscane	0	2.825.337	0	0	0	3.061.798	0
Oristano	Sardaigne	0	180	0	1.118.743	226.173	0	0
Cagliari	Sardaigne	8.452.226	3.974.366	48.476	801.920	26.743.264	580.730	258.066
Bastia	Corse	0	2.081.485	0	0	0	2 142 850	35 854
Toulon	Région du Var	0	525.000	408.000	176.000	0	1.370.000	239.023
Nice	Région du Var	0	713.000	0	0	0	1.158.709	695.000
Gênes	Ligurie	22.377.403	8.594.711	623.524	3.651.167	14.582.780	2.093.064	1.017.368

Tableau 70 - Données de trafic liées aux différentes catégories de terminaux par ports examinés (données pour 2016) (Source: notre élaboration).

En ce qui concerne la catégorie "Marinas", le Tableau 71 présente les données nécessaires à l'estimation de la consommation d'énergie dans chaque port, c'est-à-dire le nombre de concessions cartographiées de manière analytique et la superficie totale de l'eau (exprimée en mètres carrés).

<i>Porto</i>	<i>Des concessions cartographiées analytiquement</i>	<i>Somme de Miroir d'eau MQ</i>
Livourne	6	285.871
Portoferraio	4	184.078
Oristano	1	80.866
Cagliari	3	409.124
Bastia	2	60.983
Toulon	4	216.383
Nice	2	85.728
Gênes	7	1.496.689
Total	29	2.819.722

Tableau 71 - Données pour l'estimation de la consommation d'électricité portuaire liée aux marinas (Source: notre élaboration)

En ce qui concerne la catégorie "Terminaux passagers et Ro-Ro", le Tableau 72, indique le nombre de passagers et de tonnes "traités" par an, les mètres carrés concernant les espaces disponibles et le nombre de tours lumineuses pour chaque port étudié (les valeurs susmentionnées sont utilisées en référence aux différents composants du KPI spécifique pour le calcul de la consommation d'énergie électrique et thermique). En particulier, en ce qui concerne le port de Gênes, les données susmentionnées sont égales à 0 parce que les stations maritimes de Gênes sont classées comme "Terminal de passagers" et non comme "Terminal de passagers et Ro-Ro". Au contraire, le calcul de la consommation pour le port de Livourne nécessite seulement l'inclusion des valeurs relatives au nombre de tours lumineuses; les valeurs relatives aux tours lumineuses doivent être mises à jour en vue d'une cartographie plus détaillée concernant uniquement les terminaux catégorisés comme "Terminaux passagers et Ro-Ro".

Porto	TERMINAL PAX ET RO-RO			
	panse/année	tonnes/an	m²	n° torches
LIVORNO	3.283.841,00	0,00	144.236,00	0,00
PORTOFERRAIO	3.061.798,00	208.337,00	25.000,00	14,00
ORISTANO	0,00	0,00	0,00	20,00
CAGLIARI	838.796,00	0,00	0,00	32,00
BASTIA	278.704,00	2.081.485,00	100.000,00	12,00
TOULON	1.609.023,00	933.000,00	55.000,00	5,00
NICE	1.853.709,00	713.000,00	45.000,00	22,00
GENOA	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 72 - Catégorie "Terminaux passagers et rouliers": valeurs utilisées en conjonction avec des composants KPI spécifiques pour estimer la consommation énergétique des ports cibles (Source: notre élaboration)

L'utilisation des données d'entrée ci-dessus nous permet de parvenir à une estimation de la consommation totale d'énergie (électrique et thermique) des ports cibles, comme le montre le Tableau 73.

Porto	Tipo energia	[kWh/anno - energia primaria]	[kWh/anno - consumi elettrici non primari]	Totale energia primaria	Consumi elettrici non primari + consumi termici
LIVORNO	EL PRIMARIA	138.027.778,38	63.492.778,06	239.133.350,95	164.598.350,63
	TERMICA	101.105.572,57			
PORTOFERRAIO	EL PRIMARIA	29.143.459,27	13.405.991,26	42.731.221,98	26.993.753,98
	TERMICA	13.587.762,72			
ORISTANO	EL PRIMARIA	12.509.710,82	5.754.466,98	19.689.353,93	12.934.110,09
	TERMICA	7.179.643,12			
CAGLIARI	EL PRIMARIA	252.188.253,33	116.006.596,53	414.354.502,08	278.172.845,28
	TERMICA	162.166.248,75			
BASTIA	EL PRIMARIA	5.441.958,42	2.503.300,87	11.456.585,26	8.517.927,71
	TERMICA	6.014.626,84			
TOULON	EL PRIMARIA	40.862.317,01	18.796.665,83	61.954.408,81	39.888.757,62
	TERMICA	21.092.091,79			
NIZZA	EL PRIMARIA	5.347.814,70	2.459.994,76	8.671.454,05	5.783.634,11
	TERMICA	3.323.639,35			
GENOVA	EL PRIMARIA	326.381.972,16	150.135.707,19	537.823.591,55	361.577.326,59
	TERMICA	211.441.619,39			

Tableau 73 - Estimation de la consommation d'énergie (électrique et thermique) pour chaque port examiné (année 2016) (Source: notre élaboration).

En particulier, les estimations concernant la consommation énergétique des ports sont significatives, notamment pour les ports pour lesquels le niveau de cartographie des opérateurs de terminaux/concessionnaires est plus précis et détaillé (notamment les ports italiens). Au contraire, pour les ports de Bastia et de Nice, il pourrait être approprié de recalculer les estimations après avoir étendu le niveau de cartographie analytique des opérateurs/concessionnaires de terminaux respectifs.

En outre, le tableau 55 indique la consommation d'énergie (électrique et thermique) pour des agrégats de catégories homogènes de terminaux/concessionnaires pour chaque port considéré.

Porto	Type d'énergie	Polyvalent	Container	Vrac liquide	Cargaison solide en vrac	Construction navale	AUTRE	MARINE	TERMINAL PASSAGERS	TERMINAL PAX ET RO-RO			
										Passagers	Polyvalent	Espaces	Tours d'éclairage
LIVORNO	EL_PRIMARY	15.916.663,19	30.031.503,83	56.257.008,36	3.380.910,32	17.965.450,74	1.903.747,53	2.564.262,87	5.574.645,87	3.039.924,20	0,00	1.393.661,47	0,00
	THERMAL	27.572.749,03	23.256.568,53	35.220.658,10	2.028.788,98	9.315.420,55	1.566.502,20	81.978,09	1.001.154,23	728.068,17	0,00	333.684,70	0,00
PORTOFER	EL_PRIMARY	0,00	0,00	0,00	0,00	24.101.782,19	204.595,13	1.651.179,66	0,00	2.834.374,08	57.468,98	241.559,23	52.500,00
	THERMAL	0,00	0,00	0,00	0,00	12.497.222,61	168.351,48	52.787,31	0,00	678.838,49	132.726,25	57.836,58	0,00
ORISTANO	EL_PRIMARY	119,17	0,00	1.521.475,10	4.548.222,14	3.831.500,53	1.808.025,85	725.368,02	0,00	0,00	0,00	0,00	75.000,00
	THERMAL	206,43	0,00	952.545,40	2.729.259,90	1.986.704,33	1.487.737,44	23.189,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAGLIARI	EL_PRIMARY	4.438.743,28	27.602.202,66	179.903.040,60	3.260.186,03	9.023.626,32	14.504.740,60	3.669.842,28	8.889.379,57	776.492,00	0,00	0,00	120.000,00
	THERMAL	7.689.322,38	21.375.303,79	112.631.362,19	1.956.345,74	4.678.918,18	11.935.252,80	117.322,86	1.596.449,38	185.971,45	0,00	0,00	0,00
BASTIA	EL_PRIMARY	2.296.679,20	0,00	0,00	0,00	728.725,75	26.126,79	547.017,51	0,00	258.002,45	574.169,80	966.236,91	45.000,00
	THERMAL	3.978.582,60	0,00	0,00	0,00	377.857,86	21.498,48	17.487,85	0,00	61.792,12	1.326.061,58	231.346,34	0,00
TOULON	EL_PRIMARY	0,00	0,00	0,00	715.523,67	32.941.872,24	2.966.912,61	1.940.955,51	0,00	1.489.508,16	257.364,54	531.430,30	18.750,00
	THERMAL	0,00	0,00	0,00	429.365,58	17.080.973,81	2.441.329,56	62.051,29	0,00	356.740,30	594.390,76	127.240,49	0,00
NICE	EL_PRIMARY	786.713,46	0,00	0,00	0,00	505.808,65	856.308,06	768.980,16	0,00	1.716.019,39	196.678,37	434.806,61	82.500,00
	THERMAL	1.362.839,22	0,00	0,00	0,00	262.271,20	704.614,68	24.583,88	0,00	410.990,21	454.234,31	104.105,85	0,00
GENOA	EL_PRIMARY	10.171.261,68	85.030.968,55	98.098.962,88	15.833.183,22	77.568.159,14	14.736.592,41	13.425.300,33	11.517.543,96	0,00	0,00	0,00	0,00
	THERMAL	17.619.876,86	68.286.582,88	61.416.526,26	9.274.424,18	40.220.534,07	12.126.032,50	429.199,54	2.068.443,10	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 74 - Estimation de la consommation d'énergie (électrique et thermique) par port et par agrégats de catégories homogènes de terminaux/concessionnaires (année 2016) (Source: notre élaboration).

Après avoir terminé l'estimation de la consommation d'énergie des ports en 2016 sur la base des KPIs développés, la création d'une prévision de la demande future de GNL dans les ports individuels de la zone cible du projet SIGNAL a nécessité d'autres étapes procédurales, résumées ci-dessous:

1. Estimation des CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE pour les années 2016-2035; estimation des CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE THERMIQUE pour les années 2016-2035; estimation des CONSOMMATIONS DE DIESEL qui peuvent être satisfaites par l'utilisation du GNL pour les années 2016-2035. Ces estimations ont nécessité l'identification des tendances de croissance de la consommation énergétique des ports, ce qui a nécessité l'identification du TCAC de la consommation énergétique pour chaque port examiné. À cette fin, différents TCAC ont été utilisés pour chaque port et chaque période d'estimation:
 - a. CAGR_16-20;
 - b. CAGR_21-25;
 - c. CAGR_26-30;
 - d. CAGR_31-35.
2. Calcul du VOLUME de GNL ÉQUIVALENT pour satisfaire l'ÉNERGIE TOTALE requise par rapport à la consommation de diesel (valeur théorique maximale de la demande de GNL, en supposant que 100% de la consommation de diesel soit satisfaite par le GNL).
3. Identification de 3 scénarios différents en ce qui concerne le taux (%) de conversion au GNL de la consommation d'énergie du diesel. En ce qui concerne cet élément, différents scénarios ont été identifiés pour chaque port et pour chaque horizon temporel. En particulier:
 - a. scénario 1 (scénario de faible croissance): représente le scénario pessimiste (faible propension à se convertir au GNL) pour chaque port,
 - b. scénario 2 (scénario de base): représente le scénario le plus probable (propension moyenne à se convertir au GNL) pour chaque port,
 - c. scénario 3 (scénario de forte croissance): représente le scénario optimiste (forte propension à se convertir au GNL) pour chaque port.

Chacun des scénarios ci-dessus a été examiné de manière différenciée sur un certain nombre d'horizons temporels différents, afin de tenir compte du fait que la conversion en question nécessite des investissements à moyen ou à long terme. En particulier, les horizons temporels suivants ont été considérés pour chaque port et chaque scénario:

- i période 2021-025,
- ii l'horizon 2026-2030,
- iii l'horizon 2031-2035.

En ce qui concerne l'étape 1, les estimations pour chaque port ont été effectuées en tenant compte de la tendance historique des volumes de trafic (qui affectent la consommation d'énergie des ports) et des projections futures spécifiques de ces mêmes volumes.

En ce qui concerne l'étape 2, c'est-à-dire pour calculer les volumes équivalents de GNL nécessaires pour satisfaire l'énergie totale requise par rapport à la consommation de diesel, l'équation suivante a été adoptée:

$$v = E / (\rho * PC) \text{ c'est-à-dire volume de GNL} = \text{énergie} / (\text{densité} * \text{pouvoir calorifique})$$

Avec $\rho = 450 \text{ kg/m}^3$ et $PC = 13,5 \text{ kWh/kg}$.

En ce qui concerne l'étape 3, pour chaque port considéré, il a été nécessaire de développer des hypothèses spécifiques en référence à la propension à convertir la consommation d'énergie diesel en GNL. Cela a nécessité l'évaluation de nombreux documents formels produits par les différents AdSP et Autorités portuaires impliqués, ainsi qu'une première estimation approximative des stratégies énergétiques poursuivies par les principales entités privées opérant dans chaque port examiné et par les AdSP/Autorités portuaires eux-mêmes. Le Tableau 75 présente la documentation examinée à cette fin.

Portoferraio	Région	ID	Document consulté	Année de publication	Source:	Description des interventions pertinentes pour l'efficacité énergétique
Livourne	Toscane	AL_01	Plan opérationnel triennal 2018 -2020 pg. 32,33,37,105-108	2017	AdSP del Mar Tirreno Nord du pays	L'AdSP POT promeut deux initiatives sur les carburants: 1) GNL - vise à agir comme un centre de ravitaillement, sur le front de mer au niveau de l'IT-FR et de West-Med, sur le front de terre pour le centre-nord de l'Italie; 2) Hydrogène - vise à utiliser l'hydrogène comme source d'énergie pour les processus portuaires et logistiques, à la fois en termes de potentiel électrique et comme source d'énergie pour la production d'électricité.
Livourne	Toscane	AL_02	Rapport sur les activités préliminaires et les résultats des réunions pg 11,12	2019	AdSP de la MarmTirreno Nord du pays	Le rapport traite de trois objectifs pour le port de Livourne: 1) Une installation de stockage de GNL pour le transport automobile devrait être construite dans le port; 2) OLT devrait devenir un distributeur de GNL pour les navires (projet); 3) A partir de janvier, l'application de la directive sur les carburants devrait être contrôlée par une synergie entre la municipalité, l'AdSP et l'Autorité portuaire.
Livourne	Toscane	AL_03	Plan directeur du port de Livourne pg. 27-30, 73, 74	2014	Autorité Port de Livourne	Le plan directeur du port de Livourne signale qu'OLT a exprimé son engagement à soutenir le projet visant à établir un partenariat industriel et institutionnel pour le développement d'une station de ravitaillement en GNL, en équipant son URFSF du matériel nécessaire au transfert de gaz liquide vers d'autres navires amarrés à quai.
Livourne	Toscane	AL_04	Le projet "Easy LNG - Source accessible de GNL Logistique intégrée Efficace"	2019	Interreg	L'objectif du projet "Easy LNG" est de réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Ceci est réalisé par la création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des véhicules maritimes et terrestres dans les ports, la mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles dans le but de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL. Durée du projet: 2025. Budget total: 2 345 655
Portoferraio	Toscane	AL_02	Rapport du 10-11 juillet pour le site de Deasp pg 10,11	2019	AdSP de la MarmTirreno Nord du pays	Le rapport traite de deux objectifs pour le port de Portoferraio: 1) Possibilité d'électrifier les quais pour les ferries et tous les autres navires; 2) Nécessité de prévoir non seulement des actions récompensant ceux qui mettent en œuvre des économies d'énergie mais aussi de pénaliser ceux qui ne le font pas.
Oristano	Sardaigne	AL_05	Plan opérationnel triennal 2018-2020 pg 133	2017	AdSP de la mer de Sardaigne	Le POT de l'AdSP de la mer Sardaigne mentionne le projet Easy LNG, faisant état de deux actions pilotes, la première visant à développer l'utilisation de carburants maritimes à faible impact, comme le GNL, dans les ports commerciaux, la seconde pour la création de stations de stockage et de ravitaillement en GNL dans les ports commerciaux. Dans le POT, en outre, sont mentionnés les SMART PORTS et les GREEN PORTS, le premier ayant pour objectif de développer des solutions visant à valoriser les zones domaniales non utilisées pour les activités portuaires en fonction de l'autosuffisance énergétique des différents ports du Système. En ce qui concerne les PORTS VERTS, l'hypothèse de la création d'un système de surveillance télématique des valeurs environnementales est formulée, en référence à la METHODE D'AUTODIAGNOSTIC et au SYSTEME D'EXAMEN ENVIRONNEMENTAL DES PORTS.
Oristano	Sardaigne	AL_06	Tableau des objectifs généraux du plan directeur portuaire	2017	AdSP de la mer de Sardaigne	Dans le tableau des objectifs généraux du PRP, 8 cibles de durabilité environnementale sont identifiées: 1) L'identification des criticités environnementales et la définition des mesures possibles pour limiter les impacts; 2) La promotion d'une utilisation durable des ressources environnementales; 3) La protection des ressources en eau; 4) La protection de la qualité de l'air; 5) La gestion durable des déchets; 6) L'économie d'énergie (grâce à: (i) Achat de véhicules à faible impact sur l'environnement, tels que ceux équipés de moteurs électriques; (ii) Augmentation de la part d'utilisation/acquisition d'énergie provenant de sources renouvelables jusqu'à une part de 30% à atteindre sur une période de 5 ans; (iii) Définition d'obligations également pour les concessionnaires d'utiliser des sources d'énergie renouvelables); 7) Conservation de la biodiversité; 8) Sensibilisation du personnel et des utilisateurs de la zone portuaire par rapport aux questions environnementales.
Oristano	Sardaigne	AL_07	Le projet Edison à Oristano fait un nouveau pas en avant	2017	Ship2Shore	L'article rapporte une actualité de 2017 en lien avec le projet "accostage et dépôt côtier de GNL dans le port d'Oristano". Le projet prévoyait la construction d'un nouveau dépôt côtier, dédié au stockage et à la distribution côtière de GNL, composé de 7 réservoirs cryogéniques de 1 430 mètres cubes chacun, avec une capacité nominale totale de 10 000 mètres cubes et une capacité de manutention annuelle de 520 000 mètres cubes de gaz. L'usine sera approvisionnée par des transporteurs de gaz, d'une capacité comprise entre 7 500 et 15 600 mètres, tandis que le gaz sera distribué aux clients finaux de deux manières: 1) par voie maritime avec des allèges d'une capacité de 1 000/2 000 mètres cubes; 2) via
Cagliari	Sardaigne	AL_05	Plan opérationnel triennal 2018-2020 pg 133	2018	AdSP de la mer Port de la Sardaigne	Le POT de l'AdSP de la mer Sardaigne mentionne le projet Easy LNG, faisant état de deux actions pilotes, la première visant à développer l'utilisation de carburants maritimes à faible impact, comme le GNL, dans les ports commerciaux, la seconde pour la construction de stations de stockage et de ravitaillement en GNL dans les ports commerciaux. Le POT mentionne également les PORTS SMART et les PORTS VERTS, le premier ayant pour objectif de développer des solutions pour la valorisation des zones domaniales non utilisées pour les activités portuaires en fonction de l'autosuffisance énergétique des différents ports du Système. En ce qui concerne les PORTS VERTS, l'hypothèse de la création d'un système de surveillance télématique des valeurs environnementales est formulée, en référence à la METHODE D'AUTODIAGNOSTIC et au SYSTEME D'EXAMEN ENVIRONNEMENTAL DES PORTS.
Cagliari	Sardaigne	AL_04	Easy LNG	2019	Interreg	L'objectif du projet "Easy LNG" est de réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Ceci est réalisé par la création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des véhicules maritimes et terrestres dans les ports, la mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles dans le but de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL. Durée du projet: 2025. Budget total: 2 345 655

Porto/raio	Région	ID	Document consulté	Année de publication	Source:	Description des interventions pertinentes pour l'efficacité énergétique
Bastia	Corse	AL_08	En 2023, la Corse disposera d'un regazéifieur flottant.	2016	Ship2Shore	L'article fait état du Plan pluriannuel de l'énergie pour la Corse de 2015 dans lequel on avait formalisé la nécessité d'approvisionner l'île en GNL, afin de convertir à ce combustible les centrales électriques de la région. À cette fin, le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer avait publié un appel à manifestation d'intérêt pour la construction des infrastructures nécessaires à cette fin (à réaliser d'ici 2023) et pour la gestion du service. Il était prévu de construire un regazéifieur galvanique d'une capacité de 40 000 mètres cubes.
Toulon	Corse	AL_09	Stratégie environnementale pour les ports de plaisance	2019	CCI VAR	En 2011, la CCIV a décidé de lancer la démarche "Ports Propres" dans le Var afin d'encourager toutes les opérations qui contribuent à la préservation et à l'amélioration de la qualité de son environnement, objectif zéro impact. A ce jour, le port de Toulon est certifié. Depuis avril 2016, un service de veille immobilière est actif. En 2018, le port de Toulon a accueilli la technologie innovante et écologique de collecte des déchets SEABIN.
Bastia	Corse	AL_04	Easy LNG	2019	Interreg	L'objectif du projet "Easy LNG" est de réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Ceci est réalisé par la création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des véhicules maritimes et terrestres dans les ports, la mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles dans le but de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL. Durée du projet: 2025. Budget total: 2 345 655
Bastia	Corse	AL_10	Programmes européens	2018	Port de Bastia	Les projets européens comprennent "IMPATTINO", qui verra la mise en œuvre d'actions pilotes conjointes pour la collecte et le traitement des eaux usées et des déchets dans les ports.
Toulon	Provence - Alpes - Côte d'Azur	AL_11	Mobilité terrestre et maritime - l'hydrogène renouvelable s'invite sur le Circuit Paul Richard et dans la zone portuaire de Toulon	n.d.	CCI VAR	A l'occasion du Salon Hydrovolution dédié à l'hydrogène, Alain COLLEN, directeur commercial de ENGIE Cofely, Jacques BIANCHI président de la Chambre de Commerce et d'Industrie du VAR, Stéphane CLAIR directeur général du CIRCUIT PAUL RICHARD, Christophe et Yves ARNAL, responsables des bateaux de la Côte d'Azur ont signé une convention de Partenariat pour le développement d'une filière hydrogène sur les deux pôles économiques du Var. Elle vise à répondre au projet "Territoire hydrogène" mis en place par la CCI du VAR qui sera créé par l'installation d'une unité de production d'hydrogène renouvelable sur le site du Circuit Paul Richard pour l'approvisionnement des véhicules et le développement d'un service de ravitaillement dans le Var.
Toulon	Provence - Alpes - Côte d'Azur	AL_12	Un plan de 30 millions d'euros est présenté ce jeudi dans la cité phocéenne.	2019	Publié par Anne Le Hars, AM et AFP, par 05/09/2019	Dans le cadre de son plan climat "une COP d'avance", le président de la région PACA a promis "zéro émission de fumée pour les escales portuaires d'une durée comprise entre 3 et 10 heures d'ici 2023". Et il vise à électrifier à 100% tous les quais, ce qui entraînera une diminution de la vitesse et donc aussi des émissions de fumée.
Toulon	Provence - Alpes - Côte d'Azur	AL_04	Easy LNG	2019	Interreg	L'objectif du projet "Easy LNG" est de réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Ceci est réalisé par la création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des véhicules maritimes et terrestres dans les ports, la mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles dans le but de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL. Durée du projet: 2025. Budget total: 2 345 655
Nice	Côte d'Azur	AL_13	Sirène -Méditerranée Examen environnemental Surveillance du port Autohorités à travers Développement intégré	2014	RIVIERAPORTS	L'objectif du projet "Mermaid" est d'établir un système de surveillance environnementale de pointe utilisé par les ports urbains pour optimiser l'utilisation des données. Il vise à identifier les meilleures pratiques environnementales et à établir une liste de paramètres (pollution atmosphérique, bruit, qualité de l'eau) à surveiller.
Gênes	Ligurie	AL_11	Plan opérationnel triennal 2017 - 2019 pg. 38,39,43,45	2017	AdSP del Mar Ligure Occidentale	Le POT de la mer Ligure occidentale mentionne 4 actions que le pôle génois a mises en œuvre: 1) PLANIFICATION l'énergie, avec la préparation d'installations technologiques pour l'électrification des quais; 2) l'utilisation d'énergies alternatives, en se référant aussi bien au GNL qu'à l'utilisation de biomasses; 3) l'étude et la mise en œuvre d'un nouveau service de collecte et de gestion différenciée des déchets produits dans la zone portuaire; 4) la révision du système hydraulique. Le document prévoit également la poursuite des projets GAINN4MOS et GAINN4CORE, afin d'étudier la faisabilité de la construction de nouvelles infrastructures pour le GNL.
Gênes	Ligurie	AL_04	Easy LNG	2019	Interreg	L'objectif du projet "Easy LNG" est de réduire l'utilisation des carburants les plus polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux. Ceci est réalisé par la création de deux infrastructures mobiles dédiées au ravitaillement en GNL des véhicules maritimes et terrestres dans les ports, la mise en œuvre de 8 actions pilotes dans les ports du projet (Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone, La Spezia et Toulon) avec des stations de ravitaillement mobiles dans le but de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL. Durée du projet: 2025. Budget total: 2 345 655

Tableau 75 - Hypothèses relatives à la propension à se convertir au GNL consommation de diesel par port: documentation consultée (Source: notre élaboration)

Le Tableau 76 montre les taux de conversion de la consommation de diesel en GNL pour chaque période et pour chaque hypothèse de scénario en référence aux différents ports couverts par le projet SIGNAL.

	Gênes	Nice	Toulon	Bastia	Cagliari	Oristano	Porto/raio	Livourne		
Hypothèses sous-tendant l'évolution de la consommation énergétique totale des ports										
CAGR_16-20			1,00%	1,90%	2,80%	1,90%	0,00%	1,90%	2,40%	2,40%
CAGR_20-25			1,00%	1,90%	2,80%	1,90%	0,00%	1,90%	2,40%	2,40%
CAGR_25-30			2,50%	1,50%	2,00%	1,50%	2,50%	1,50%	2,00%	2,00%
CAGR_30-35			2,00%	1,50%	2,00%	1,50%	1,50%	1,50%	2,00%	2,00%
Hypothèses concernant les taux de conversion au GNL de la consommation d'énergie thermique de type "diesel".										

	GênesNiceToulonBastiaCagliariOristano					Portoferraio Livourne			
Hypothèses sous-tendant l'évolution de la consommation énergétique totale des ports									
Période 2016-2020	%GNL_scenario_1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	%GNL_scenario_2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	%GNL_scenario_3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Période 2021-2025	%GNL_scenario_1	7,50%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%
	%GNL_scenario_2	12,50%	20,00%	20,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%	20,00%
	%GNL_scenario_3	17,50%	25,00%	25,00%	20,00%	20,00%	25,00%	25,00%	30,00%
Période 2026-2030	%GNL_scenario_1	20,00%	15,00%	15,00%	15,00%	30,00%	20,00%	15,00%	35,00%
	%GNL_scenario_2	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	35,00%	30,00%	25,00%	45,00%
	%GNL_scenario_3	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	40,00%	40,00%	30,00%	55,00%
Période 2031-2035	%GNL_scenario_1	35,00%	15,00%	15,00%	15,00%	50,00%	20,00%	15,00%	60,00%
	%GNL_scenario_2	40,00%	25,00%	25,00%	25,00%	60,00%	30,00%	25,00%	70,00%
	%GNL_scenario_3	45,00%	30,00%	30,00%	30,00%	70,00%	40,00%	30,00%	80,00%

Tableau 76 - Taux de conversion au GNL de la consommation de diesel supposée par rapport au port de Gênes par scénario et par période d'analyse (Source: notre élaboration)

On trouvera ci-dessous les principaux éléments qui ont guidé la définition des hypothèses sous-tendant la détermination des taux de conversion au GNL de la consommation de gazole dans la zone portuaire, évidemment en fonction des différents scénarios.

Avec une référence particulière au port de Livorno, l'estimation des taux de conversion de la consommation d'énergie du diesel en GNL a été faite en tenant compte des éléments indiqués ci-dessous.

- Le POT de l'Autorité du Système Portuaire du Nord de la Mer Tyrrhénienne: il promeut des initiatives visant à encourager l'utilisation du GNL carburant, en raison du fait que son système portuaire présente des ambitions commerciales à l'échelle internationale et, par conséquent, devra raisonnablement être équipé d'*installations* dédiées à l'avitaillement des navires à *propulsion GNL*. Les initiatives actuelles se réfèrent essentiellement au GNL et aux carburants à base d'hydrogène; en ce qui concerne le GNL, le port de Livourne vise à devenir un centre de ravitaillement tant pour le transport terrestre, en ce qui concerne la zone relative au centre-nord de l'Italie, que pour le transport maritime, non seulement pour le territoire italien et français mais aussi pour toute la zone de la *Méditerranée occidentale*;
- Le "Rapport sur les activités préliminaires et les résultats des réunions" préparé par l'AdSP du Nord de la mer Tyrrhénienne: il identifie les propositions soulevées lors du débat qui s'est tenu à Livourne le 11 juillet 2019 en termes d'interventions et de mesures à prendre. Parmi ces derniers, la nécessité de construire une installation de stockage de GNL à usage automobile dans le port et le projet concernant l'OLT, qui, comme le rapporte également l'OTP du port de Livourne, vise à faire de l'unité flottante de stockage et de regazéification du GNL une station de ravitaillement en gaz liquéfié, grâce à l'équipement de son FRSU avec les installations nécessaires au transfert du GNL vers les navires amarrés à quai, ont été considérés comme pertinents aux fins de l'estimation des taux de conversion en question. Par

conséquent, le POT du port de Livourne identifie le rôle clé potentiel du port en question dans la résolution du problème principal concernant l'approvisionnement en GNL tant pour les navires que pour les véhicules lourds, cherchant ainsi à combiner la politique prudente d'investissement et de développement avec la disponibilité d'exploiter les installations existantes, source d'un avantage compétitif présumé du port de Livourne par rapport aux *concurrents*;

- Le projet "GNL facile", visant à réduire l'utilisation de combustibles polluants et la dépendance au pétrole dans les ports commerciaux, contribue également au calcul de l'estimation des taux de conversion en question, car il implique, parmi les 8 ports appartenant à la zone du programme, également le port de Livourne;
- En outre, à l'occasion du *LNG Summit 2019 italien*, qui s'est tenu à Livourne le 14 mars, le vice-ministre du MIT a annoncé la candidature du port pour devenir le centre stratégique pour le développement des infrastructures de GNL, notamment en raison de la disponibilité d'installations de grande envergure, comme OLT Offshore LNG Toscana et en vertu de la naissance récente de la New.Co. "Livorno LNG Terminal S.p.A.", créée en février 2018 par l'alliance Eni-Neri pour la construction d'un point de stockage et de distribution de GNL dans les zones portuaires.

En ce qui concerne le port de Portoferraio, les taux de conversion estimés pour la consommation d'énergie du diesel en GNL ont été estimés sur la base des considérations suivantes:

- Le rôle de coordinateur de l'AdSP du Nord de la mer Tyrrhénienne (MTS) dans le cadre du projet "Easy LNG", AdSP qui gère également l'escale de Portoferraio;
- Le "Rapport sur les activités préliminaires et les résultats des réunions" préparé par le MTS AdSP, avec une référence particulière aux propositions d'interventions et de mesures lors du débat qui s'est tenu à Portoferraio le 10 juillet 2019, parmi lesquelles se distingue la possibilité d'électrifier les quais pour les ferries et autres types de navires. En particulier, l'usine susmentionnée, compte tenu des puissances nécessaires pour alimenter les navires aux quais, pourrait être alimentée par un système GNL.

En ce qui concerne le port d'Oristano, l'estimation des taux de conversion au GNL de la consommation de diesel a été basée sur les considérations suivantes:

- Dans le POT de l'AdSP de la mer de Sardaigne, le rôle de la zone portuaire d'Oristano est souligné, ainsi que ceux de Cagliari, Olbia, Porto Torres et Portovesme, pour la pertinence des sites de production dans les domaines manufacturiers et industriels, également grâce à l'activation des ZES et à l'exploitation des zones franches;
- En outre, lors de la réunion de septembre 2019 du Comité de gestion de l'AdSP de la mer de Sardaigne, il a été résolu, en ce qui concerne l'escale d'Oristano-Santa

Giusta, d'accorder une concession domaniale pour une durée de 25 ans à Higas S.r.l d'une zone de quai pour les opérations d'approvisionnement en GNL à partir de transporteurs de gaz et pour la construction d'une installation côtière de stockage de GNL, qui sera opérationnelle à partir d'août 2020. Grâce à la construction d'un pipeline dans la zone concédée, cette mesure permettra de disposer d'un débouché en mer pour l'installation de stockage côtier construite dans la zone située derrière, appartenant à la même société. En particulier, quelques nouvelles récentes parues sur la presse nationale du secteur font état de l'état avancé de la construction d'un nouveau stockage côtier au port d'Oristano, dédié au stockage et à la distribution de GNL (système composé de 7 réservoirs cryogéniques de 1 430 mètres cubes chacun), qui, alimenté par des navires gaziers, distribuera le gaz aux clients finaux à la fois par voie maritime, à travers des allèges, et par voie terrestre, à travers des camions-citernes.

En ce qui concerne le port de Cagliari, l'estimation des taux de conversion au GNL de la consommation de diesel a été basée sur les considérations suivantes:

- Le projet "Easy LNG" démontre l'intérêt, également pour le port de Cagliari, de la mise en œuvre d'actions pilotes relatives aux stations mobiles de ravitaillement en GNL, afin de tester l'applicabilité immédiate du ravitaillement en GNL et de montrer aux opérateurs le fonctionnement des technologies et de la chaîne d'approvisionnement de ce carburant;
- En outre, les 25 et 26 novembre 2019, la cinquième conférence internationale Island of Energy s'est tenue à Cagliari, promue par l'Association LNG Sardinia pour approfondir la révolution énergétique, en vue de développer les opportunités et d'identifier les défis liés à l'utilisation du GNL dans la phase de démarrage de la méthanisation de la Sardaigne.

En ce qui concerne plus particulièrement le port de Bastia, l'estimation des taux de conversion au GNL de la consommation de diesel a été faite, également dans ce cas, sur la base des implications liées à la mise en œuvre des activités prévues dans le cadre du projet "Easy LNG" au sein du port en question: il s'agit, en particulier, de la construction de stations mobiles pour le ravitaillement en GNL des véhicules marins et terrestres dans les zones portuaires.

En ce qui concerne, en revanche, le port de Toulon, l'estimation des taux de conversion au GNL de la consommation de gazole a été réalisée en considérant les aspects indiqués ci-dessous:

- En 2011, la Chambre de commerce et d'industrie du Var (CCIV) a lancé la démarche "Ports Propres", qui vise à encourager toutes les opérations qui contribuent à la préservation et à l'amélioration de la qualité de l'environnement. Par ailleurs, lors du

salon Hydrovolution dédié à l'hydrogène, une convention de partenariat a été signée en réponse au projet de "Territoire Hydrogène" mis en place par la CCIV. Ce projet sera mis en œuvre par l'installation d'une unité de production d'hydrogène renouvelable pour alimenter les véhicules et le développement d'un service de ravitaillement en hydrogène dans la zone portuaire de Toulon. Cela témoigne d'une attention particulière de l'entité à l'égard des questions écologiques dans la zone portuaire et, en outre, cela suggère un engagement significatif dans la promotion de l'utilisation de carburants alternatifs;

- Comme les ports de Livourne, Gênes, Piombino, Bastia, Cagliari, Savone et La Spezia, Toulon fait également partie de la zone du programme du projet "Easy LNG".

En ce qui concerne le port de Nice, l'estimation des taux de conversion de la consommation de diesel au GNL a été faite en tenant compte de ce qui suit: le projet "*Mediterranean Environmental Review Monitoring for port Authorities Through Intergrated Development*" (acronyme MERMAID), vise non seulement à établir un véritable système de surveillance environnementale, largement utilisé par les ports, mais aussi à identifier les meilleures pratiques environnementales, afin d'établir une liste de paramètres, tels que la *pollution atmosphérique, le bruit, la qualité de l'eau*, à surveiller et à garantir. Cela témoigne d'une certaine sensibilité des autorités compétentes à l'égard du port de Nice en matière d'environnement.

En ce qui concerne plus particulièrement le port de Gênes, l'estimation des taux de conversion au GNL de la consommation de diesel découle des considérations suivantes:

- Le POT délibéré en 2017 par l'AdSP de la Mer Ligure Occidentale rapporte les actions et les interventions prévues pour le port de Gênes, parmi lesquelles se distingue la planification énergétique, réalisable à travers les systèmes technologiques pour l'électrification des quais et l'utilisation d'énergies alternatives, en utilisant aussi bien le GNL que la biomasse. En outre, dans ce document il est mentionné la poursuite du chemin déjà entrepris par les ports de Gênes et de Savone, qui utilisent les fonds de la programmation financière européenne, avec une référence particulière aux programmes Connecting Europe Facility (CEF), Horizon 2020 et ERDF. Plus précisément, il est fait référence, parmi les nombreux projets, à GAINN4MOS et GAINN4CORE, qui visent à étudier la faisabilité de la construction de nouvelles infrastructures pour le GNL.
- Le port de Gênes fait également partie du réseau de ports appartenant à la zone du programme du projet "Easy LNG".
- De nombreux opérateurs du secteur, selon la presse nationale, développent des alliances et des collaborations visant à créer des installations de stockage et de distribution de GNL au sein des ports gérés par l'AdSP MLO. En ce qui concerne plus

particulièrement le port de Gênes, la société Ottavio Novella S.p.A. a consolidé son alliance avec AutogasNord S.p.A., pour la conception d'une installation de stockage de GNL, pour un investissement total de 100 millions d'euros, nécessaire à la construction de l'installation et du gazoduc, dans le but ultime de diffuser l'utilisation de ce combustible dans la région.

Compte tenu des hypothèses ci-dessus, les figures ci-dessous montrent l'évolution de la consommation d'électricité primaire et de la consommation estimée d'énergie thermique pour les ports de Gênes (Figure 44), Livourne (Figure 45), Portoferraio (Figure 46), Cagliari (Figure 47), Oristano (Figure 48), Toulon (Figure 49), Nice (Figure 50) et Bastia (Figure 51) respectivement.

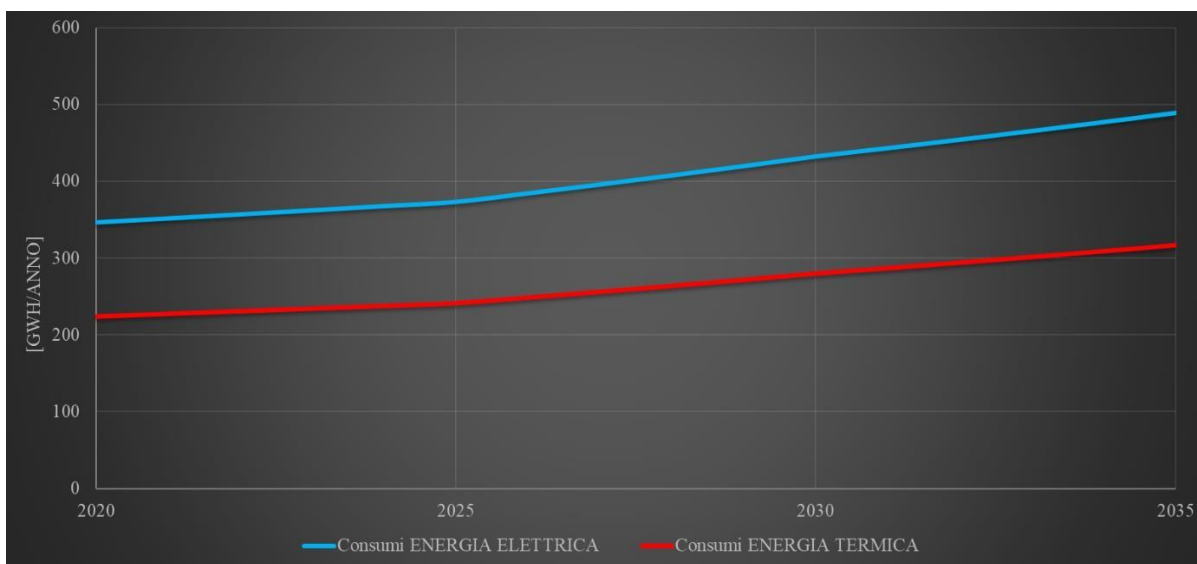


Figure 44 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Gênes: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

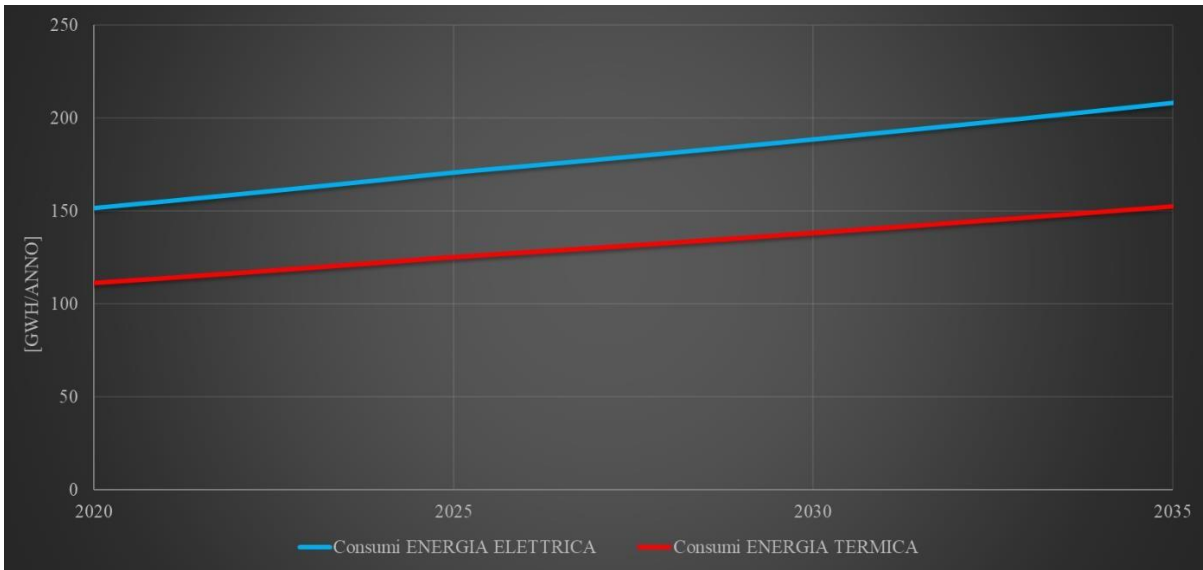


Figure 45 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Livourne: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

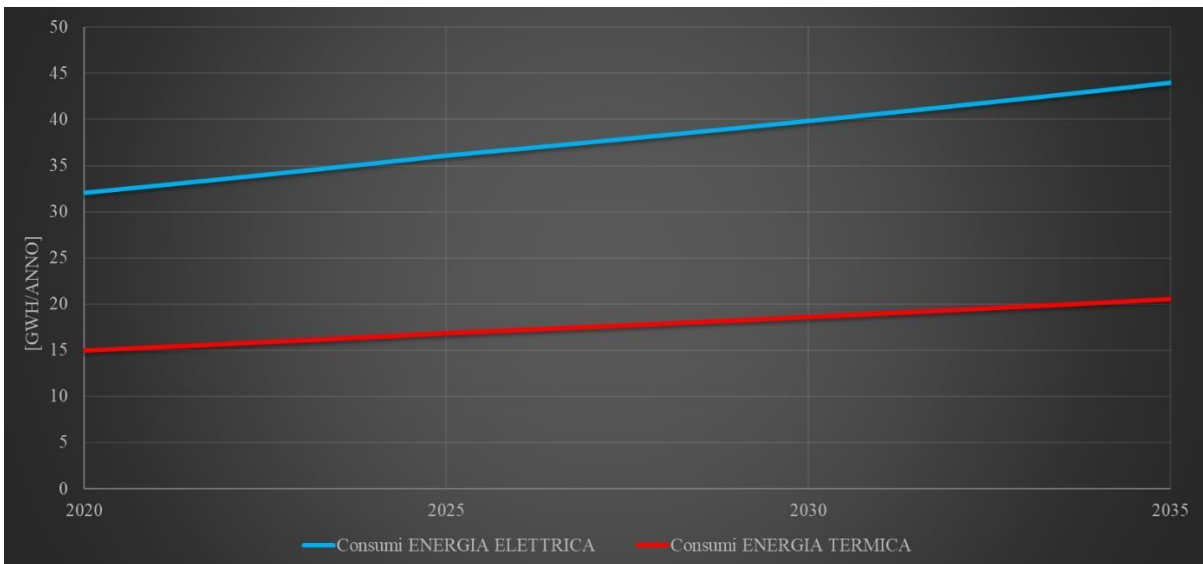


Figure 46 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Portoferraio: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

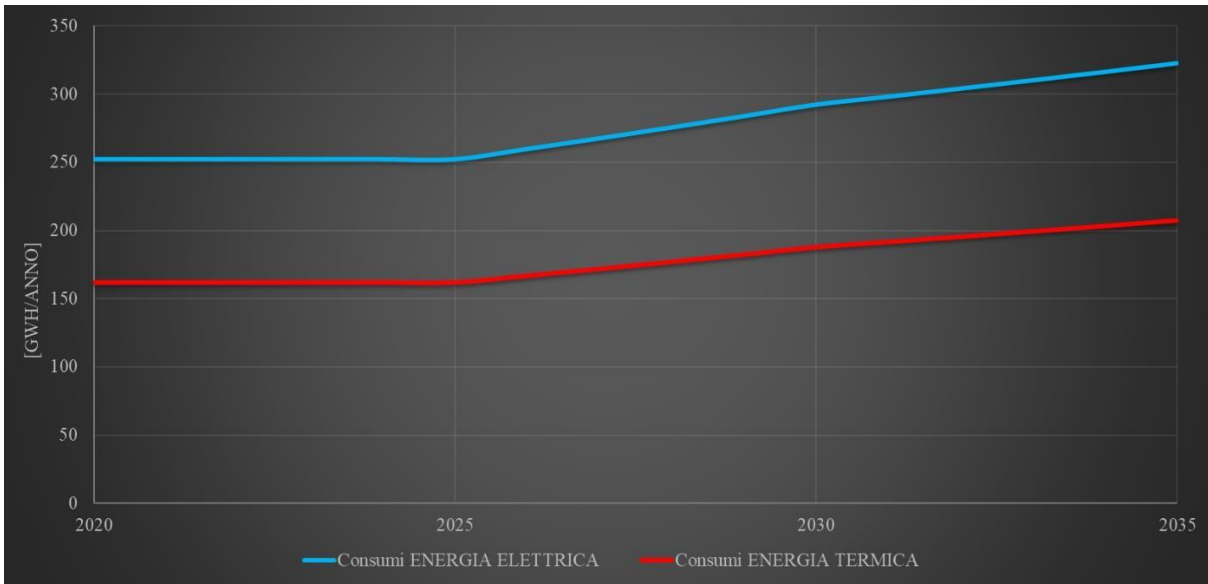


Figure 47 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Cagliari: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

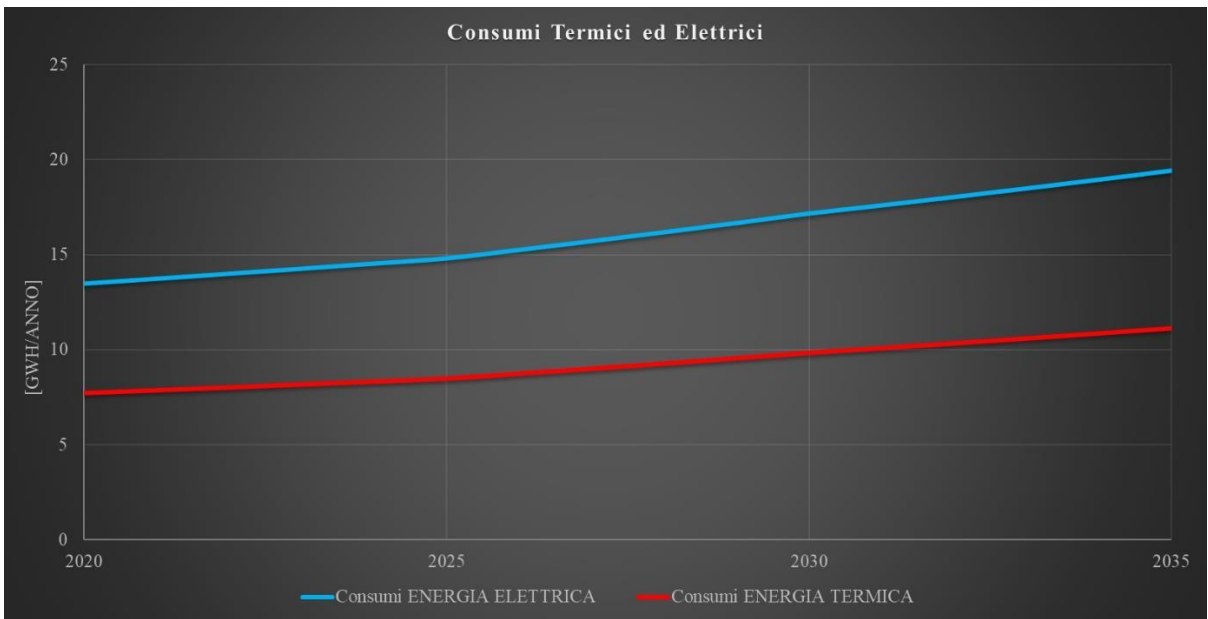


Figure 48 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port d'Oristano: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

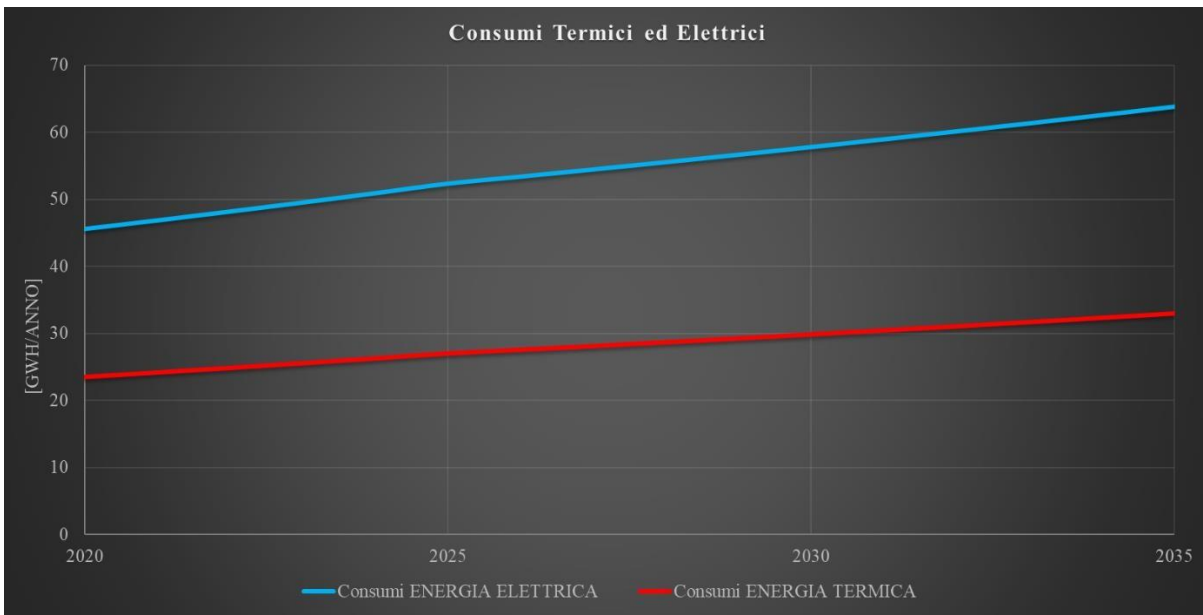


Figure 49 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Toulon: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

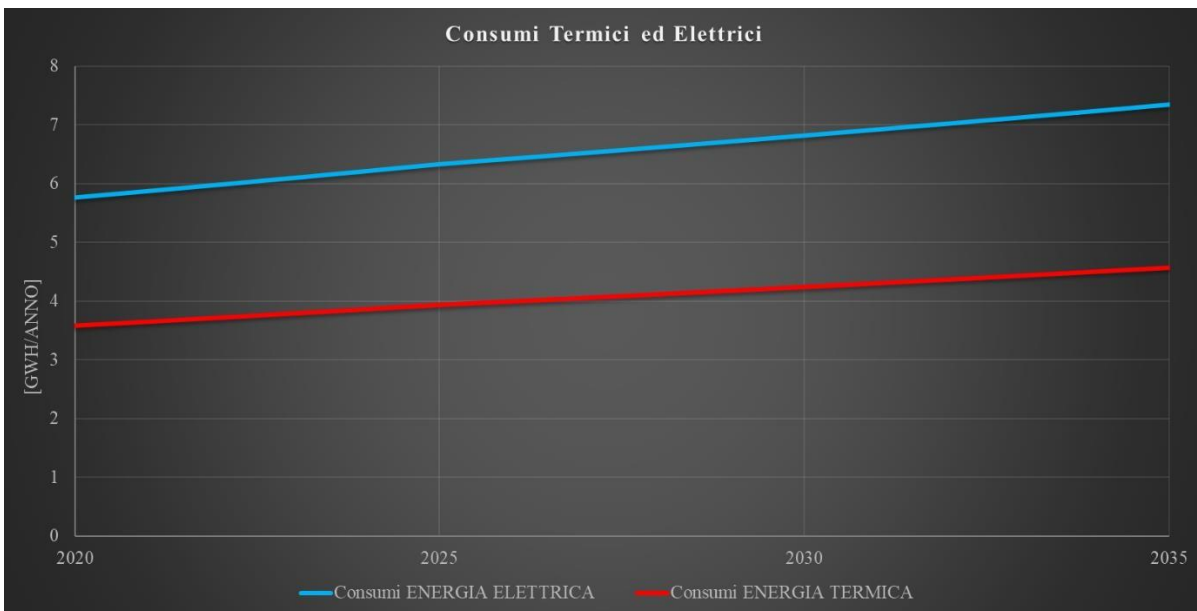


Figure 50 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique du Port de Nice: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

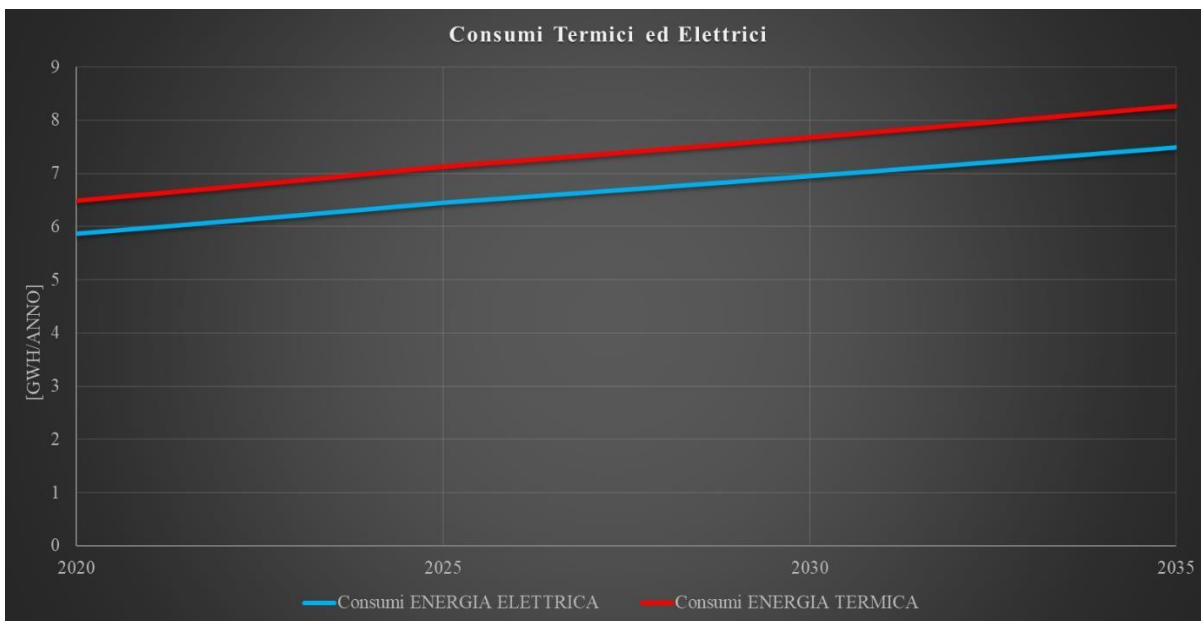


Figure 51 - Estimation de la consommation d'énergie électrique (primaire) et thermique pour le port de Bastia: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

Ensuite, on a calculé le volume théorique de GNL nécessaire pour convertir entièrement en GNL la demande d'énergie (thermique) résultant de l'utilisation du transporteur "diesel". Les tableaux ci-dessous montrent les estimations pour les années 2020-2035 du volume théorique de GNL nécessaire pour convertir entièrement au GNL la demande d'énergie thermique "diesel" des ports de Gênes (Figure 52), Livourne (Figure 53), Portoferraio (Figure 54), Cagliari (Figure 55), Oristano (Figure 56), Toulon (Figure 57), Nice (Figure 58) et Bastia (Figure 59).

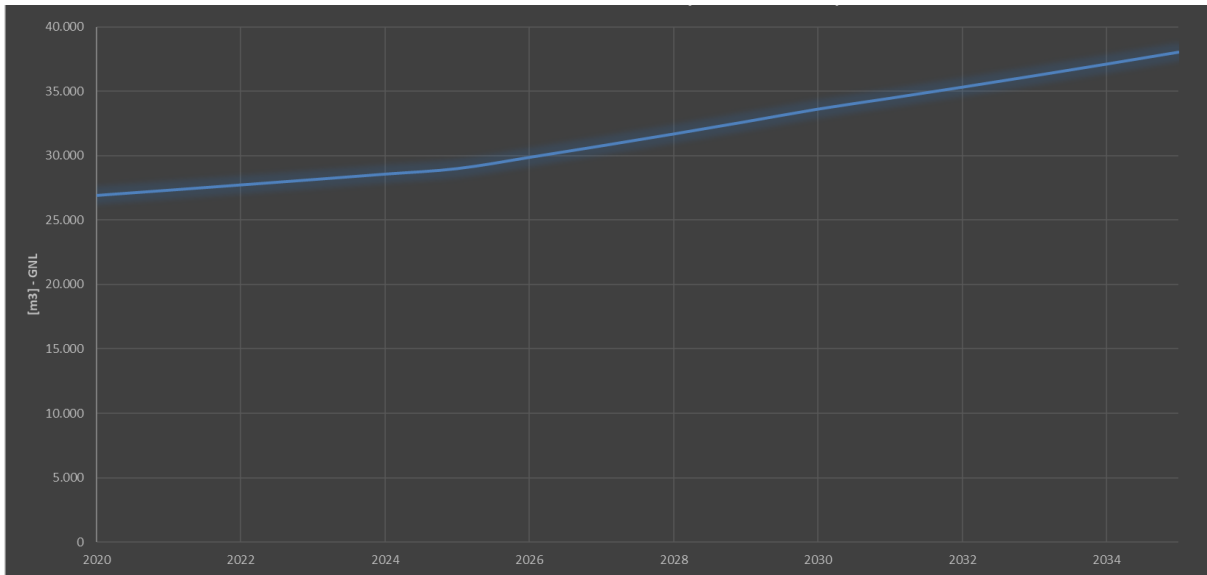


Figure 52 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement la demande d'énergie thermique "diesel" du port de Gênes au GNL: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

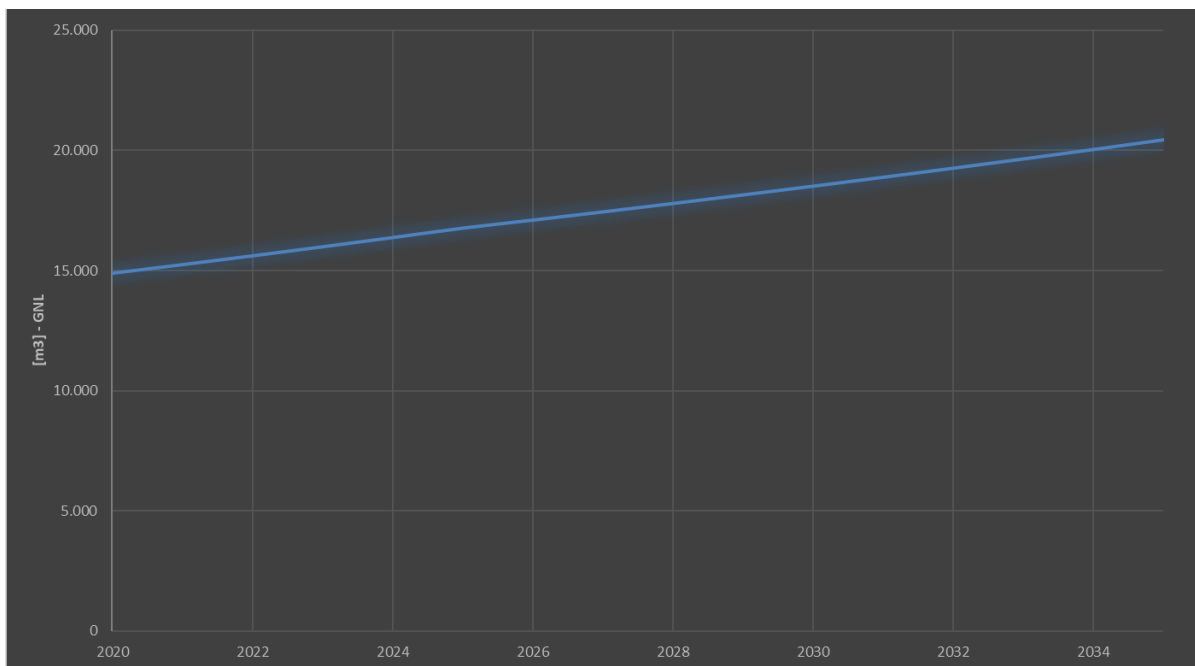


Figure 53 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement la demande d'énergie thermique "diesel" du port de Livourne en GNL: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

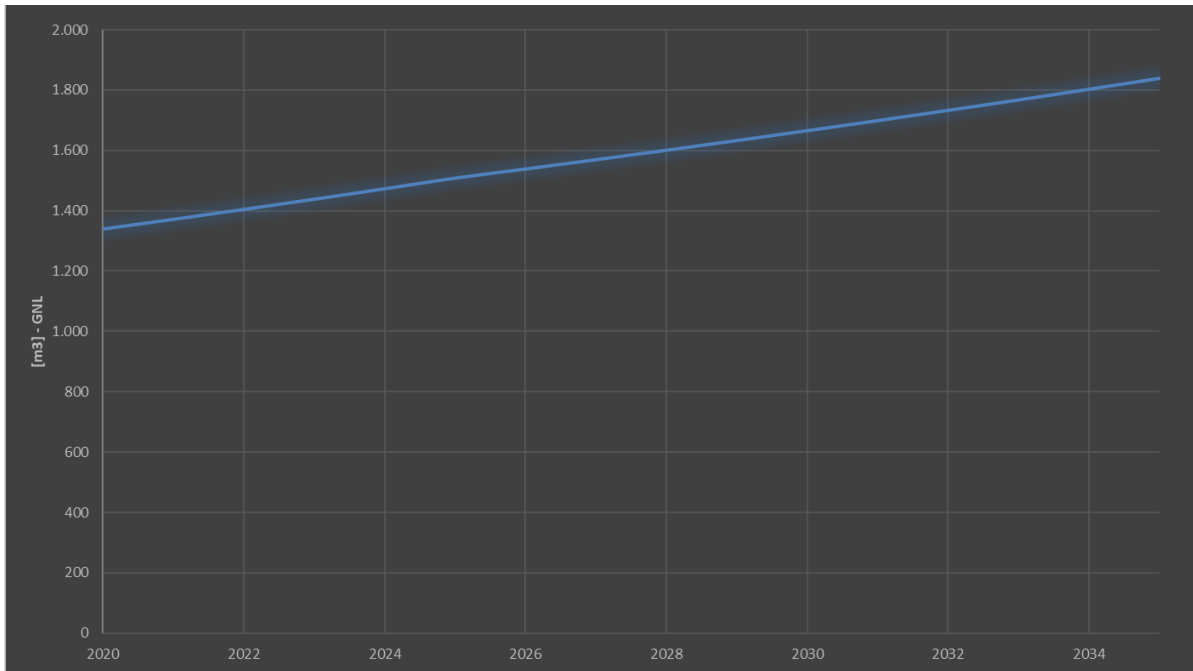


Figure 54 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" de Portoferraio: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

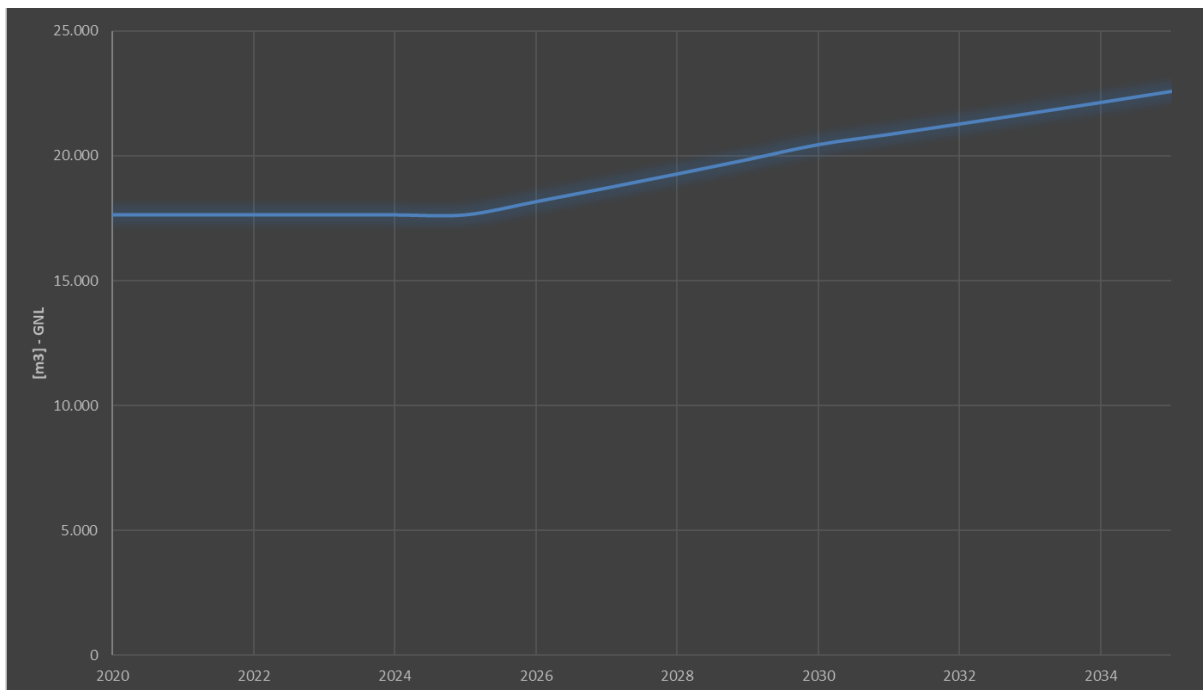


Figure 55 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir complètement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Cagliari: années 2020-2035 (Source: notre élaboration)

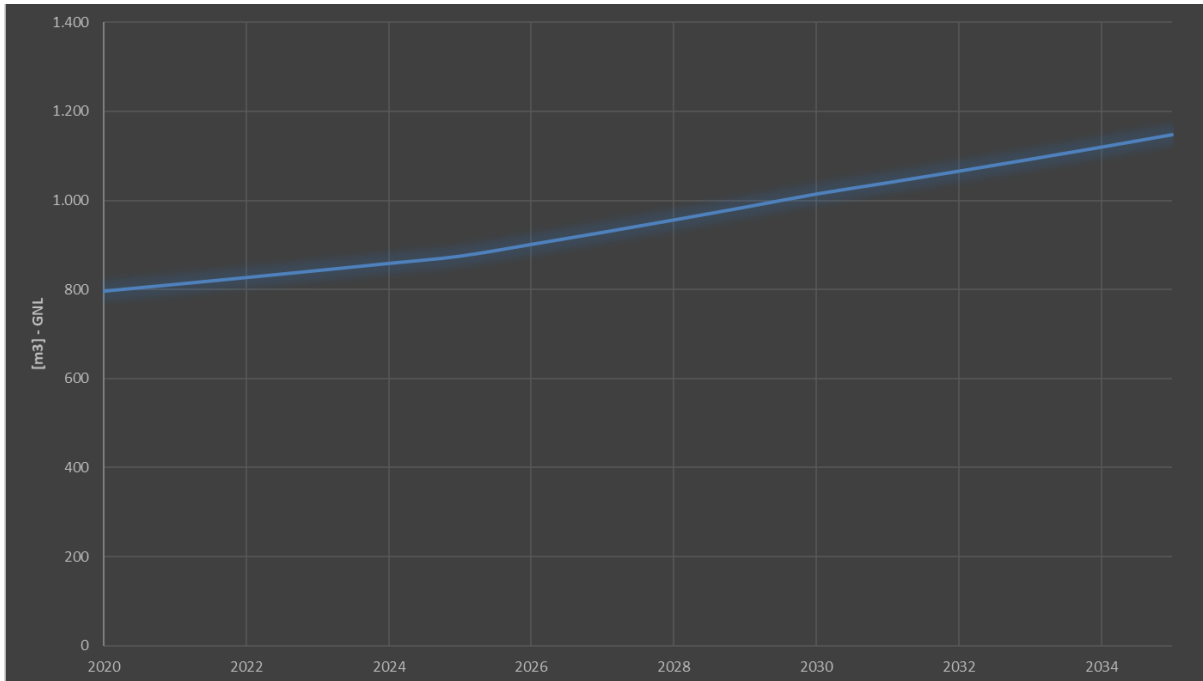


Figure 56 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir entièrement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port d'Oristano: années 2020-2035 (Source: notre traitement)

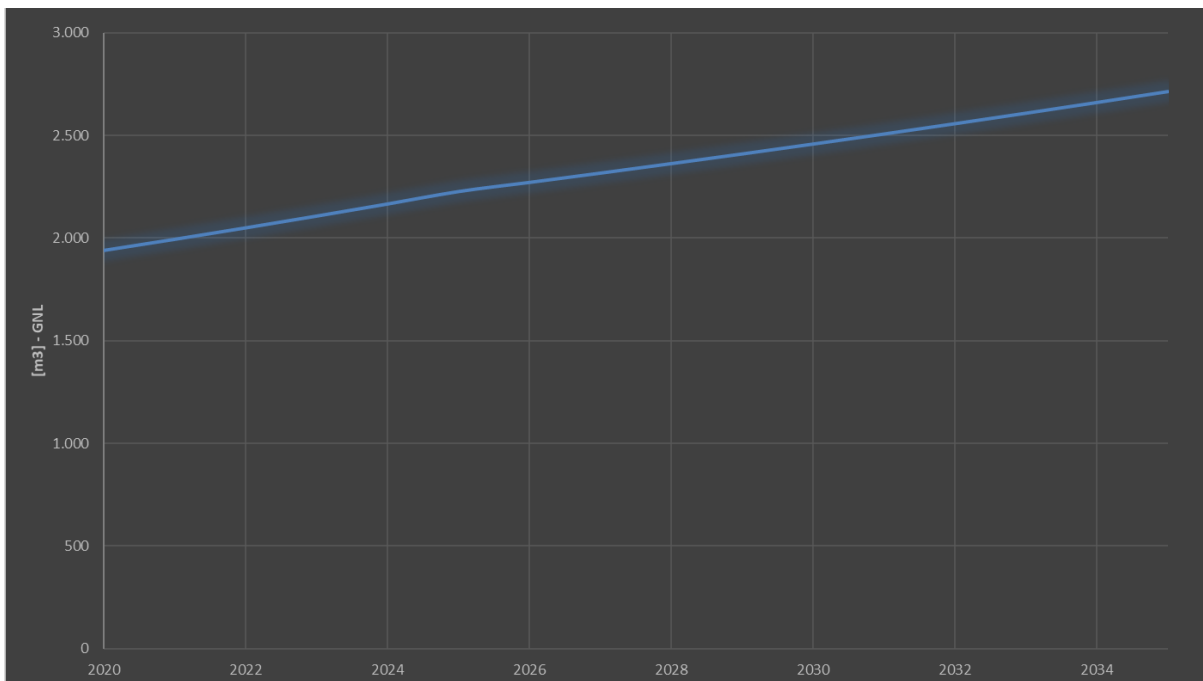


Figure 57 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Toulon: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).

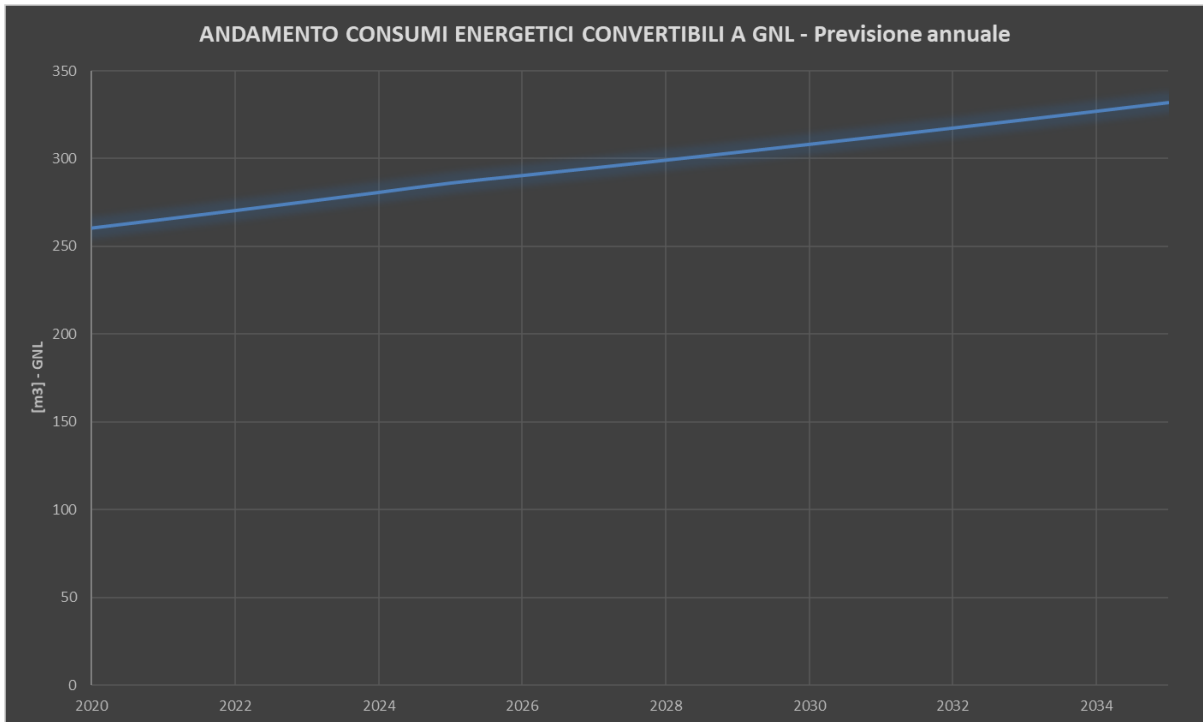


Figure 58 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Nice: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).

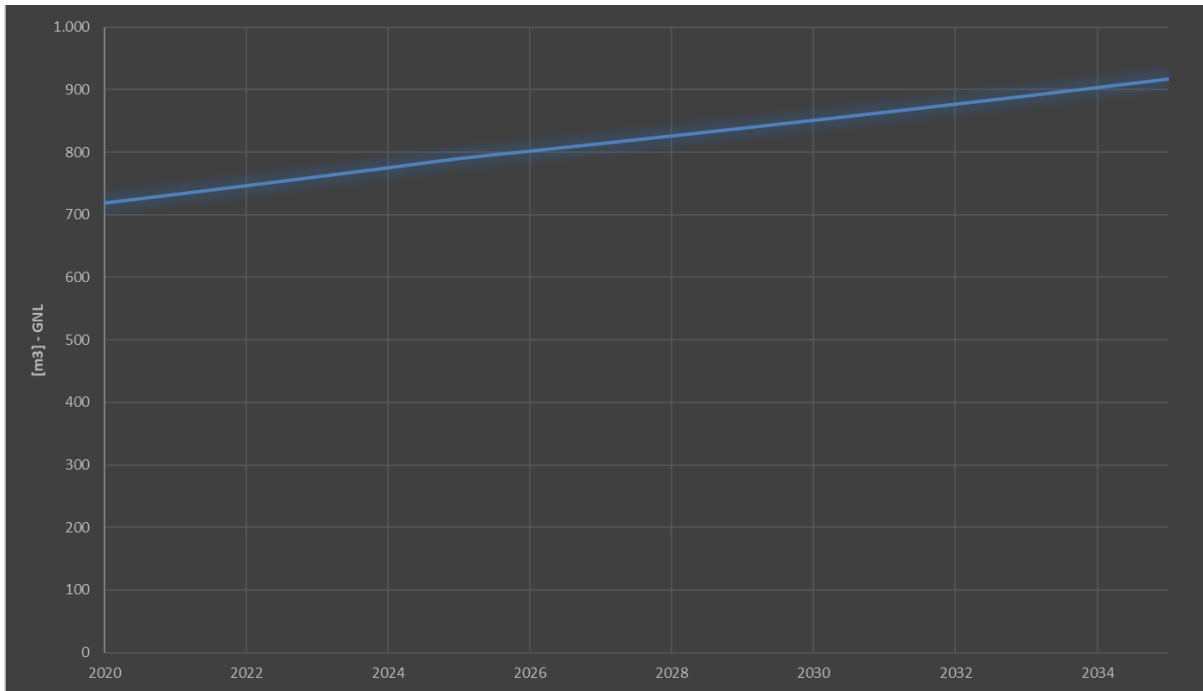


Figure 59 - Volume théorique de GNL nécessaire pour convertir intégralement au GNL les besoins en énergie thermique "diesel" du port de Bastia: années 2020-2035 (Source: notre élaboration).

Enfin, en appliquant les hypothèses sous-jacentes aux 3 scénarios identifiés par rapport au taux de conversion au GNL de la consommation d'énergie thermique diesel, la prévision de la demande de GNL portuaire a été définie pour les ports de Gênes (Figure 60), Livourne (Figure 61), Portoferraio (Figure 62), Cagliari (Figure 63), Oristano (Figure 64), Toulon (Figure 65), Nice (Figure 66) et Bastia (Figure 67).

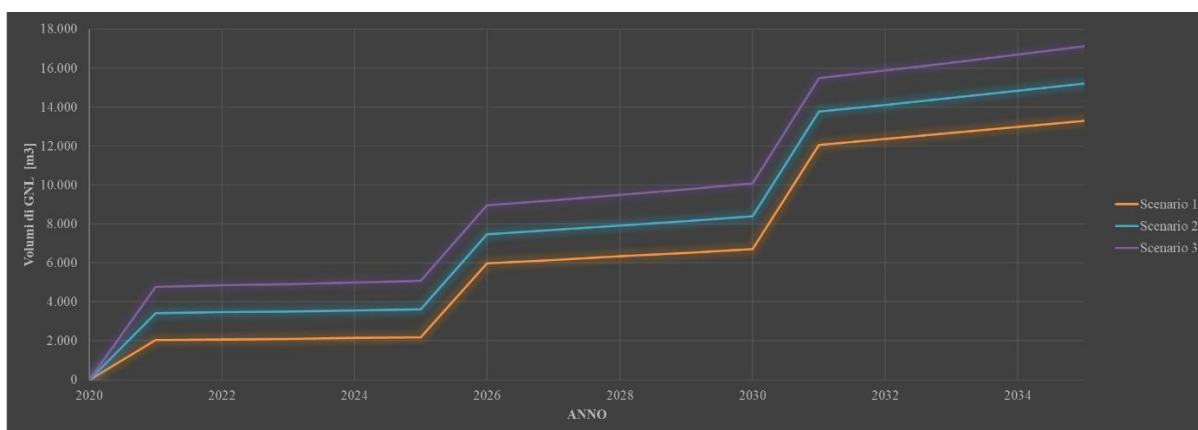


Figure 60 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Gênes: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

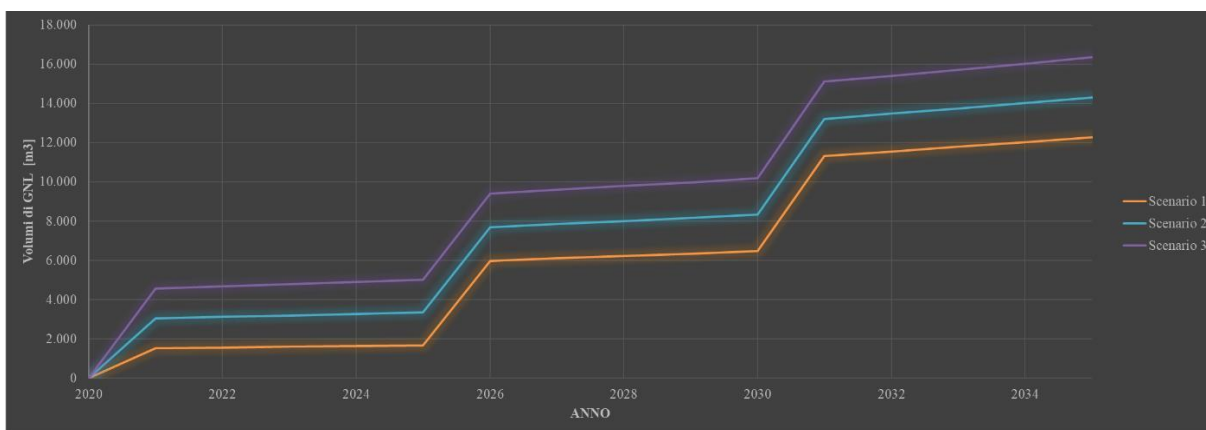


Figure 61 - Prévisions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Livourne: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration.)

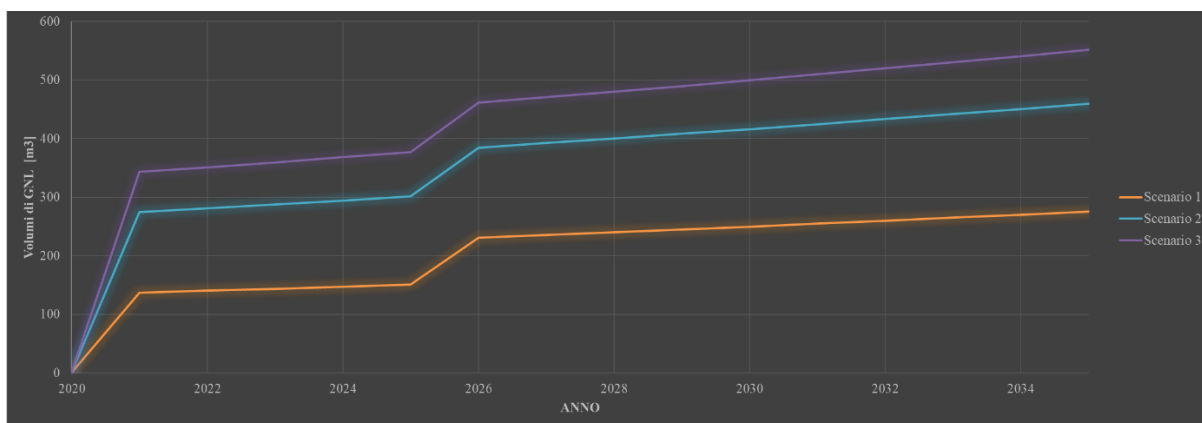


Figure 62 - Prévission des volumes de GNL liés à la demande du port de Portoferraio: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

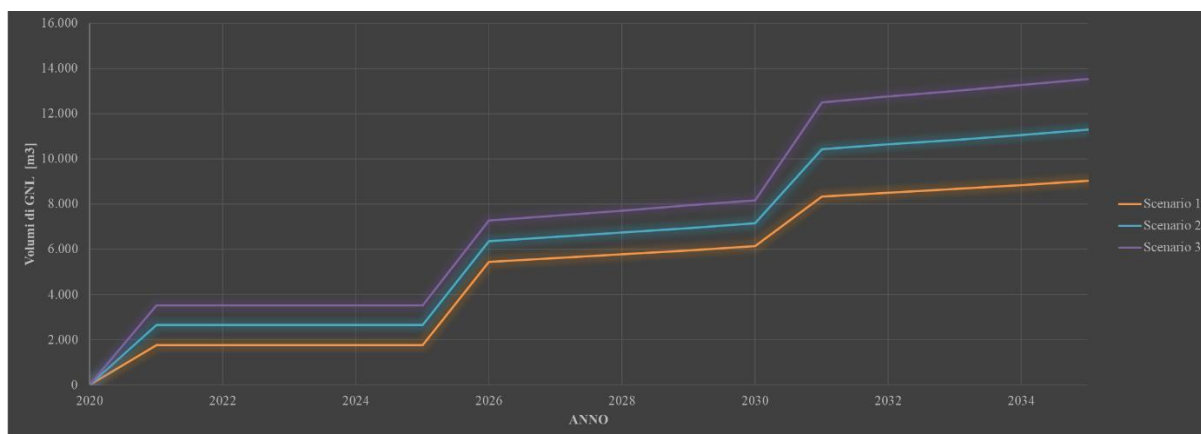


Figure 63 - Prévissions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port de Cagliari: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

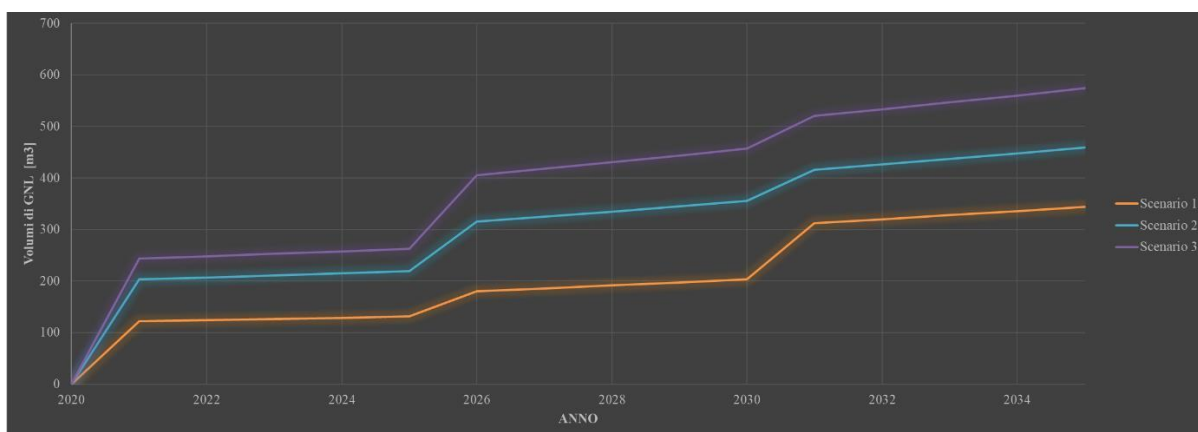


Figure 64 - Prévissions des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le port d'Oristano: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration.)

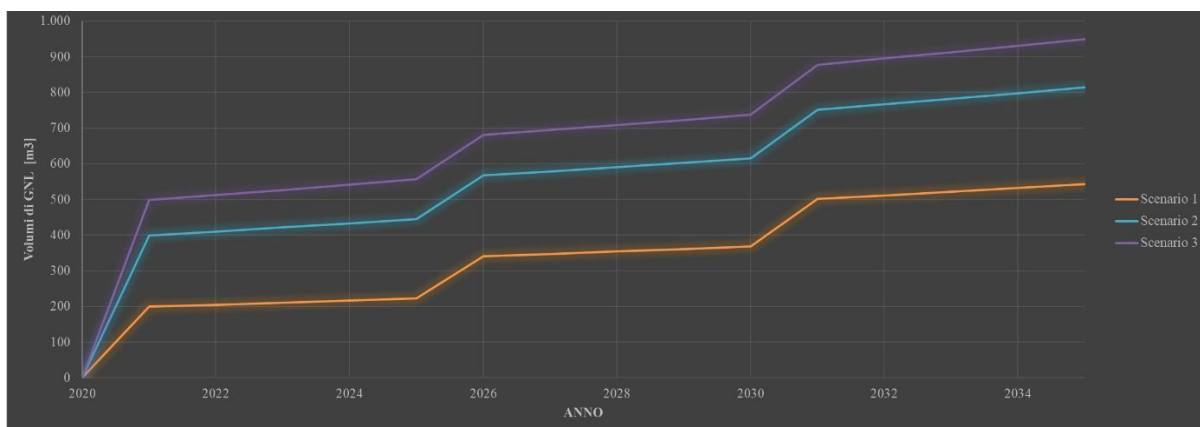


Figure 65 - Projection des volumes de GNL liés à la demande du port de Toulon: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

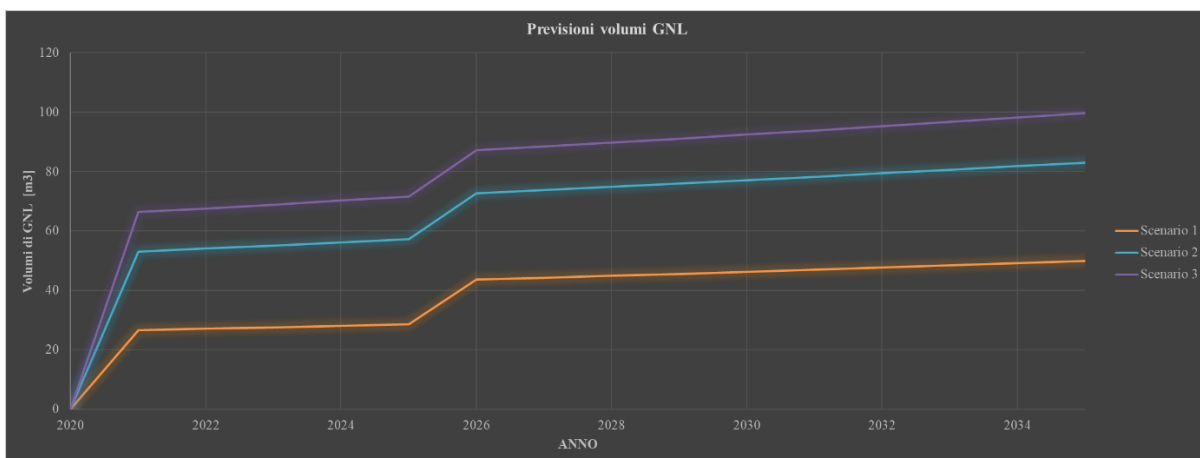


Figure 66 - Projection des volumes de GNL liés à la demande portuaire pour le Port de Nice: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

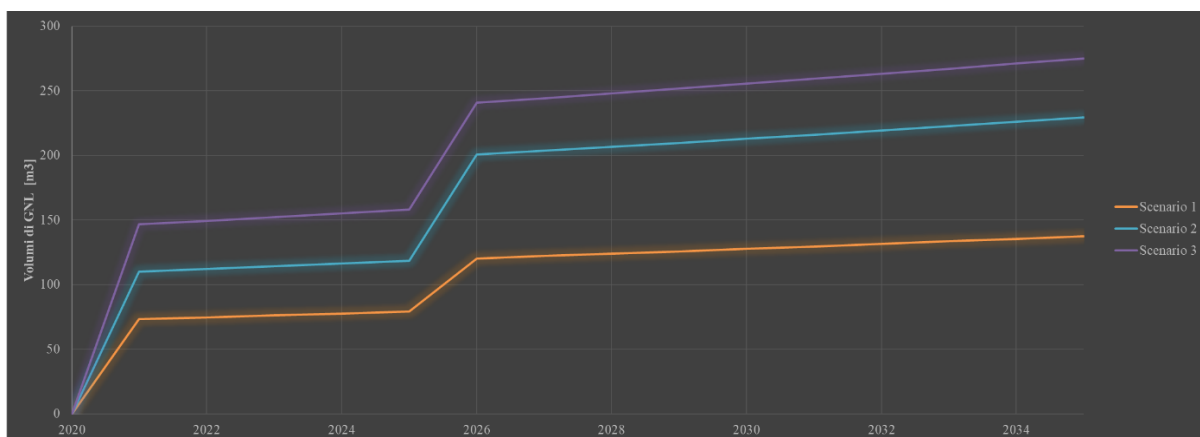


Figure 67 - Projection des volumes de GNL liés à la demande du port de Bastia: différents scénarios (années 2020-2035) (Source: notre élaboration)

Les tableaux suivants résument les données estimées sur la demande portuaire de GNL, pour la période considérée (2020-2030), pour chaque port analysé, en référence à chaque scénario envisagé.

Somme des volumes attendus (m³) Étiquettes des colonnes

Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total général
Bastia	-	109,97	112,06	114,19	116,36	118,57	200,58	203,59	206,64	209,74	212,89	1.604,59
Cagliari	-	2.645,71	2.645,71	2.645,71	2.645,71	2.645,71	6.358,53	6.549,28	6.745,76	6.948,13	7.156,58	46.986,83
Gênes	-	3.414,94	3.466,17	3.518,16	3.570,93	3.624,49	7.466,46	7.690,45	7.921,17	8.158,80	8.403,57	57.235,14
Livourne	-	3.050,17	3.123,38	3.198,34	3.275,10	3.353,70	7.696,74	7.850,68	8.007,69	8.167,85	8.331,20	56.054,85
Nice	-	53,07	54,08	55,11	56,16	57,22	72,60	73,69	74,80	75,92	77,06	649,70
Oristano	-	203,03	206,88	210,81	214,82	218,90	315,65	325,12	334,88	344,92	355,27	2.730,29
Porto ferraio	-	274,42	281,01	287,75	294,66	301,73	384,71	392,40	400,25	408,25	416,42	3.441,60
Toulon	-	398,69	409,85	421,33	433,13	445,25	567,70	579,05	590,63	602,45	614,49	5.062,57
Total général	-	10.150,01	10.299,14	10.451,40	10.606,86	10.765,58	23.062,97	23.664,27	24.281,82	24.916,06	25.567,48	173.765,58

Tableau 77 - Distribution de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de base, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration).

Somme des volumes attendus (m³) Étiquettes des colonnes

Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total général
Bastia	-	73,31	74,71	76,13	77,57	79,05	120,35	122,15	123,99	125,85	127,73	1.000,83
Cagliari	-	1.763,81	1.763,81	1.763,81	1.763,81	1.763,81	5.450,17	5.613,67	5.782,08	5.955,54	6.134,21	37.754,70
Gênes	-	2.048,97	2.079,70	2.110,90	2.142,56	2.174,70	5.973,17	6.152,36	6.336,93	6.527,04	6.722,85	42.269,17
Livourne	-	1.525,09	1.561,69	1.599,17	1.637,55	1.676,85	5.986,36	6.106,08	6.228,21	6.352,77	6.479,82	39.153,58
Nice	-	26,54	27,04	27,55	28,08	28,61	43,56	44,21	44,88	45,55	46,23	362,26
Oristano	-	121,82	124,13	126,49	128,89	131,34	180,37	185,79	191,36	197,10	203,01	1.590,29
Porto ferraio	-	137,21	140,50	143,88	147,33	150,87	230,82	235,44	240,15	244,95	249,85	1.921,00
Toulon	-	199,34	204,93	210,66	216,56	222,63	340,62	347,43	354,38	361,47	368,70	2.826,72
Total général	-	5.896,08	5.976,50	6.058,58	6.142,35	6.227,84	18.325,41	18.807,14	19.301,97	19.810,27	20.332,41	126.878,56

Tableau 78 - Distribution de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de croissance faible, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration)

Somme des volumes attendus (m³) Étiquettes des colonnes

Étiquettes de rangée	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total général
Bastia	-	146,63	149,41	152,25	155,14	158,09	240,70	244,31	247,97	251,69	255,47	2.001,66
Cagliari	-	3.527,61	3.527,61	3.527,61	3.527,61	3.527,61	7.266,89	7.484,89	7.709,44	7.940,72	8.178,95	56.218,96
Gênes	-	4.780,92	4.852,63	4.925,42	4.999,30	5.074,29	8.959,75	9.228,54	9.505,40	9.790,56	10.084,28	72.201,11
Livourne	-	4.575,26	4.685,07	4.797,51	4.912,65	5.030,55	9.407,13	9.595,27	9.787,18	9.982,92	10.182,58	72.956,12
Nice	-	66,34	67,60	68,89	70,19	71,53	87,12	88,43	89,75	91,10	92,47	793,42
Oristano	-	243,63	248,26	252,98	257,78	262,68	405,84	418,02	430,56	443,47	456,78	3.419,99
Porto ferraio	-	343,03	351,26	359,69	368,32	377,16	461,65	470,88	480,30	489,90	499,70	4.201,90
Toulon	-	498,36	512,32	526,66	541,41	556,57	681,24	694,86	708,76	722,93	737,39	6.180,50
Total général	-	14.181,78	14.394,16	14.611,01	14.832,42	15.058,49	27.510,31	28.225,21	28.959,36	29.713,31	30.487,61	217.973,67

Tableau 79 - Répartition de la demande portuaire dans les différents ports cibles du projet SIGNAL: scénario de forte croissance, années 2020-203, données en m³ (Source: notre élaboration)

3.3.1 Enquête sur l'application des bonnes pratiques dans les ports

Afin d'identifier les bonnes pratiques à adopter dans la zone portuaire, une matrice a été créée et soumise aux différents partenaires du projet dans laquelle insérer les différentes activités réalisées ou prévues qui peuvent être identifiées comme des bonnes pratiques portuaires.

En analysant les données pour les différents ports, il a été possible de créer une vue d'ensemble des bonnes pratiques déjà mises en œuvre par les ports, et de celles qu'il est souhaitable de mettre en œuvre dans un avenir proche.

Les bonnes pratiques déjà adoptées par les ports interrogés sont rapportées ci-dessous.

3.3.1.1 Analyse des types de combustibles actuellement présents et utilisés dans les ports.
 Cette première bonne pratique appartient à la catégorie "État actuel des ports" et consiste à collecter un maximum de données sur les types de combustibles présents dans ou autour du port et leur utilisation. Plus précisément, cette bonne pratique implique:

- dresser une liste de tous les carburants présents et/ou stockés dans le port ou dans les zones voisines pour l'approvisionnement des navires et des véhicules à quai (essence, diesel, carburant marin, GNL, hydrogène, biocarburants, etc;)
- quantifier le carburant requis au cours d'une période de référence spécifique par tous les véhicules terrestres opérant dans les ports;
- dresser une liste de tous les combustibles utilisés par les navires entrant dans les ports (aussi bien ceux qui sont disponibles dans le port que ceux qui ne le sont pas).

Cette première bonne pratique a été généralement appliquée par tous les ports interrogés, qui ont montré qu'ils avaient déjà réalisé toutes les activités nécessaires pour recenser les sites de stockage dans leurs zones, les types et les quantités de combustibles stockés et les types de combustibles consommés dans les ports. Cette bonne pratique joue un rôle très important car elle fournit des informations importantes sur la présence et la demande actuelles de carburants dans les ports interrogés, mais aussi des informations utiles pour quantifier la demande éventuelle de carburants alternatifs tels que le GNL ou le biodiesel dans les ports eux-mêmes.

3.3.1.2 Analyse des émissions polluantes et des systèmes de surveillance

Cette bonne pratique appartient également à la catégorie "État actuel des ports". Il consiste à mettre en place un système de surveillance de la qualité de l'air et des eaux côtières dans les ports. Tous les ports interrogés ont mis en œuvre, ou prévu de mettre en œuvre, des campagnes de surveillance de la qualité de l'air dans leurs ports. Cette activité consiste notamment à quantifier les concentrations dans l'air des principaux gaz polluants tels que:

CO₂, NO_x, SO_x, PM₁₀ et PM_{2.5}. La surveillance de la qualité de l'air et de l'eau dans les ports est un excellent outil pour garantir le respect des réglementations: la présence de grandes quantités d'oxydes de soufre dans l'air peut indiquer l'utilisation de combustibles non conformes aux réglementations. Dans la plupart des ports, des campagnes de surveillance ont été lancées mais elles sont saisonnières; il est conseillé d'installer un réseau permanent de capteurs environnementaux répartis dans toute la zone portuaire afin d'obtenir une surveillance continue. En ce qui concerne le contrôle de l'eau, seuls deux des ports interrogés avaient mené des campagnes de contrôle; tous les ports devraient mener des campagnes de contrôle de la qualité de l'eau portuaire.

3.3.1.3 *Approvisionnement et chaîne d'approvisionnement*

Comme les précédentes, cette bonne pratique appartient à la catégorie "État actuel des ports". Sa mise en œuvre implique la collecte d'informations relatives aux combustibles actuellement présents dans les ports, telles que:

- les fréquences des livraisons de carburant dans les ports;
- les origines des différents combustibles arrivant dans les ports;
- le mode de transport par lequel les différents combustibles arrivent dans les ports (par bateau, train, camions-citernes, etc.);
- les quantités totales de combustibles requises par les ports sur une période définie.

La plupart des ports interrogés ont déjà largement appliqué cette bonne pratique.

3.3.1.4 *Plates-formes électrifiées*

Cette bonne pratique appartient à la catégorie "Systèmes alternatifs pour la réduction des oxydes de soufre". Les quais électrifiés, ou *repassage à froid*, impliquent un système situé dans le quai et connecté au réseau électrique national, capable de fournir de l'électricité à moyenne tension aux navires amarrés sur les quais.

Les quais électrifiés sont présents dans tous les ports interrogés et permettent de réduire considérablement les polluants atmosphériques produits dans les ports. Leur utilisation permet d'alimenter les systèmes électriques à bord des navires avec de l'électricité produite à terre, sans avoir recours à des générateurs à bord. Cela permet de réduire non seulement les émissions d'oxyde de soufre, mais aussi tous les autres polluants atmosphériques normalement émis lors de la combustion des combustibles marins utilisés par les générateurs à bord des navires.

Cependant, même s'ils sont présents, les quais électrifiés sont peu utilisés car ils ne sont pas économiquement avantageux: en Italie, il est actuellement plus coûteux d'acheter 1

KWh au réseau national que de le produire à bord en utilisant des combustibles traditionnels.

C'est pourquoi les bonnes pratiques, en plus d'encourager la diffusion des quais électrifiés, doivent également encourager leur utilisation.

3.3.1.5 *Enquête sur l'état actuel des carburants de substitution*

Cette bonne pratique appartient à la catégorie "Chaîne d'approvisionnement en carburants alternatifs" et consiste à réaliser une enquête approfondie sur la présence et l'utilisation de carburants alternatifs dans les ports. En particulier, l'application de cette bonne pratique devrait inclure:

- dresser une liste de tous les carburants alternatifs présents et/ou stockés dans le port ou dans les zones voisines pour l'approvisionnement des navires et des véhicules à quai (GNL, biogaz, hydrogène, biodiesel, etc...);
- réaliser des études de marché pour quantifier le prix d'achat et de vente des carburants de substitution;
- Évaluer le nombre d'approvisionnements en carburants alternatifs qui doivent être faits sur une période définie pour répondre à la demande, et évaluer comment cela peut varier dans le temps;
- Identifier un pool de producteurs auprès desquels les carburants de substitution peuvent être achetés;
- étudier les meilleurs moyens de fournir des carburants alternatifs d'un point de vue économique et de la sécurité.

L'objectif de cette bonne pratique est donc de collecter le plus d'informations possible sur les carburants alternatifs présents dans les ports et sur le marché et de mieux planifier leur utilisation et leur diffusion dans les ports.

3.3.1.6 *Fourniture de carburants de substitution*

De plus, cette bonne pratique appartient à la catégorie "Chaîne des carburants alternatifs" et n'est pas encore répandue dans les ports interrogés qui utilisent essentiellement des carburants traditionnels. La pratique la plus appliquée dans les ports interrogés consiste à réaliser une analyse des marchés potentiels liés aux carburants alternatifs tels que le GNL, l'hydrogène et les biocarburants.

Plus précisément, la pratique implique:

- l'identification des fournisseurs de carburants alternatifs et des consommateurs potentiels de ces derniers dans les ports;

- faciliter le développement du marché des carburants de substitution dans les ports, en assurant l'approvisionnement et en créant un marché libre;
- évaluation des prix probables des carburants de substitution dans les ports;
- les fréquences d'approvisionnement nécessaires pour assurer la disponibilité des carburants de substitution dans les ports;
- la possibilité d'installer des installations de production de carburants de substitution dans les ports, comme des usines de liquéfaction du gaz naturel ou des bioraffineries.

L'objectif de cette pratique est donc d'encourager la diffusion des carburants alternatifs dans les ports, en intervenant sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement: de l'identification et de la quantification de l'offre et de la demande, à la possibilité de construire des usines de production de carburants alternatifs dans les ports eux-mêmes.

3.3.1.7 Prévention des risques

Cette bonne pratique appartient à la catégorie "Sécurité" et se concentre sur la détermination et la prévention des risques découlant de l'utilisation de carburants alternatifs dans les ports et à proximité. Cette pratique est nécessaire pour l'identification des sites de stockage de carburants alternatifs, leur transport et leur ravitaillement. Elle prévoit notamment:

- Une description des mesures de sécurité qui doivent être prises pour éviter que l'utilisation de combustibles de substitution ne crée des dangers ou des dommages pour les civils ou les bâtiments civils à l'intérieur ou à proximité des zones portuaires;
- Une description des mesures de sécurité qui doivent être prises pour prévenir les risques ou les dommages au personnel et/ou aux installations qui interagissent avec les carburants de substitution.

Cette bonne pratique vise donc à étudier toutes les solutions pour éviter l'apparition de situations dangereuses pour les personnes, les objets ou l'environnement liées à l'utilisation de carburants alternatifs tant dans les zones portuaires que dans les zones environnantes. En outre, elle doit mettre en place des plans d'urgence et d'intervention en cas d'accidents liés aux carburants alternatifs.

3.3.1.8 Incitation

Cette bonne pratique appartient à la catégorie "Politiques en matière de carburants de substitution". Son objectif principal est la recherche, l'étude et le développement de solutions visant à favoriser la diffusion de carburants alternatifs dans les ports. En particulier, cette bonne pratique devrait inclure:

- La recherche d'incitations locales, nationales et/ou internationales disponibles;

- Promouvoir et favoriser les synergies avec les producteurs locaux de carburants alternatifs (micro-usines de liquéfaction de GNL, usines de production de biogaz, bioraffineries, etc.)

Ces bonnes pratiques peuvent favoriser l'émergence et le développement de nouveaux marchés de carburants alternatifs, tant au niveau local qu'international. Cette bonne pratique n'a encore été appliquée par presque aucun des ports interrogés en raison de l'utilisation limitée des carburants alternatifs dans les ports interrogés.

3.3.1.9 *Prise de conscience de l'avantage économique par rapport aux combustibles traditionnels*

Cette bonne pratique appartient également à la catégorie "Politiques en matière de carburants de substitution". Elle comprend toutes les activités liées à la commercialisation des carburants de substitution, à l'information des consommateurs finaux sur leur utilisation et à la sensibilisation du public. En particulier, cette bonne pratique comprend :

- La réalisation d'études de marché pour quantifier les prix d'achat des carburants alternatifs sur les marchés nationaux et internationaux, et les prix de vente respectifs dans les ports afin d'être compétitifs par rapport aux carburants traditionnels;
- Reconnaissance des marchés de carburants alternatifs présents aujourd'hui et de ceux qui pourraient se développer à l'avenir;
- Informer et sensibiliser les utilisateurs finaux, tels que les armateurs, les exploitants de terminaux et les opérateurs portuaires, sur la possibilité d'utiliser des carburants alternatifs et sur les avantages et bénéfices qu'ils peuvent en tirer;
- Sensibiliser à l'utilisation des carburants alternatifs, en expliquant à quoi ils servent, comment ils peuvent être utilisés et les avantages et inconvénients de leur utilisation.

Cette bonne pratique a déjà été partiellement appliquée par tous les ports interrogés. En particulier, les différents ports prennent des mesures pour promouvoir l'utilisation du GNL comme carburant alternatif pour le transport maritime.

3.3.1.10 *Systèmes embarqués*

En conclusion, cette bonne pratique appartient à la catégorie "Systèmes alternatifs de réduction des oxydes de soufre". Cela comprend toutes les activités qui impliquent l'installation d'équipements à bord des navires permettant d'obtenir les mêmes réductions des émissions d'oxyde de soufre que celles qui seraient obtenues en utilisant des combustibles à faible teneur en soufre. La bonne pratique consiste à recueillir des informations sur les technologies déjà disponibles sur le marché ou en cours de développement. Actuellement, la technologie la plus prometteuse est l'installation d'épurateurs embarqués qui filtrent les gaz d'échappement des navires et les empêchent de rejeter des oxydes de soufre dans l'atmosphère.

3.3.2 Résultats de l'enquête: les ports comme sites de bonnes pratiques

Ce chapitre décrit l'analyse de quel port, parmi ceux présents dans le projet SIGNAL, doit être considéré comme un lieu de "bonnes pratiques" dans la zone de coopération, selon les lignes directrices identifiées dans la Directive 2012/33/EU.

Pour réaliser cette analyse, les éléments présents dans la matrice soumise aux ports ont été évalués afin d'associer une valeur pondérée différente aux éléments qui génèrent un avantage tangible pour un port (score maximum) par rapport aux autres éléments ayant un caractère purement informatif (score minimum).

Les réponses fournies par les partenaires ont été jugées en fonction de leur complétude (complète, partielle, absente) et ensuite rapportées au poids de chaque question. Ensuite, pour chaque question, le poids de la question et l'exhaustivité de la réponse donnée ont été mis en relation pour obtenir la valeur pondérée correcte.

En conclusion, la somme de toutes les réponses données par rapport au total disponible (c'est-à-dire en pourcentage) rend explicite la mesure dans laquelle un port peut se prévaloir de la définition de "lieu de bonne pratique".

En résumé, on peut constater que le Port de Toulon (VAR) réalise un grand nombre des activités prévues par la Directive 2013/33/UE. Par exemple, en ce qui concerne la première catégorie, "État actuel des portune position avancée par rapport aux autres avec 69% des points disponibles, grâce à la présence d'une chaîne d'approvisionnement structurée et régulière. Pour cette macro-catégorie, le port de Livourne a également une note de 69% grâce au contrôle des émissions polluantes, comme le montre un document récent produit par l'AdSP du Nord de la mer Tyrrhénienne qui quantifie l'empreinte carbone du système portuaire.

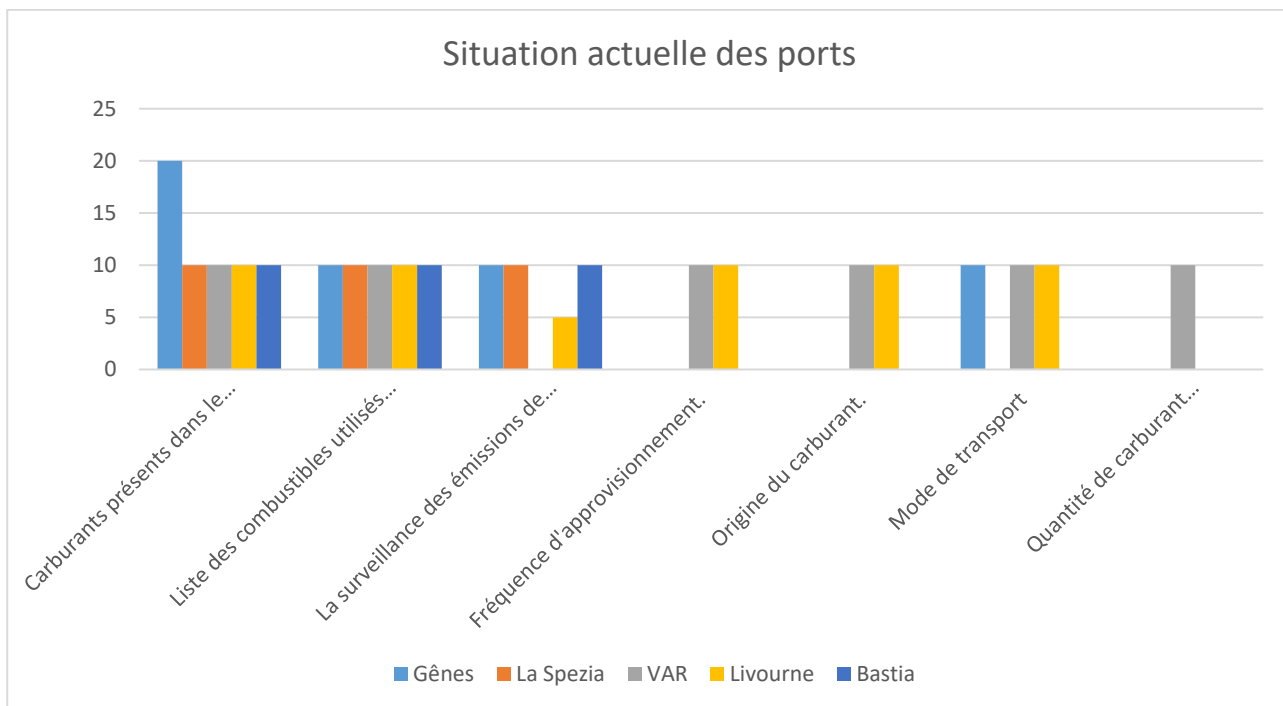


Figure 68 - État actuel des ports

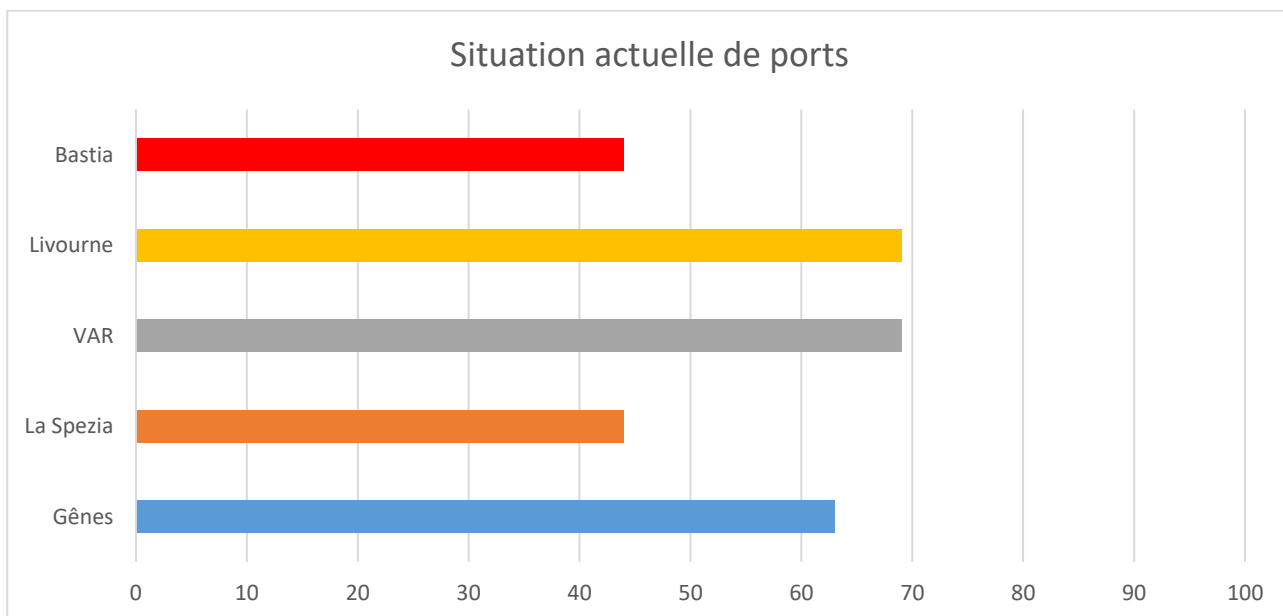


Figure 69 - État actuel des ports

Pour la deuxième catégorie, "chaîne des carburants alternatifs", qui comprend toutes les activités liées à l'approvisionnement, au transport, à la distribution et à l'utilisation de carburants alternatifs, tels que le GNL, pour les activités de transport maritime, le port de

Toulon obtient un score de 35, soit 54% du score maximum. Cette valeur est très élevée, surtout si on la compare aux scores très bas des autres ports inclus dans cette analyse. En fait, il n'y a actuellement aucune arrivée de carburants alternatifs verts dans les ports de Livourne, Bastia et La Spezia (ce qui entraîne un score de 0) tandis que dans le port de Gênes, seules quelques évaluations ont été effectuées sur les prix de vente probables dans les zones portuaires des carburants alternatifs et la production éventuelle de carburants *verts* dans le port.

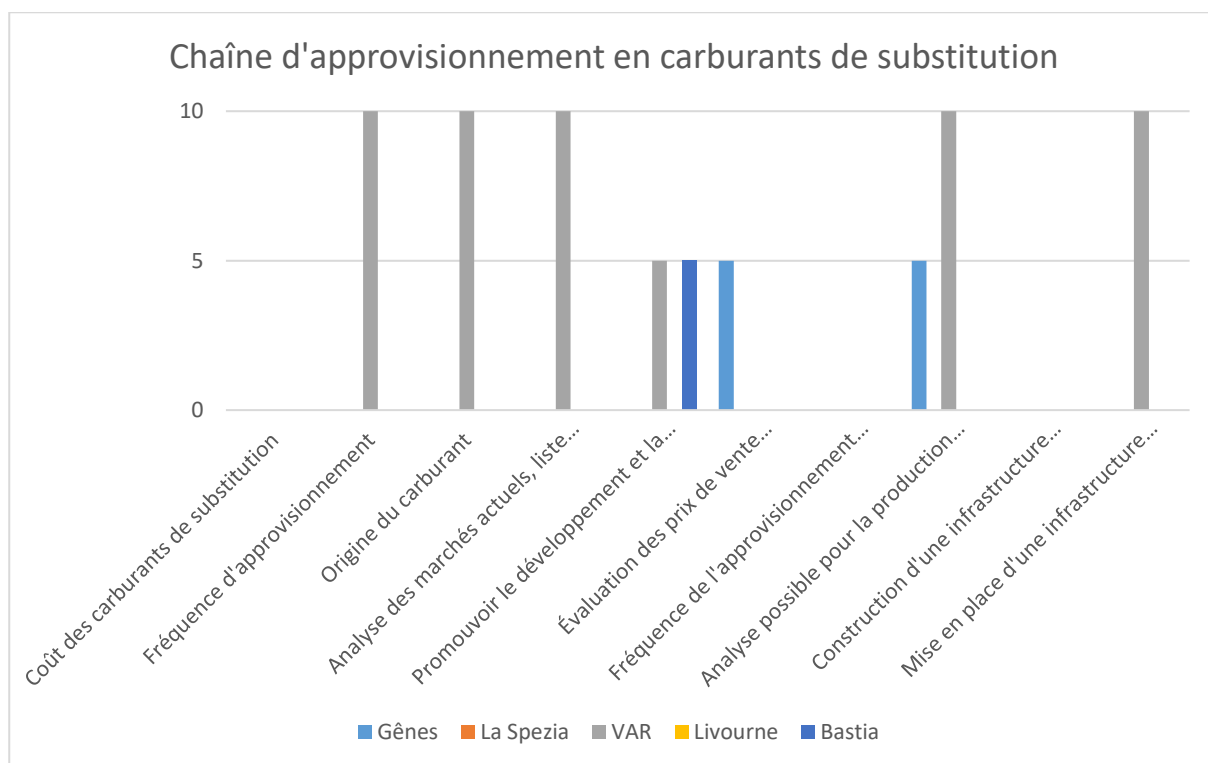


Figure 70 - Chaîne d'approvisionnement en carburants de substitution

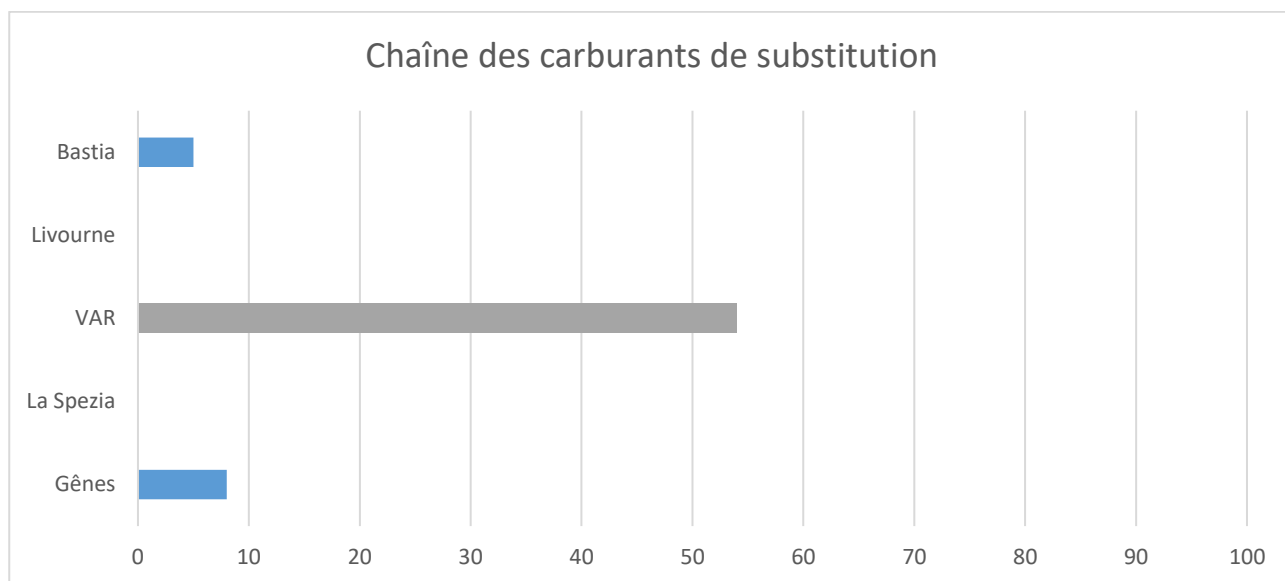


Figure 71 - Chaîne des carburants de substitution

La troisième catégorie relative aux aspects "sécurité" dans les ports comprend toutes les bonnes pratiques liées à la sécurité de l'approvisionnement, du stockage, du transport et du ravitaillement en carburants de substitution dans les ports. Cette catégorie contient toutes les bonnes pratiques visant à assurer la sécurité et la sûreté des civils et du personnel présents dans les ports et/ou les zones environnantes contre les accidents liés à l'utilisation de carburants alternatifs. Cet élément, qui est très important car il évalue un aspect essentiel pour les travailleurs et les citoyens, est celui qui présente les scores les plus bas dans tous les ports. Le VAR, qui est pourtant le port le plus avancé également sur ce dernier point, atteint une note de 19% en abordant, même si c'est sous une forme partielle, les évaluations des risques pour la communauté (civils et installations) et pour le port (personnel d'exploitation et installations). Deux points essentiels à la définition des aspects de sécurité portuaire, opérationnelle, communautaire et autres, tels que "Analyse des systèmes de sécurité et de sûreté des différents types d'installations de stockage (à terre, en mer) et de la réglementation en vigueur" et "Plan d'urgence en cas de panne ou de dysfonctionnement de l'installation de stockage" ont été totalement omis par tous les ports.

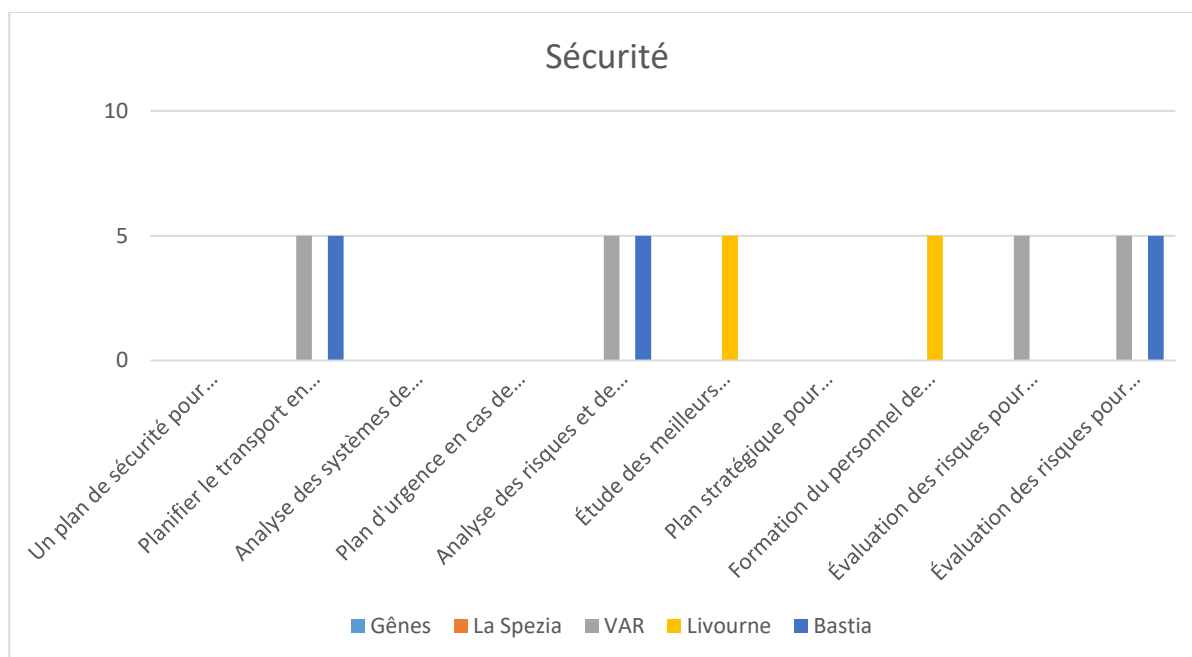


Figure 72 - Sécurité

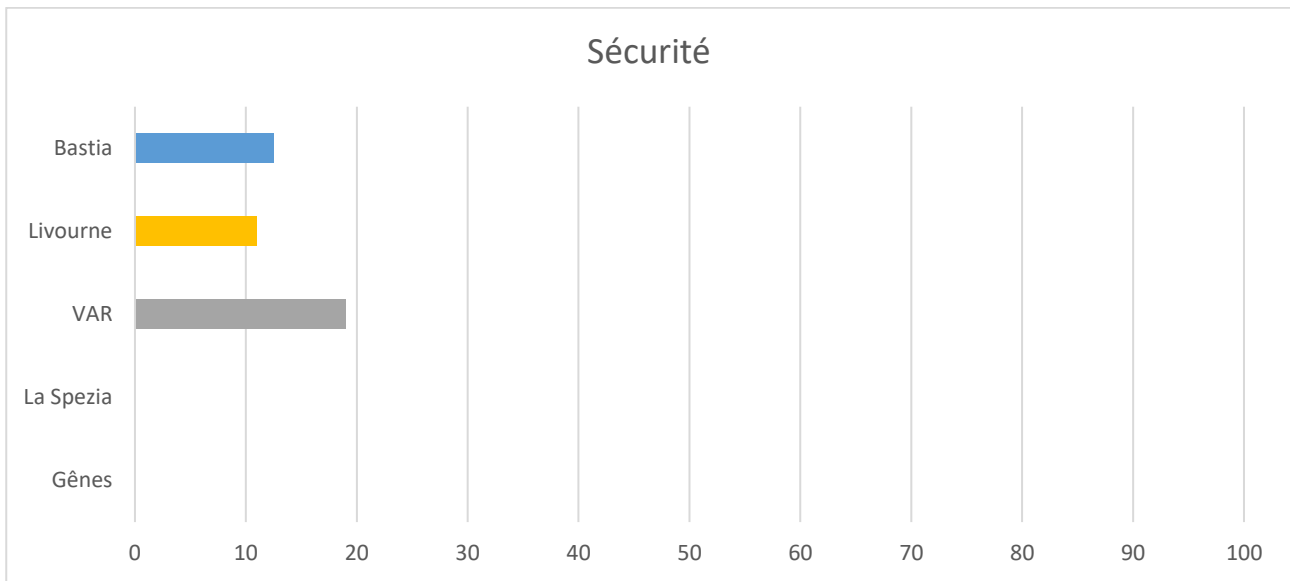


Figure 73 - Sécurité

La quatrième macro-catégorie concerne toutes les activités visant à favoriser et/ou à rendre avantageuse l'utilisation de carburants alternatifs par rapport aux carburants traditionnels, ce qui inclut l'encouragement de l'utilisation de carburants alternatifs dans les ports, la réalisation d'études de marché pour évaluer l'offre et la demande de carburants alternatifs. Dans ce cas également, le port de Toulon parvient à tirer son épingle du jeu avec une note de 81% (32,5 points sur les 40 disponibles), alors que les autres ports obtiennent des scores beaucoup plus faibles. Le point sur les "Enquêtes/estimations des prix et des avantages économiques par rapport aux carburants traditionnels" n'a été réalisé par aucun port mais il ne s'agit pas d'un point névralgique par rapport à d'autres présents dans la catégorie, comme ceux sur les sanctions ou sur la sensibilisation des utilisateurs finaux à l'utilisation (et donc aux avantages économiques et environnementaux) des carburants alternatifs.

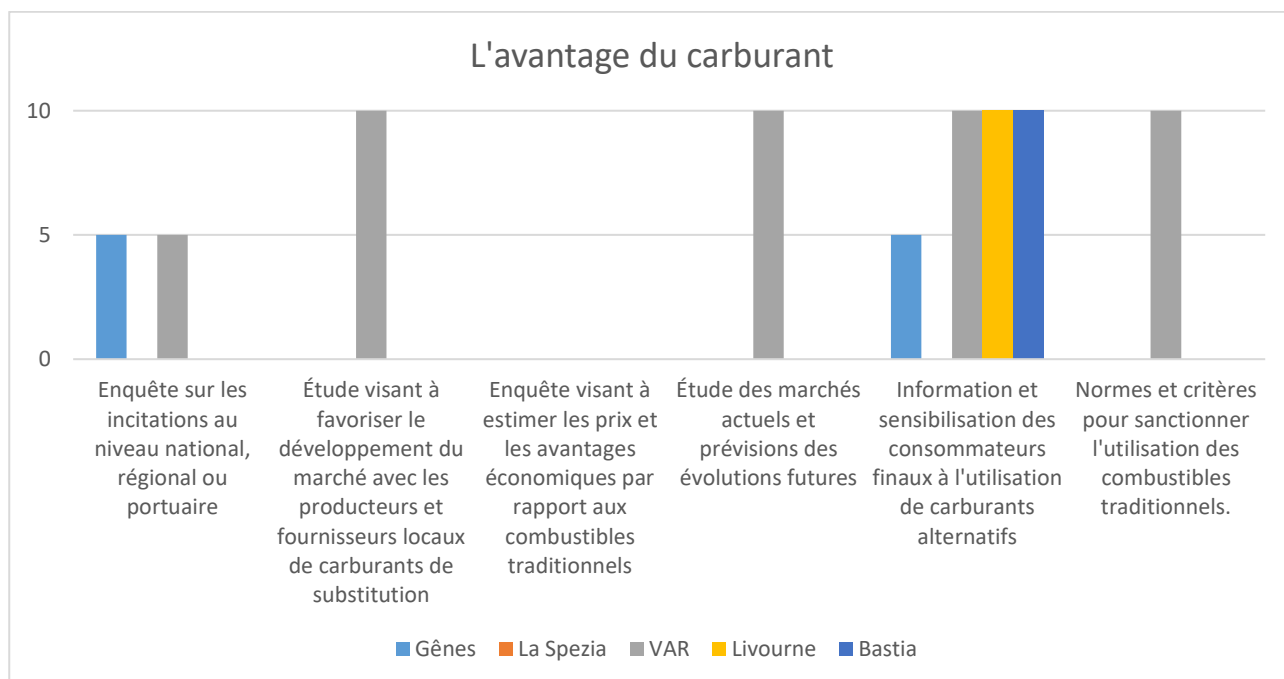


Figure 74 – L'avantage du carburant

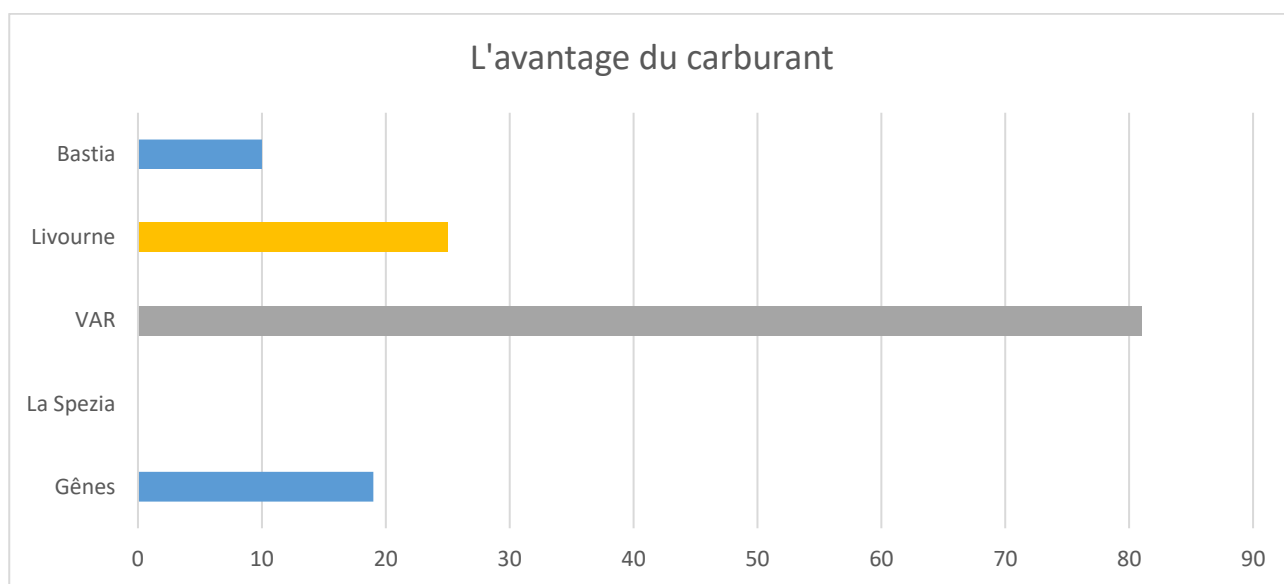


Figure 75 - L'avantage du carburant

La dernière macro-catégorie relative aux systèmes alternatifs de réduction des SOx est très importante, même si elle ne comprend que 3 éléments. Il s'agit de toutes les activités qui visent à réduire les émissions polluantes dans les ports sans utiliser de combustibles à faible impact sur l'environnement, tant par l'utilisation d'outils à bord du navire, tels que les épurateurs, que par des outils sur le quai, tels que les quais électrifiés (repassage à froid).

Ce point est très important car il vise à démontrer les activités réelles qui apportent des avantages environnementaux objectifs déjà entrepris par les ports.

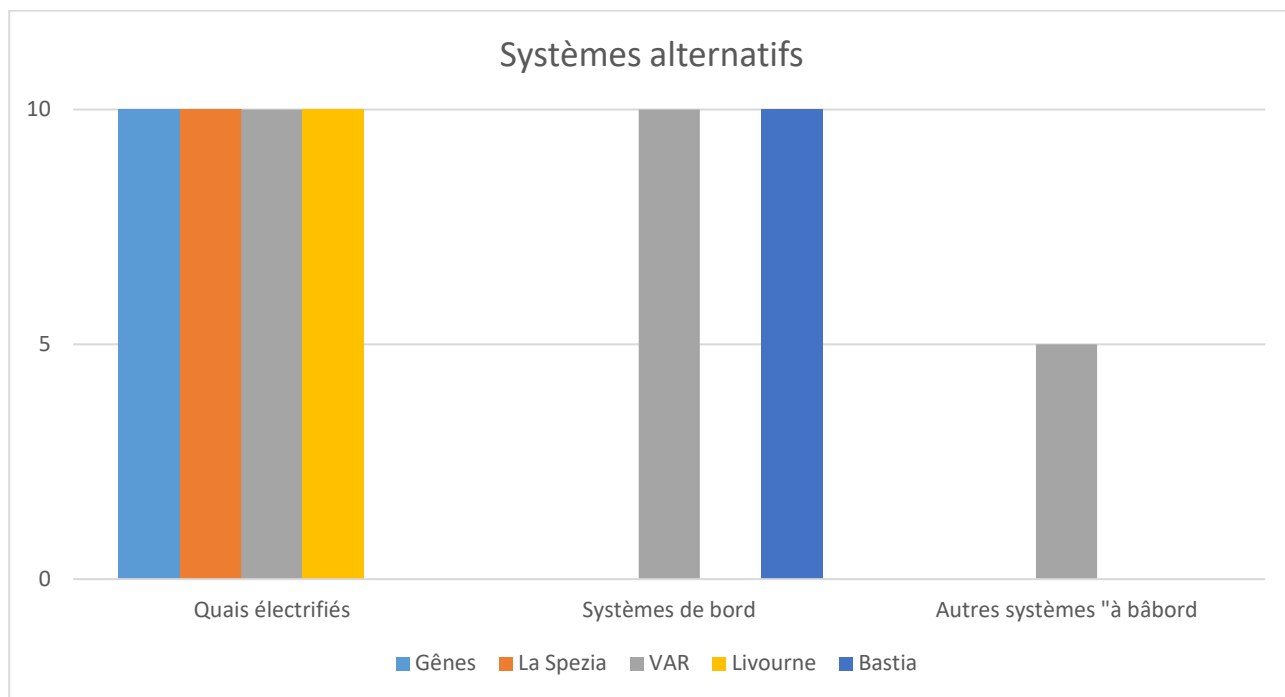


Figure 76 - Systèmes alternatifs

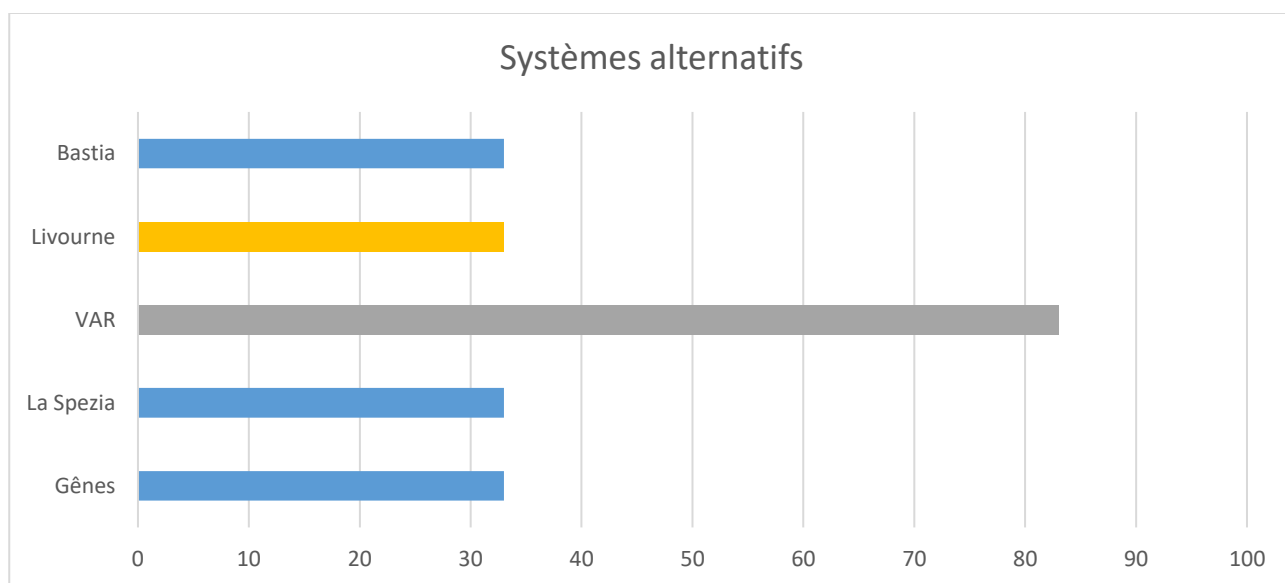


Figure 77 - Systèmes alternatifs

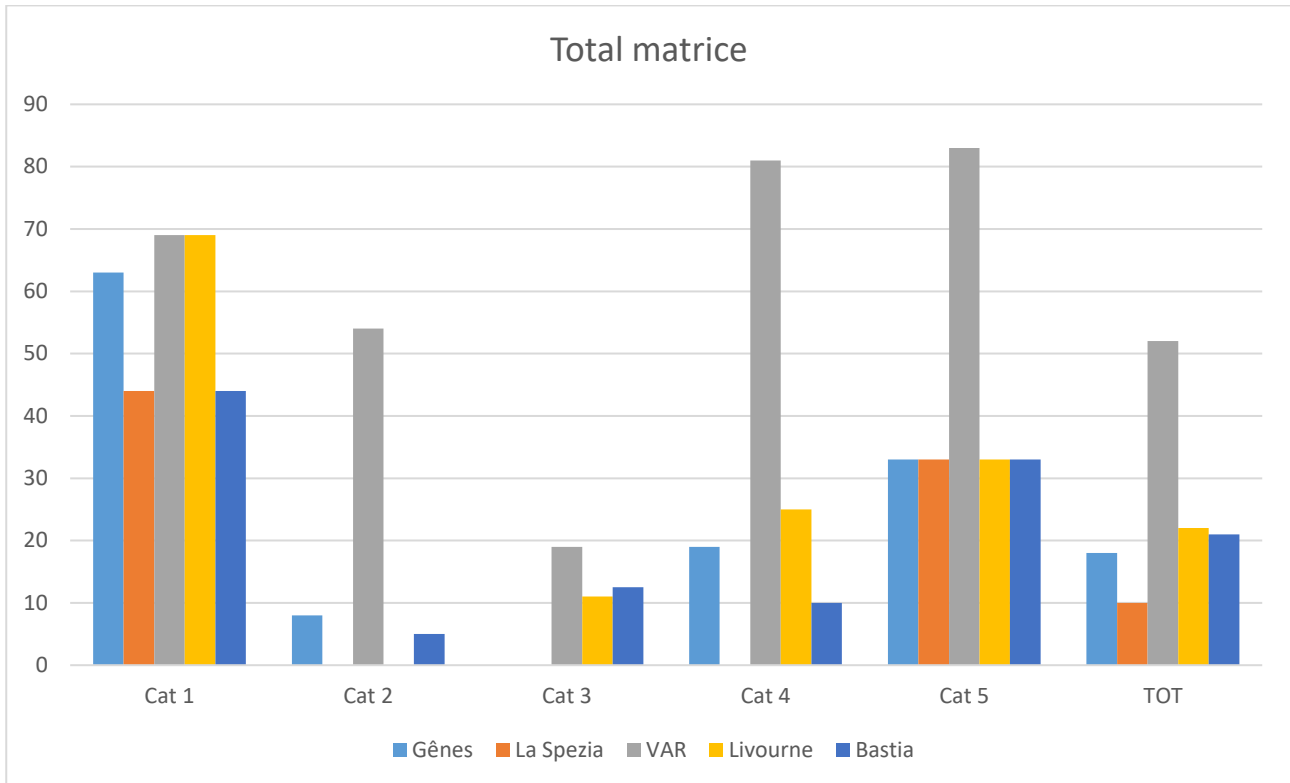


Figure 78 - Résultats totaux

Suite à cette évaluation des bonnes pratiques dans les ports, il est possible de souligner certains points, qui peuvent être résumés dans le tableau suivant.

CATÉGORIE	OBJECTIF	TOTAL DE LA COTE	NOTES
Statut actuel des ports	Liste des combustibles utilisés par les navires entrant dans le port.	100	Utile mais a peu de valeur environnementale.
Systèmes alternatifs pour la réduction des émissions de soufre (art. 4d)	Expériences actuelles: source d'énergie, valeurs de réduction du soufre, autres données utiles	100	Point réalisé par chaque port, est une solution optimale, tant du point de vue environnemental, économique que de la mise en œuvre.

CATÉGORIE	OBJECTIF	TOTAL DE LA COTE	NOTES
Chaîne des carburants de substitution	Coût des carburants de substitution	0	Peu de valeur d'un point de vue environnemental.
Chaîne des carburants de substitution	Fréquence de l'approvisionnement en carburant et mode de transport	0	Peu de valeur d'un point de vue environnemental.
Chaîne des carburants de substitution	Création d'une infrastructure appropriée pour alimenter les sites de stockage	0	Il est important car il facilite le ravitaillement de l'infrastructure de stockage, du point de vue de la sécurité des travailleurs et des particuliers. En outre, la création d'une infrastructure de ravitaillement met en évidence l'utilisation de carburants alternatifs.
Sécurité	Un plan de sécurité pour assurer la continuité de l'approvisionnement en carburants de substitution	0	Peu d'intérêt d'un point de vue environnemental mais sert uniquement à assurer la continuité de l'utilisation du carburant alternatif.
Sécurité	Analyse des systèmes de sécurité et de protection des différents types d'installations de stockage (onshore, offshore) et de la réglementation en vigueur.	0	Important car un système de sécurité ou de surveillance des différentes installations est nécessaire pour éviter tout accident.
Sécurité	Plan d'urgence en cas de défaillance ou de dysfonctionnement de l'installation de stockage	0	Peu utile d'un point de vue environnemental, mais essentiel pour la sécurité des travailleurs et des citoyens.
Sécurité	Plan stratégique pour assurer la présence continue de carburants alternatifs au port.	0	Peu d'intérêt d'un point de vue environnemental mais sert uniquement à assurer la continuité de l'utilisation du carburant alternatif.
L'avantage du carburant	Enquête estimant les prix et les avantages économiques par rapport aux combustibles traditionnels	0	Peu de valeur d'un point de vue environnemental.

Tableau 80 - Bonnes pratiques

3.4 Cartographie de la demande de terres.

Comme indiqué dans la section 3 précédente, consacrée aux profils méthodologiques dans le cadre de ce produit T.1.3.2, l'estimation de la demande terrestre de GNL qui pourrait affecter les nœuds portuaires étudiés a été réalisée en considérant, en premier lieu, la présence de distributeurs de GNL sur le territoire qui seraient intéressés à être approvisionnés par les ports en question.

À cette fin, les stations-service existantes et celles en cours de planification et de conception ont été examinées en Italie et en France. Cela a permis d'identifier un total de 142 stations-service, dont 74 en Italie (46 opérationnelles et 28 en projet) et 68 en France.

Pour chacun d'entre eux, la distance routière en km depuis chacun des ports concernés par le projet SIGNAL a été calculée à l'aide d'un logiciel spécial. Les distributeurs situés à plus de 300 km de chacun des ports cibles ont été exclus de l'analyse ultérieure car cette distance de déplacement peut être considérée comme une limite pour la commodité économique par rapport à l'approvisionnement par voie terrestre du distributeur lui-même.

Pour les distributeurs situés à moins de 300 km d'au moins un des ports cibles, le distributeur a été affecté au port cible le plus proche. En application des règles de procédure précitées, les analyses effectuées ont conduit aux répartitions figurant au Tableau 81.

Porto	Distributeurs de GNL terrestres attribués sur la base de kilométrages minimums
Gênes	19
Livourne	27
Portoferraio	0
Cagliari	1
Oristano	0
Bastia	0
Toulon	6
Nice	1

Tableau 81 - Répartition des distributeurs terrestres de GNL par rapport aux nœuds portuaires cibles: année 2020 (Source: notre élaboration)

Il est évident que ce type d'imputation de la demande tend à désavantager considérablement les ports sardes et corses, étant donné qu'à ce jour le nombre de distributeurs opérationnels et prévus en Sardaigne (1) et en Corse (0) semble négligeable.

Par conséquent, alors que par rapport à l'état actuel de la demande (estimée à 2019 et 2020) les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus semblent raisonnables, en ce qui concerne l'estimation de la future demande terrestre de GNL (par rapport à la période 2021-2030), par rapport à la Corse et à la Sardaigne, il est inévitable de développer des hypothèses spécifiques à la base des modèles d'estimation de la demande. En particulier,

pour les ports de Cagliari et d'Oristano, on a supposé que, en raison de la diffusion de cette technologie pour la fourniture de véhicules au GNL, un nouveau distributeur terrestre de GNL sera ouvert tous les deux ans à proximité (dans un rayon de 300 km) des ports eux-mêmes. En particulier, la première ouverture concernant Oristano a été supposée en 2021 et Cagliari (étant le deuxième distributeur) a été supposée en 2022. À partir de ces dates, une nouvelle augmentation tous les deux ans a été prévue, comme le montre le Tableau 82. Cette augmentation du nombre de distributeurs apparaît crédible dans tous les scénarios (même un scénario de *faible croissance*). Pour les ports de Bastia et Portoferraio, en revanche, il a été supposé qu'une seule station-service ouvrira dans chaque port pendant toute la période considérée, en raison des zones de marché limitées que ces deux ports peuvent raisonnablement couvrir.

Scénario de base	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Livourne	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Porto Ferrario	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cagliari	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
Oristano	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Bastia	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Toulon	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Nice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau 82 - Répartition des distributeurs de GNL à terre par rapport aux nœuds portuaires cibles: période 2020-2030 (Source: notre élaboration)

Ensuite, les hypothèses suivantes ont été appliquées pour estimer la demande de GNL terrestre pertinente pour chaque port:

- Volumes de trafic liés à chaque point de vente: 1500 tonnes de GNL (cette valeur peut être déduite des estimations Assogasliquidi et REF-4 déjà utilisées pour 2020 en relation avec le produit T2.1.2 de TDI RETE-GNL;
- Facteur de conversion d'une tonne de GNL en m³ égal à 2,2 m³ par tonne de GNL;
- Identification de trois scénarios (scénario à faible croissance, scénario de base, scénario à forte croissance) en appliquant des taux de croissance spécifiques du marché comme indiqué dans le Tableau 83.

Il convient de noter que les taux de croissance utilisés sont prudents, même dans le scénario de croissance élevée, car les taux en question sont beaucoup plus faibles que les taux de croissance annuels moyens du marché italien et que les TCAC du même marché intérieur.

Enfin, en appliquant les estimations et les hypothèses mentionnées ci-dessus, nous avons procédé à l'estimation pour la période 2020-2030 de la demande terrestre de GNL pour chaque port cible dans le scénario de faible croissance (Tableau 84), dans le scénario de base (Tableau 85) et dans le scénario de forte croissance (Tableau 86).

Scénario de faible croissance	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Livourne		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Porto Ferraio		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Cagliari		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Oristano		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Bastia		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Toulon		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Nice		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Scénario de base	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Livourne		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Porto Ferraio		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Cagliari		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Oristano		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Bastia		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Toulon		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Nice		7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
Scénario de forte croissance	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Livourne		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Porto Ferraio		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Cagliari		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Oristano		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Bastia		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Toulon		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%
Nice		10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%

Tableau 83 - Taux de croissance annuels des volumes de GNL attribuables aux distributeurs terrestres de GNL (Source: notre élaboration)

Scénario de faible croissance	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes	62.700	65.835	69.127	72.583	76.212	80.023	82.424	84.896	87.443	90.066	92.768
Livourne	89.100	93.555	98.233	103.144	108.302	113.717	117.128	120.642	124.261	127.989	131.829
Porto Ferraio	0	0	3.300	3.465	3.638	3.820	3.935	4.053	4.174	4.300	4.429
Cagliari	3.300	3.465	6.938	7.285	10.949	11.497	15.142	15.596	19.364	19.945	23.843
Oristano	0	3.300	3.465	6.938	7.285	10.949	11.278	14.916	15.364	19.125	19.698
Bastia	0	0	3.300	3.465	3.638	3.820	3.935	4.053	4.174	4.300	4.429
Toulon	19.800	20.790	21.830	22.921	24.067	25.270	26.028	26.809	27.614	28.442	29.295
Nice	3.300	3.465	3.638	3.820	4.011	4.212	4.338	4.468	4.602	4.740	4.883

Tableau 84 - Demande de GNL à terre pour les ports cibles sur la période 2020-2030: scénario de faible croissance (données en m³).

Scénario de base	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes	62.700	67.403	72.458	77.892	83.734	90.014	94.515	99.240	104.202	109.413	114.883
Livourne	89.100	95.783	102.966	110.689	118.990	127.915	134.310	141.026	148.077	155.481	163.255
Porto Ferraio	0	0	3.300	3.548	3.814	4.100	4.305	4.520	4.746	4.983	5.232
Cagliari	3.300	3.548	7.114	7.647	11.521	12.385	16.304	17.119	21.275	22.339	26.756
Oristano	0	3.300	3.548	7.114	7.647	11.521	12.097	16.001	16.802	20.942	21.989
Bastia	0	0	3.300	3.548	3.814	4.100	4.305	4.520	4.746	4.983	5.232
Toulon	19.800	21.285	22.881	24.597	26.442	28.425	29.847	31.339	32.906	34.551	36.279
Nice	3.300	3.548	3.814	4.100	4.407	4.738	4.974	5.223	5.484	5.759	6.046

Tableau 85 - Demande de GNL à terre pour les ports cibles dans la période 2020-2030: scénario de base (données en m³) (Source: notre élaboration)

Scénario de forte croissance	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gênes	62.700	68.970	75.867	83.454	91.799	100.979	108.552	116.694	125.446	134.854	144.968
Livourne	89.100	98.010	107.811	118.592	130.451	143.496	154.259	165.828	178.265	191.635	206.008
Porto Ferraio	0	0	3.300	3.630	3.993	4.392	4.722	5.076	5.457	5.866	6.306
Cagliari	3.300	3.630	7.293	8.022	12.125	13.337	17.637	18.960	23.682	25.458	30.668
Oristano	0	3.300	3.630	7.293	8.022	12.125	13.034	17.311	18.610	23.305	25.053
Bastia	0	0	3.300	3.630	3.993	4.392	4.722	5.076	5.457	5.866	6.306
Toulon	19.800	21.780	23.958	26.354	28.989	31.888	34.280	36.851	39.614	42.586	45.779
Nice	3.300	3.630	3.993	4.392	4.832	5.315	5.713	6.142	6.602	7.098	7.630

Tableau 86 - Demande de GNL terrestre pour les ports cibles sur la période 2020-2030: scénario de forte croissance (données en m³) (Source: notre élaboration)

4 Analyse de l'offre actuelle et autorisée dans le contexte territorial de référence

Ce chapitre fournit une analyse des terminaux GNL, des dépôts et des services à petite échelle présents et/ou autorisés dans la zone étudiée.

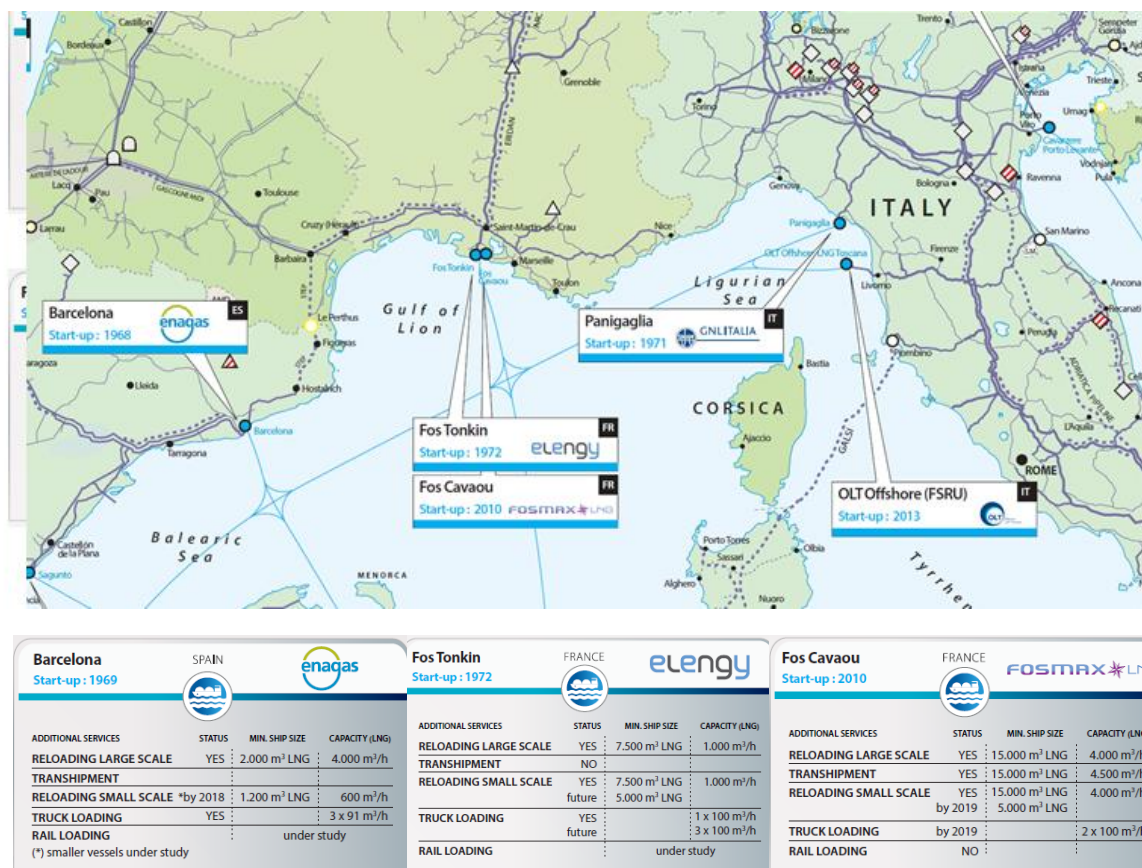


Figure 79 - Contexte de référence pour la fourniture de services GNL à petite échelle dans la zone Tyrrhénienne-Ligure (Source: GIE Europe)

4.1 Procédures de collecte et de traitement des données

Afin de réaliser la cartographie des systèmes de fourniture de services de bunkering et de stockage de GNL existants à ce jour et ceux prévus dans la zone du programme, des données ponctuelles ont été collectées à travers deux méthodes de recherche spécifiques:

- "Recherche en ligne" ;
- "Recherche sur le terrain".

En relation avec chacune des deux méthodologies, les profils suivants seront détaillés:

- Délimitation du champ d'étude et définition de l'échantillon;
- Procédures de collecte et de traitement des données;
- Données et informations examinées.

4.1.1 Activités de type "recherche en ligne".

4.1.1.1 Délimitation du champ d'investigation

La recherche *en ligne* pour la cartographie des systèmes de fourniture de services de bunkering et de stockage de GNL dans les ports de la zone de l'objectif a consisté en la mise en œuvre d'une série d'activités pour la recherche, l'évaluation et la réélaboration des informations acquises par la consultation de sites web, d'articles de journaux en ligne, de documents officiels, comme rappelé ci-après.

Cette activité de recherche a été menée en relation avec trois agrégats spatiaux différents avec des objectifs spécifiques:

- Infrastructures et solutions existantes ou prévues pour le soutage et le stockage du GNL dans les ports situés dans la zone d'objectif du projet;
- Infrastructures et solutions existantes ou prévues pour le soutage et le stockage du GNL dans les ports italiens et français situés en dehors de la zone;
- Infrastructures et solutions de soutage et de stockage de GNL existantes dans certains des principaux ports appartenant à divers pays méditerranéens.
- Les infrastructures mentionnées au point 2 sont utiles pour effectuer des comparaisons entre les solutions technologiques envisagées et celles déjà adoptées en Italie et en France, en dehors du périmètre de la zone d'objectif, afin d'assurer une cohérence maximale avec les stratégies nationales par rapport à l'ensemble de la *chaîne d'approvisionnement en GNL*.

Les infrastructures mentionnées au point 3 ont été contrôlées pour deux raisons. Premièrement, afin de disposer d'études de cas et de repères utiles pour identifier les *meilleures pratiques* dans la région méditerranéenne. D'autre part, compte tenu du fait que le choix de la localisation et du dimensionnement des installations de soutage et de stockage du GNL dans la zone maritime-portuaire de la zone objectif est indissociable de l'évaluation de la disponibilité du même nombre d'installations dans les différents ports méditerranéens concernés par les stratégies commerciales des armateurs utilisant des navires au GNL.

4.1.1.2 Informations recueillies

Au total, 43 infrastructures ont été cartographiées, en tenant compte non seulement des infrastructures existantes et prévues, mais aussi des hypothèses de projet et des études de

faisabilité. Parmi celles-ci, 14 sont des installations ou des hypothèses de projet liées à la zone d'objectif (Ligurie: 4, Toscane: 2, Sardaigne: 5, Région PACA: 3, Corse: 0). Les 29 autres usines/hypothèses de projet sont situées dans des zones/pays autres que ceux étudiés (Italie - hors de la zone cible: 7; France - hors de la zone cible: 2, Espagne: 6, région MENA: 14).

4.1.2 Activités de recherche sur le terrain

4.1.2.1 Délimitation du champ d'investigation

Étant donné que la collecte de données et d'informations pertinentes par le biais d'enquêtes "en ligne" ne permettait pas de remplir en temps utile tous les champs d'information relatifs aux différentes installations et usines de soutage et de stockage de GNL, l'équipe de recherche a défini un questionnaire spécifique visant à recueillir des informations supplémentaires concernant uniquement les infrastructures situées dans la zone d'objectif. Dans l'ensemble, les activités *sur le terrain ont permis de* recueillir des informations supplémentaires sur les installations et les hypothèses de projet examinées.

4.1.2.2 Informations recueillies

En utilisant les informations acquises par les activités de *recherche sur le terrain* ci-dessus, une base de données a été créée pour analyser les infrastructures de soutage existantes ou futures présentes dans la zone d'objectif du projet et créer des repères utiles. L'objectif de la base de données est d'identifier les principaux aspects utiles pour créer une image détaillée des différentes installations présentes dans les zones considérées. Les informations obtenues sont exprimées en valeurs qualitatives, quantitatives et géo-spatiales. Les champs relatifs aux valeurs qualitatives inclus dans la base de données comprennent des descriptions textuelles, des dates ou des "étiquettes" spécifiques attribuées dans un champ de variation particulier. Pour chaque élément de données quantitatives, l'unité de mesure est indiquée à la place. Les activités d'analyse se sont concentrées sur une pluralité d'aspects pertinents en termes de conception, gestion, technico-opérationnel, gouvernance et financement de l'infrastructure.

4.1.3 Positionnement du système d'infrastructure GNL de la zone du programme par rapport à l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement européenne et méditerranéenne.

Avant d'examiner en détail l'état de l'art et les perspectives futures de l'infrastructure et du système de distribution du GNL en Italie et en France, il convient d'examiner comment le système d'infrastructure du GNL étudié se positionne par rapport à la chaîne d'approvisionnement globale au niveau européen et méditerranéen. À cette fin, grâce à l'analyse des données fournies par *Gas Infrastructure Europe* (GIE), il est possible de comprendre le rôle joué par les nœuds logistiques GNL des régions appartenant à la zone du programme (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse et Région PACA) dans le système européen, en particulier en ce qui concerne le bassin méditerranéen.

Les types d'infrastructures suivants seront examinés:

- a) Terminaux de regazéification;
- b) les installations de stockage de GNL et les dépôts côtiers de GNL;
- c) Réseau de distribution de méthane liquide GNL pour les véhicules lourds.

4.1.4 Terminaux de regazéification

En ce qui concerne les terminaux de regazéification, Gas LNG Europe a estimé une forte augmentation de la capacité de regazéification des terminaux européens au cours de la période comprise entre 2017 et 2026 (Figure 80). Un examen des données montre que plusieurs études de faisabilité et projets ont été lancés depuis 2017.

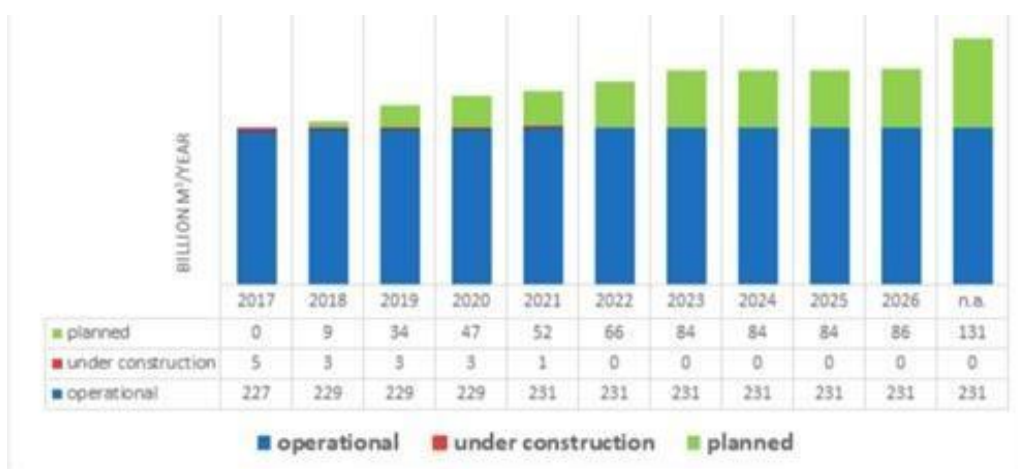


Figure 80 - Capacité de regazéification des terminaux européens

La Figure 80 montre les usines de regazéification de GNL actuellement opérationnelles (couleur bleue), en cours de construction (couleur rouge) et en phase de planification (couleur jaune), qui ont été cartographiées par le GIE en 2017 (voir la Figure 86).



Figure 81 - Terminaux de regazéification en mer Méditerranée

La Figure 82 montre le rôle central des nœuds appartenant à la zone du programme, c'est-à-dire les usines de Panigaglia (Ligurie), OLT Offshore (Toscane), Fos Tonkin et Fos Cavaou (région PACA), qui représentent 31% des usines de regazéification européennes opérant en mer Méditerranée. Ces infrastructures sont également situées à proximité de certains des ports commerciaux et touristiques les plus importants de la Méditerranée, tels que Gênes, La Spezia, Livourne et Marseille qui, notamment pour le secteur des conteneurs et des croisières, enregistrent chaque année des volumes de trafic élevés. Cela représente un facteur particulièrement important pour le développement du GNL en tant que carburant alternatif pour le transport maritime.

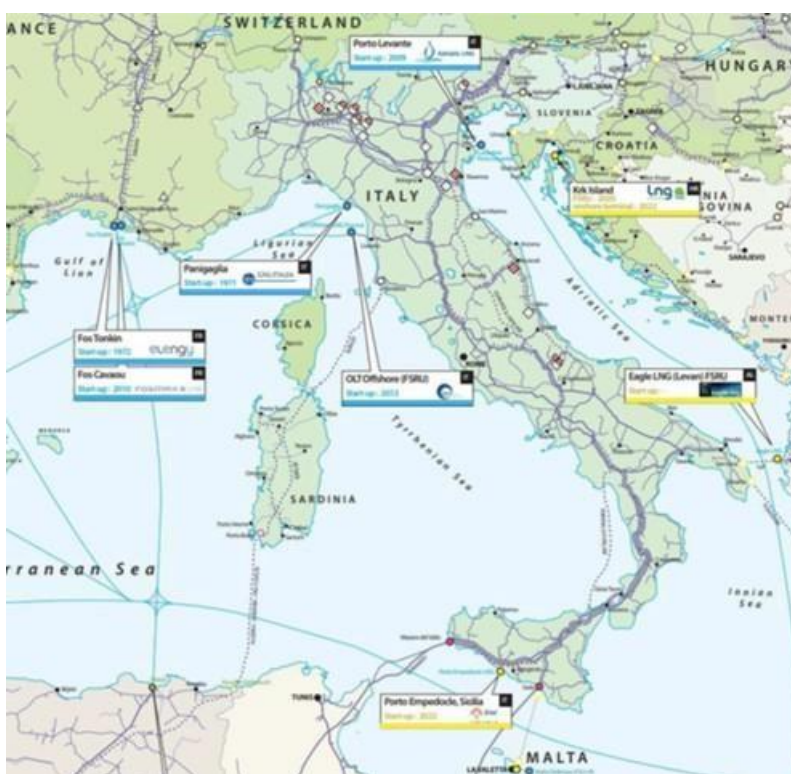


Figure 82 - Terminal de regazéification dans la zone du programme

4.1.5 Installations de stockage de GNL et dépôts côtiers de GNL

Des analyses empiriques récemment menées par Gas LNG Europe¹² (GLE, 2018) ont permis de mesurer ponctuellement la capacité de stockage de GNL des terminaux de stockage et des dépôts côtiers européens (voir la Figure 83).

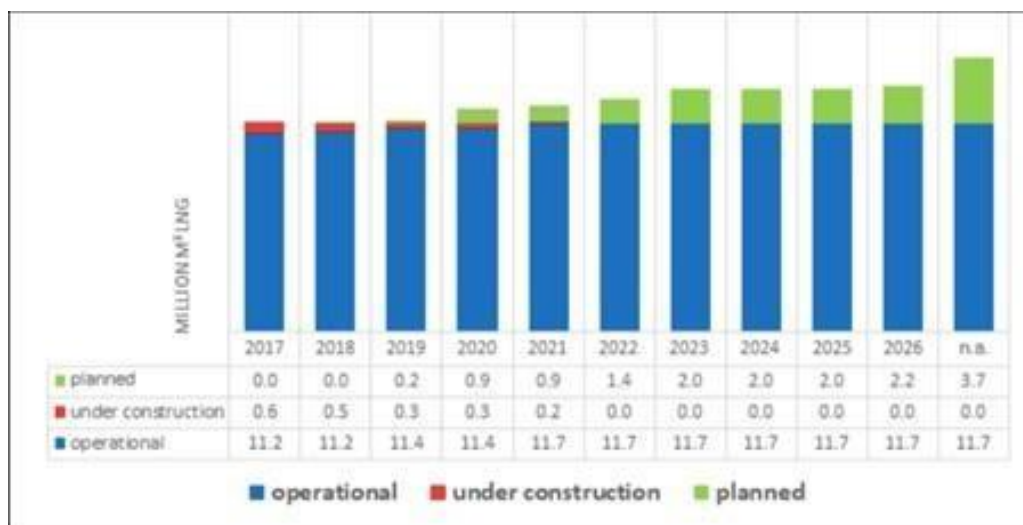


Figure 83 - Capacité de stockage de GNL des terminaux européens

L'examen des données montre des marges de croissance importantes dans le secteur. La capacité de stockage de GNL prévue d'ici 2026 est en hausse d'environ 20% par rapport aux valeurs actuelles, si l'on tient compte à la fois des installations opérationnelles et des installations en cours de planification.

4.1.6 Réseau de distribution de méthane liquide GNL pour véhicules lourds

En ce qui concerne le système européen de distribution intérieure de GNL (terminal intérieur et réseau de distribution de GNL liquide pour véhicules lourds) (Figure 84), la cartographie réalisée par le GIE en 2018, met en évidence que, bien que le réseau espagnol soit largement plus développé que le système d'infrastructures des pays de la zone de programme, impliquant notamment les villes portuaires de Barcelone et de Valence qui se targuent de la présence d'usines évoluées de regazéification et de soutage de GNL, l'Italie du Nord assume une certaine pertinence dans le paysage européen.



Figure 84 - Réseau de distribution de GNSS et de GNLLS dans les pays européens méditerranéens

Dans le détail, selon les données 2018 de l'IEG, il existe 16 stations de ravitaillement en GNL pour véhicules terrestres lourds (en considérant l'ensemble du pays Italie), dont 13 sont déjà actives (couleur bleue), 1 est en construction, en Sardaigne (couleur rouge), et 2 sont en phase de planification (couleur orange).

4.1.7 Analyse et cartographie des plantes examinées

Afin de cartographier les systèmes d'approvisionnement relatifs aux services de soutage et de stockage du GNL dans la zone en question, des données ont été recueillies concernant les infrastructures existantes, les infrastructures en cours de construction/conception et les principales études de faisabilité réalisées en relation avec les ports du formulaire (Gênes, Savone, La Spezia, Livourne, Cagliari, Toulon et Bastia).

Les installations/hypothèses de projet énumérées dans le Tableau 87 ont été cartographiées.

ITALIE	FRANCE
<ul style="list-style-type: none"> -- Terminal de regazéification de Panigaglia (La Spezia Ligurie) -- Hypothèse de conception de Fratelli Cosulich (Ligurie) -- Hypothèse de conception de l'Ottavio Novella Spa (Ligurie) -- Hypothèse de conception de A.O.C Srl (Ligurie) -- Terminal de regazéification "FSRU Toscana" (Livourne, Toscane): -- Dépôt côtier dans le port de Livorno (Livorno Toscane): -- Hypothèse de projet Coastal GAS Livorno et Neri Vulcanigas Investimenti (Livorno): -- Dépôt côtier "Terminal Higas di Oristano" de Higas (Oristano Sardaigne) -- Installation de stockage côtier "Marine Terminal Oristano" d'Edison (Oristano, Sardaigne) -- IVI Dépôt côtier Petrolifera (Oristano Sardaigne) -- Stockage côtier d'ISGAS ENERGIT Multiutilities (Cagliari, Sardaigne) -- Dépôt côtier du Consorzio Industriale Provincia di Sassari (porto Torres, Sardaigne) 	<ul style="list-style-type: none"> -- Regazéification de Fos-Tonkin -- Regazéification de Fos-Cavaou -- Hypothèse de design dans le port de Toulon

Tableau 87 - Plantes mappées

4.1.7.1 Infrastructure pour le soutage et le stockage de GNL dans les ports de la Ligurie

La première étape a consisté à collecter des données précises concernant les systèmes d'offre de services de soutage et de stockage de GNL qui existent aujourd'hui et ceux qui sont prévus dans les ports de la zone de référence, c'est-à-dire la région de la Ligurie. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode de "recherche en ligne" et, à cette fin, nous avons identifié et analysé les principaux articles, sites web et nouvelles en ligne relatifs au développement et à la diffusion des systèmes d'approvisionnement de bunkering et de stockage de GNL dans les ports de La Spezia, Gênes et Savone, recueillant ainsi les principales informations sur le développement et l'évolution du système d'approvisionnement existant et prévu.

Concrètement, on a cartographié les infrastructures liguriennes suivantes relatives à la chaîne logistique du GNL, qui sont déjà opérationnelles, autorisées ou en cours d'autorisation et les hypothèses de projet.

Terminal de regazéification de Panigaglia (La Spezia): géré par GNL Italia (groupe SNAM); capacité de regazéification: 4 milliards de mètres cubes; structure déjà opérationnelle. Solution de l'avitaillement en GNL dans la zone du port maritime: étude de faisabilité. En relation avec ce terminal, on a également pris en considération les hypothèses de conception pour le réajustement réalisées respectivement par RINA Consulting et Assocostieri.

Hypothèse de conception Fratelli Cosulich: hypothèse de conception développée par la société Fratelli Cosulich SPA pour la réalisation d'une usine de stockage et de soutage de GNL (usine SSLNG) en relation avec le port de La Spezia.

Hypothèse de projet d'Ottavio Novella Spa: hypothèse de projet développée par la société Ottavio Novella Spa pour la construction d'une usine de stockage et de soutage de GNL (usine SSLNG) dans les ports de la Ligurie.

Hypothèse de conception développée par A.O.C Srl: hypothèse de conception développée par la société A.O.C. Srl pour la construction d'une usine de stockage et de regazéification de GNL (usine SSLNG) pour le port de Gênes.

Le recensement des hypothèses de projet énumérées ci-dessus a également été rendu possible par l'administration de questionnaires à l'Autorité du système portuaire de la mer Ligure orientale (1 questionnaire rempli), à l'Autorité portuaire de la mer Ligure occidentale (1 questionnaire rempli) et aux principaux opérateurs privés intéressés par l'avitaillement et le stockage de GNL dans la zone portuaire maritime (4 questionnaires reçus, dont seulement 3 remplis).

4.1.7.1.1 Terminal de regazéification de Panigaglia (La Spezia)

En 1967, les travaux de construction du terminal de Panigaglia (Figure 85), situé à Porto Venere pour le compte de la société Snam S.p.A., ont commencé. Le terminal GNL, achevé en 1970, représente la première installation à terre pour la réception et la regazéification du gaz naturel liquéfié en Italie.



Figure 85 - Terminal de regazéification de Panigaglia

Entre 1990 et 1996, une importante intervention de requalification paysagère et environnementale du terminal a été réalisée, ce qui a permis de mieux l'intégrer dans le paysage environnant. Depuis 2001, le terminal est géré par GNL Italia, une filiale du groupe Snam S.p.A.. Ce terminal est resté le seul en Italie jusqu'en 2009, date à laquelle le terminal Adriatic LNG a été ouvert au large de Porto Levante. L'installation occupe une superficie d'environ 45 000 mètres carrés, a une capacité de stockage de GNL de 88 000 mètres cubes et une capacité de regazéification de 3,5 milliards de mètres cubes de gaz par an.

L'infrastructure est située dans la zone portuaire et se compose d'un système de réception (zone d'accostage du navire), d'une zone de stockage comprenant deux réservoirs de stockage de 50 000 m³ chacun, avec une capacité utile de fonctionnement de 44 000 m³, d'un regazéifieur dans lequel le gaz est extrait des réservoirs de stockage et envoyé aux

échangeurs de chaleur par un système de pompes centrifuges, des systèmes d'alimentation du réseau, des systèmes et équipements de récupération des vapeurs et, enfin, de l'ensemble des systèmes auxiliaires de sécurité. Du point de vue des procédures de sûreté et de sécurité, le dépôt comprend des systèmes d'acquisition, de traitement et de régulation des paramètres du processus, une surveillance constante de l'installation de regazéification et, enfin, un système d'automatisation et de blocage pour la sécurisation automatique de l'installation dans les situations d'urgence.

Le terminal de Panigaglia comprend également un quai à l'intérieur du port: la zone d'accostage des méthanières est située à l'extrémité d'une jetée et permet la réception de navires d'une capacité maximale d'environ 70 000 mètres cubes de GNL. Le quai prévu pour la zone de stockage a une longueur de 500 mètres et le tirant d'eau pour le chargement et le déchargement du GNL est de 10 mètres.

L'accessibilité routière représente une criticité majeure pour le terminal de Panigaglia: la route Viale Fieschi - Viale Italia - Via Carducci, qui est le seul lien entre le terminal de regazéification et La Spezia, présente des difficultés de croisement entre les véhicules venant de directions opposées et des problèmes liés à l'existence d'un trafic mixte. Le centre urbain le plus proche de l'installation est le village de "Le Grazie", un hameau de la municipalité de Porto Venere, qui se trouve à 2,7 km du terminal. Un élément critique est lié à l'accessibilité des infrastructures au réseau ferroviaire et à leur distance excessive (environ 7,6 km). Certains des points critiques susmentionnés pourraient être partiellement surmontés en utilisant l'option technologique pour le soutage du GNL de type Ship to Ship (STS), qui consiste à ravitailler le navire alimenté au GNL en utilisant un navire ou une barge qui, après avoir flanqué le navire à ravitailler, peut lancer les procédures de soutage.

4.1.7.1.2 Hypothèses de conception pour l'adaptation du terminal de Panigaglia

Afin de surmonter les criticités liées au terminal de regazéification de Panigaglia, en août 2018, la société RINA Consulting a élaboré une étude de faisabilité technique et économique-financière pour son renouvellement et son adaptation. Plus précisément, elle a été réalisée:

- une analyse de la durée de vie résiduelle de la jetée où le gazier s'approche;
- une étude de faisabilité économique et technique pour assurer la distribution du gaz par briquets et camions sur barges;
- une étude liée aux contraintes environnementales et territoriales existantes;
- une étude de pré-faisabilité économique et technique pour permettre l'installation d'un dépôt côtier à petite échelle dans les zones portuaires, qui comprenait le choix des futurs sites en tenant compte des contraintes existantes, l'avant-projet des interventions, une analyse des risques et une estimation des coûts à engager et du calendrier.

En ce qui concerne le GNL, le port de La Spezia représente une réalité unique en Italie en raison de certaines spécificités telles que :

- la grande disponibilité de zones industrielles côtières adaptées au stockage du GNL;
- la présence d'infrastructures existantes dans les terminaux pour la manutention, le stockage et l'entreposage de mazout, de gaz naturel et de produits chimiques liquides;
- la centralité de La Spezia dans les corridors TEN-T.

Une étude réalisée par Assocostieri ("Analyse des interventions pour l'adaptation à l'utilisation du GNL dans les 14 ports nationaux inclus dans le RTE-T et estimation des coûts") et publiée sur le site de la MISE, a examiné la faisabilité d'un projet visant à la construction d'une station de ravitaillement en GNL dans le port de La Spezia, en examinant l'état actuel des véhicules GNL existants, le trafic maritime actuel et futur du port et la possibilité de charger des camions-citernes pour augmenter la distribution de GNL sur le territoire. Selon les résultats de l'étude susmentionnée, le port de La Spezia commence à réfléchir à la possibilité de ravitailler les navires en GNL. Dans cette optique, une étude de faisabilité a été réalisée pour un point de ravitaillement des navires multi-combustibles (gaz naturel liquéfié, hydrogène, électricité) situé à l'intérieur de la base militaire de La Spezia, de manière à assurer le stockage et le ravitaillement en GNL aussi bien par le biais d'allèges de petite et moyenne taille que par l'utilisation de pétroliers. Le site identifié dans le cadre de l'hypothèse de projet présente un certain nombre de caractéristiques positives importantes, telles que la possibilité de garantir des niveaux de sécurité maximaux et la disponibilité d'un espace adéquat par rapport aux besoins découlant de l'installation de l'installation elle-même.

Assocostieri a également réalisé une étude de faisabilité pour l'introduction de camions GNL entre le port et les terminaux intérieurs, en considérant trois projets alternatifs relatifs aux équipements de manutention portuaire alimentés au GNL (tels que RTG, grues mobiles, reachstackers), à l'utilisation du GNL dans les chemins de fer pour les trains navettes et pour le matériel roulant de manœuvre et, enfin, à l'utilisation du GNL comme carburant alternatif pour les véhicules commerciaux et terrestres. Enfin, elle a élaboré un projet de station de ravitaillement en GNL à l'intérieur du terminal terrestre de Melzo, qui est le principal terminal relié au port de La Spezia par voie ferroviaire et routière. De cette façon, il serait possible d'utiliser le GNL comme source alternative pour le transport routier, en particulier pour les véhicules lourds transportant des marchandises en conteneurs entre La Spezia et Melzo. Enfin, des études de faisabilité ont également été réalisées concernant la possibilité d'intervenir dans une logique de brownfield sur l'actuelle installation de Panigaglia afin de doter l'ensemble de l'infrastructure d'un terminal de ravitaillement en GNL capable de garantir le ravitaillement des navires en GNL. Une phase de travaux a débuté afin de

renforcer le terminal pour alimenter la navigation maritime en renforçant l'unité de pompage par la fourniture de six nouveaux réservoirs et le remplacement des bras de chargement cryogéniques qui peuvent non seulement recevoir le GNL mais aussi le livrer. Ces barrages permettront de connecter des soutes plus petites et seront utilisés pour connecter le regazéifieur aux terminaux de croisière du port de La Spezia afin d'offrir des services de soutage de GNL principalement dédiés aux navires de croisière (dans ce sens, pensez au cas spécifique du navire "Costa Smeralda" qui touchera le port). Ces réservoirs, dont la taille est inférieure à celle des deux réservoirs actuels, permettront de remplir rapidement les cales des mini méthaniers et d'approvisionner les grands navires de croisière.

4.1.7.1.3 Hypothèse de conception de Fratelli Cosulich

La société F.Ili Cosulich SPA, qui a permis de collecter d'importantes données relatives à la zone ligure, est en train d'évaluer un projet de développement des infrastructures nécessaires au SSLNG (barge de soute et stockage côtier de GNL) dans la zone nord de la mer Tyrrhénienne, en se référant aux ports ligures (La Spezia, Gênes, Savone) et Livourne.

L'identification de la zone la plus appropriée pour la construction de l'installation est encore dans la phase conceptuelle, mais l'hypothèse générale est celle de transférer le GNL des grands terminaux de stockage (par exemple FSRU Toscana ou autres) vers des dépôts côtiers (par exemple Panigaglia), en offrant l'avitaillement aux futurs navires alimentés au GNL et la possibilité de charger les pétroliers par l'utilisation d'une petite installation de stockage terrestre (avec une capacité < 200 tonnes) dans une zone encore à identifier, mais peut-être dans la région de La Spezia.

Il s'agit d'une hypothèse de projet, mais un avis a déjà été demandé, toutefois, à l'AdSP de la mer Ligure orientale, à l'AdSP de la mer Ligure occidentale, à la capitainerie du port de La Spezia, à la capitainerie du port de Gênes et à l'Agence des douanes qui, à la date de réception du questionnaire (février 2019), n'ont pas encore reçu de réponse.

L'idée derrière cette étude est la suivante:

- l'utilisation d'un grand terminal de stockage (par exemple, le FSRU Toscana);
- le transfert de GNL par de petits méthaniers vers le terminal de Panigaglia;
- le ravitaillement des navires fonctionnant au GNL avec des allèges qui prendront des cargaisons au terminal de Panigaglia;
- le ravitaillement des camions-citernes par un petit dépôt côtier (<200 T) qui sera construit dans la région de La Spezia.

En ce qui concerne le petit dépôt côtier prévu dans la région de La Spezia, une capacité totale de stockage de < 400 mètres cubes est envisagée. Pour réaliser ce projet, il est prévu un investissement de 55 millions d'euros et des coûts d'exploitation annuels pour la gestion de l'infrastructure GNL d'environ 4 millions d'euros, maintenance comprise.

Compte tenu des profils technologiques et des procédures opérationnelles de l'hypothèse de conception des installations de soutage et de stockage, la technologie envisagée pour le soutage est le Ship to Ship (STS).

L'approvisionnement se fera par voie maritime à partir de grands terminaux de stockage grâce à l'utilisation d'un petit transporteur de GNL, qui alimentera le petit dépôt côtier et les navires à propulsion GNL de Panigaglia. La procédure d'avitaillement en GNL vers le dépôt de stockage par voie maritime et d'avitaillement en GNL vers les navires est prévue par le quai à l'intérieur du port. Les navires qui devraient être ravitaillés avec la future installation sont les navires de croisière (environ 3 000 m³ en 4-5 heures pour chaque procédure de ravitaillement individuelle), les ferries (environ 800 m³ en 3 heures pour chaque procédure de ravitaillement individuelle), les navires rouliers (environ 800 m³ en 3 heures pour chaque procédure de ravitaillement individuelle).

4.1.7.1.4 Hypothèse de conception de l'Ottavio Novella Spa

La société Ottavio Novella Spa a réalisé une étude de faisabilité sur la possibilité de créer des infrastructures dédiées au bunkering et au stockage de GNL dans la zone territoriale de l'Autorité du système portuaire de la mer Ligure occidentale (Gênes, Prà, Savone, Vado Ligure) sans exclure un éventuel développement dans l'AdSP de la mer Ligure orientale (La Spezia). Cette initiative de projet est identifiée comme "*Vado Ligure: Dépôt de GNL à petite échelle*".

Les zones considérées comme appropriées pour la mise en œuvre de cette infrastructure sont les suivantes:

- **Vado Ligure:** sur le brise-lames (à l'ouest du bassin portuaire) qui fera bientôt l'objet de travaux d'agrandissement; ou bien sur la nouvelle plate-forme polyvalente.
- **Gênes:** Sestri P. (zones d'Arcelor Mittal) ou Sampierdarena (ex-bassin houiller d'Enel).
- **La Spezia:** utilisation possible d'une partie des dépôts côtiers existants à Panigaglia.

En tout état de cause, l'infrastructure devrait permettre l'approvisionnement en GNL par voie maritime et répondre à la fois à la demande future de navires fonctionnant au GNL et à la demande existante de navires-citernes (pour alimenter le réseau routier/autoroutier et les installations industrielles en pleine expansion). Ce dernier marché serait desservi par un petit stockage à terre dans une zone contiguë au poste d'amarrage du navire, d'une capacité inférieure à 200 tonnes (simplifiant ainsi les formalités d'autorisation exDLgs.105/2015).

Cette hypothèse de projet dans ses différentes variantes a été soumise pour autorisation à :

- AdSP de la mer Ligure occidentale (avis demandé à l'automne 2017, en attente de réponse);
- AdSP de la mer Ligure orientale (avis non formellement demandé en 2018, en attente d'une étude approfondie).
- Agence des douanes (avis demandé pour le type de documentation, en attente de réponse).

Le processus d'autorisation est donc en attente d'évaluation et le temps de construction devrait être d'environ 24/30 mois (construction du navire). Ce délai est plus court que celui des installations traditionnelles de stockage à terre puisqu'il s'agit d'une installation de stockage constituée initialement d'un seul petit gazier (environ 7 000 m³), auquel pourra s'ajouter ultérieurement une capacité de stockage supplémentaire, à la fois flottante (barges) et fixe à terre.

L'infrastructure prévue prévoit un certain nombre de phases modulaires, idéales pour permettre une durabilité plus facile et progressive (tant environnementale que financière), composées comme suit:

- a) *Première phase*: la présence d'un seul transporteur de gaz de petite taille, qui remplirait également les fonctions de collecteur (pour l'approvisionnement en GNL à partir d'installations de stockage de grande taille situées à proximité, comme OLT Livorno ou Panigaglia ou Marseille) et d'allègueur (pour l'approvisionnement des navires).
- b) *Deuxième phase*: flanquement d'une ou plusieurs barges flottantes non autopropulsées.
- c) *Troisième phase*: construction de dépôts fixes au sol (axe horizontal ou vertical).

Lorsqu'elle sera pleinement opérationnelle, l'infrastructure pourrait avoir une capacité totale d'environ 20 000 mètres cubes. Pour construire cette infrastructure, on prévoit un investissement de 65 à 75 millions d'euros et des coûts d'exploitation annuels compris entre 5,9 et 6,5 millions d'euros. En ce qui concerne les profils technologiques et les procédures d'exploitation de l'usine de soutage/stockage de GNL, l'utilisation de la technologie STS (Ship to Ship) et l'approvisionnement par voie maritime et terrestre sont prévus. En particulier, l'approvisionnement se fera à partir de grands terminaux de stockage (tels que FRSU Toscana ou Snam Panigaglia) dans la partie supérieure de la mer Tyrrhénienne, ou à partir de ports étrangers (Marseille, Barcelone) grâce à l'utilisation d'un méthanier de petite taille qui, une fois arrivé à son poste d'amarrage, servira initialement d'installation de stockage flottante.

En ce qui concerne la procédure de fourniture de GNL au dépôt de stockage par voie maritime, il est prévu pour le dock à l'intérieur du port, 1 poste d'amarrage, une longueur de quai d'environ 140 mètres et un tirant d'eau d'environ 5,90 mètres; pour la procédure de ravitaillement des navires alimentés en GNL toujours le dock à l'intérieur du port, l'amarrage au côté du navire où la livraison de GNL aura lieu en flanquant la petite échelle au navire à fournir (sur le côté opposé du dock d'exploitation), et un tirant d'eau d'environ 5,90 mètres. Les navires auront une longueur minimale pour permettre l'approche de FRSU Toscana.

En répartissant les navires à ravitailler par type, on s'attend à ce qu'ils soient ravitaillés:

- Environ 50/100 navires de croisière par an (environ 1/2 navire par semaine), se ravitaillant en GNL d'environ 2 200 mètres cubes en 4/5 heures;
- Environ 500 navires rouliers par an, se ravitaillant d'environ 500 mètres cubes de GNL en 3 heures chacun;
- Environ 100 navires porte-conteneurs par an, avec des approvisionnements de 1 500 mètres cubes en 4/5 heures.

4.1.7.1.5 Hypothèse de conception d'A.O.C S.r.l.

En ce qui concerne le port de Gênes, un autre questionnaire concernant les hypothèses de projet relatives aux installations de stockage et de soutage de GNL dans la zone maritime du port a été rempli par A.O.C. S.R.L., un concessionnaire de services de collecte et de traitement des déchets. La société a construit une usine de GNL (située dans la zone de Calata Oli Minerali) à usage interne, équipée d'une zone de stockage. L'usine est maintenant opérationnelle, ayant obtenu toutes les autorisations nécessaires: à savoir:

- AdSP Mar Ligure Occidentale, Comune di Genova, Capitaneria di Porto di Genova, Ufficio Dogane di Genova, Regione Liguria (pour l'autorisation de l'État d'installer et d'exploiter l'installation);
- Comando Vigili del Fuoco Genova (pour l'approbation du projet et la libération du SCIA),
- AdSP Mar Ligure Occidentale (pour Variation du contenu de la concession);
- Ville métropolitaine de Gênes (pour une autorisation de modification non substantielle de l'EAI afin d'utiliser le nouveau combustible dans ses chaudières de traitement);
- MIT, Capitaneria Portuale di Genova et AdSP Mar Ligure Occidentale (pour Dichiarazione inizio attività et demande contextuelle de test).

Les travaux de construction de l'installation ont commencé le 19/03/2018 et se sont terminés sept mois plus tard, le 5/10/2018, et ont été réalisés par la société HAM Italia - A.O.C. S.r.l. et l'entité de gestion et de financement est la société A.O.S. S.r.l. À ce stade, l'usine de

stockage et de regazéification du GNL a été conçue pour un usage privé, c'est-à-dire par l'exploitant de l'usine de traitement des déchets du port, A.O.C. S.r.l., pour alimenter ses chaudières de gestion de la chaleur industrielle. Comme il a été construit dans une zone domaniale adjacente au quai nord de Calata Oli Minerali, il pourrait à l'avenir être utilisé pour approvisionner les bateaux et les petits navires dans le port de Gênes si des navires équipés de moteurs GNL venaient à être développés.

L'usine occupe une surface de 100 mètres carrés dans le port et a une capacité de stockage de 60. L'usine est approvisionnée en GNL par voie maritime, le système de remplissage et de vidange du réservoir est sous le contrôle direct de HAM Italie avec télédétection à travers laquelle il prévoit l'envoi de camions-citernes pour remplir le dépôt.

Le chargement et le déchargement ont lieu sur le quai à l'intérieur du port et le quai à l'intérieur du port est toujours prévu pour une éventuelle procédure de ravitaillement en carburant des navires fonctionnant au GNL. Des contraintes sur les opérations de remplissage des réservoirs cryogéniques sont établies afin d'assurer un niveau optimal de sûreté et de sécurité, ainsi que des conseils techniques et des lignes directrices pour la préparation des projets de prévention des incendies liés aux usines de distribution de type L- GNL, L-GNC et L-GNC/GNL pour l'automobile. L'usine est située à une distance de 1 100 mètres du centre urbain le plus proche, la distance entre le point d'accostage des navires et la zone de dépôt est de 50 mètres, la distance entre la porte du port et le point d'accostage pour le soutage et le ravitaillement prévus pour les véhicules de transport routier est de 1 500 mètres, le dépôt est situé à proximité du réseau ferroviaire (500 mètres), et de la porte du réseau autoroutier (1 000 mètres).

4.1.7.1.6 Hypothèse de conception d'une station de ravitaillement mobile - Projet GNL FACILE

Après l'administration du questionnaire, l'Autorità di Sistema del Mar Ligure Occidentale, en la personne du Dr. Giuseppe Canepa, responsable du secteur de la Gestion Technique/Office pour l'Environnement et les Installations, a fourni des informations supplémentaires concernant le port de Gênes. L'AdSP est impliquée dans un projet concernant la construction d'une usine de soutage et de stockage de GNL. L'AdSP, en effet, après la construction d'une station de ravitaillement en GNL, qui est l'un des principaux objectifs du projet Interreg maritime ITA-FRA 1420 "GNL FACILE", envisage le développement éventuel d'équipements de manutention fonctionnant au GNL (tels que sellettes, grues, reach stackers, locomotives). Dans le cadre du projet susmentionné, la construction d'une station de ravitaillement et d'un réservoir de distribution cryogénique est envisagée, ce qui permettra d'approvisionner en GNL les véhicules de transport routier lourd et tout véhicule opérationnel (sur route ou sur rail) dans la zone portuaire, ainsi que les petits bateaux de plaisance. Il est prévu qu'en 2020, la station soit en mesure d'alimenter ces véhicules internes, le cas échéant. Des zones futures possibles dédiées au ravitaillement en carburant ont également été identifiées: pour le ravitaillement terrestre, les anciennes

zones Italsider, la chaussée portuaire et la zone portuaire de Pra ont été identifiées; tandis que pour le ravitaillement naval, le pont apex de Parodi et la zone portuaire de Pra (quai Voltri under-billow) représentent les sites les plus appropriés à cette fin.

4.1.7.1.7 Savone-Vado Ligure

En plus des hypothèses de projet déjà discutées précédemment (voir Hypothèse de projet d'Ottaviano Novella et Hypothèse de projet de Fratelli Cosulich), dans cette section, certains profils liés au GNL et pertinents pour le port de Savone - Vado Ligure sont brièvement discutés. Le port de Savone représente une réalité importante dans le secteur des croisières, en effet la concession à Costa Crociere des zones et des services de croisière du port de Savone a été prolongée jusqu'en 2044. Le 3 novembre 2019 sera célébrée dans le port de Savone la cérémonie de baptême du nouveau navire Costa Smeralda, actuellement en construction en Finlande dans le chantier Meyer de Turku. Le Costa Smeralda est le premier navire de croisière destiné au marché mondial à être alimenté au port et en mer par du gaz naturel liquéfié. Le port de Savone devra donc s'adapter autant que possible à la nouvelle réalité et prévoir la construction d'infrastructures permettant le soutage de gaz naturel liquéfié pour alimenter les navires arrivant dans le port. La municipalité de Savone, l'autorité portuaire de Savone et Costa Crociere ont signé en 2015 un protocole d'accord de trois ans pour le développement durable du secteur des croisières à Savone. La collaboration réalisée vise à assurer le développement durable de la ville en plus de la création de valeur économique et sociale et du renforcement de sa vocation touristique. Le port de Savone, choisi par la compagnie de croisières Costa comme base opérationnelle en Méditerranée pour les prochains navires GNL attendus en 2019, devra s'adapter et, par conséquent, réaliser et construire une plateforme pour l'approvisionnement, le soutage et le stockage du GNL.

4.1.7.2 Infrastructure pour le soutage et le stockage de GNL dans les ports de Toscane

En ce qui concerne la Toscane, ont été cartographiées les infrastructures suivantes relatives à la chaîne logistique du GNL, qui sont déjà opérationnelles, autorisées ou en cours d'autorisation, ainsi que les hypothèses de projet pour lesquelles il n'a toutefois pas été possible de recueillir suffisamment d'informations pour justifier leur inclusion dans la base de données:

- **FSRU Toscana (Livourne):** exploité par OLT Offshore LNG Toscana; capacité de regazéification: 3,75 milliards de mètres cubes; installation déjà opérationnelle. Solution de l'avitaillement en GNL dans la zone du port maritime: étude de faisabilité.
- **Stockage côtier (Livorno):** capacité de stockage: 20 000 m³; permis non encore déposé.

- **Hypothèse de projet** Costiero GAS Livorno et Neri Vulcanigas Investimenti **(Livorno)**: géré par Costiero GAS Livorno et Neri Vulcanigas Investimenti; capacité de stockage: 9.000 mètres cubes; autorisation non encore présentée.

Toujours en ce qui concerne la Toscane, grâce à l'administration du questionnaire à l'Autorité du Système Portuaire du Nord de la Mer Tyrrhénienne, qui gère les ports de Livorno, Piombino, Portoferraio, Rio Marina, Cavo et les îles Capraia, il a été possible d'obtenir des informations supplémentaires sur les infrastructures mentionnées ci-dessus et sur l'état actuel de la chaîne GNL dans leurs zones de compétence. Dans le cadre des ports susmentionnés, des travaux d'entretien extraordinaires sont réalisés sur les voies ferrées existantes et de nouvelles connexions ferroviaires sont créées afin d'améliorer l'efficacité énergétique des ports. Des investissements sont également prévus pour l'électrification des quais, notamment un projet de repassage à froid à Calata Sgarallino. En revanche, il n'est pas prévu de convertir les équipements de manutention (tels que les grues à sellette, les reach stackers, les locomotives) au GNL et/ou à l'électricité; dans les projets GREENCARES et SEA TERMINAL, en revanche, des projets pilotes ont été réalisés pour la construction d'équipements portuaires à double carburant (notamment pour les reach stackers) et de réservoirs mobiles pour leur ravitaillement.

4.1.7.2.1 Terminal de regazéification FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana)

En Toscane, il y a l'usine de regazéification offshore FSRU Toscana gérée par la société OLT Offshore LNG Toscana qui est déjà opérationnelle, avec une capacité de regazéification de 3,75 milliards de mètres cubes.

Le projet OLT Offshore LNG Toscana prévoyait la conversion d'un méthanier - le "Golar Frost" - en un terminal de regazéification flottant.

Le projet, qui a débuté en 2002, a fait l'objet d'un processus d'autorisation long et complexe, qui a entraîné une prolongation importante du calendrier de construction. En fait, le terminal a été construit par Saipem S.p.A.; les travaux ont commencé en juin 2009 à Dubaï, au chantier naval Drydocks World Dubai, et se sont achevés en juin 2013, avec l'arrivée ultérieure du FSRU Toscana à Livourne en juillet 2013 et l'entrée en service le 17 mars 2015 à la fin des essais.

Le FSRU Toscana est ancré au fond de la mer (120 m de profondeur) au moyen de 6 lignes d'ancrage installées in situ et connectées au pipeline sous-marin pour le transport du GNL regazéifié vers la terre.



Figure 86 - Usine FSRU Toscana d'OLT Offshore LNG (Source: OLT Offshore)

L'activité exercée par le terminal consiste à stocker et à regazéifier du gaz naturel liquéfié. Le gaz naturel est reçu sous forme liquide par des navires-citernes, stocké dans des réservoirs cryogéniques à une pression proche de la pression ambiante et à une température de -160°C , regazéifié et envoyé au pipeline terrestre par le pipeline sous-marin. Les activités réalisées et les principales installations de traitement peuvent être résumées dans les phases suivantes:

- l'accostage et l'amarrage des méthaniers à l'aide de remorqueurs appropriés;
- le transfert depuis les méthaniers et le chargement du GNL (gaz naturel liquéfié) à bord du Terminal grâce à l'utilisation des 4 bras de chargement;
- le stockage dans les 4 réservoirs MOSS (volume unitaire d'environ $34\,275\text{ m}^3$, et volume global d'environ $137\,100\text{ m}^3$ brut) et le pompage du GNL vers l'usine de regazéification;
- récupération du BOG (Boil off gas: vapeurs produites par les réservoirs de stockage) en l'acheminant vers un collecteur commun à tous les réservoirs, puis envoyé vers la cuve d'alimentation, vers les chaudières ou vers le système d'évacuation;
- Vaporisation du GNL au moyen de trois vaporisateurs utilisant l'eau de mer comme source de chaleur et le propane comme fluide de chauffage intermédiaire entre l'eau de mer et le GNL;
- transportant le gaz naturel vers le gazoduc;
- le désarrimage des méthaniers.

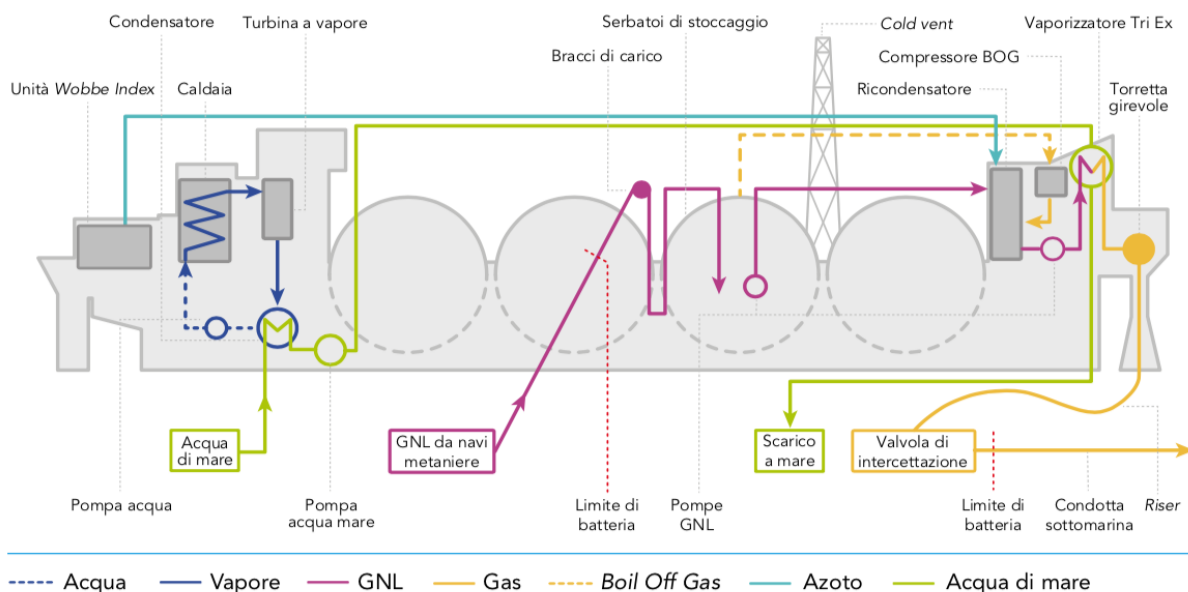


Figure 87 - Diagramme de flux de processus du terminal "FSRU Toscana" (Source: rapport annuel 2018 d'OLT).

Afin d'augmenter sa capacité de réception, OLT a entrepris le processus d'autorisation nécessaire pour demander la possibilité d'accoster pour des navires d'une capacité allant jusqu'à la catégorie "NewPanamax" qui, une fois conclu positivement, a conduit à une augmentation de la limite de capacité des navires pouvant accoster au Terminal jusqu'à 180 000 mètres cubes, maintenant la capacité de regazéification annuelle maximale autorisée à 3,75 milliards de mètres cubes de gaz.

4.1.7.2.2 Hypothèse de conception pour la remise à neuf du terminal FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana)

La société a préparé un projet qui prévoit l'adaptation de l'infrastructure d'approvisionnement primaire de la chaîne SSLNG pour le chargement de petits méthaniers (90-120 m de long). L'initiative de projet pour la réalisation de l'installation est appelée Terminal de regazéification "FSRU Toscana" pour l'ouverture du service SSLNG.

L'état d'avancement du processus d'autorisation est toujours en cours d'évaluation pour le début des activités de modernisation des infrastructures. Il est estimé que les premiers travaux commenceront le 01.01.2020, avec une durée totale de l'intervention d'environ 12 mois.

Par conséquent, le terminal n'est pas conçu actuellement pour fournir des services de soutage de GNL pour la propulsion des navires, mais il est équipé des installations et des équipements nécessaires pour recevoir, stocker et regazéifier le GNL transporté par les méthaniers, puis l'envoyer sous forme gazeuse à terre, dans le réseau national de gazoducs, par un gazoduc sous-marin. Plus précisément, le projet de modification prévoit, en plus des activités actuellement menées par le terminal, la mise en place d'un service SSLNG pour charger des méthaniers de petite et moyenne taille qui pourront accoster au terminal du côté du port. Ensuite, le GNL chargé peut être déchargé dans des stations de stockage et de distribution à terre, dans les ports méditerranéens.

Afin de mettre en œuvre ce service, il est nécessaire d'effectuer une série d'interventions fonctionnelles et d'ingénierie d'usine concernant:

- Système d'amarrage pour l'amarrage sûr des SSLNGC sur le côté portuaire du terminal FSRU;
- Modification du système existant de transfert du GNL (flanc gauche) du terminal FSRU vers les SSLNGC.

On estime que la mise à niveau de l'infrastructure existante pour permettre les services de soutage du GNL nécessitera un investissement d'environ 5 millions d'euros, tandis qu'un million d'euros seulement sera nécessaire pour les coûts d'exploitation. Lorsque l'usine sera opérationnelle, la principale technologie adoptée sera la technologie "ship-to-ship". L'approvisionnement en GNL se fera donc uniquement par voie maritime. Le terminal "FSRU" de Toscane recevra du GNL en provenance de méthaniers et le rechargera ensuite sur des CSLNG, qui pourront à leur tour approvisionner directement des navires fonctionnant au GNL ou l'acheminer vers des installations de stockage côtières dans des ports méditerranéens. Le GNL stocké dans les dépôts côtiers peut alors être utilisé pour alimenter à la fois les pétroliers de distribution terrestres et les navires fonctionnant au GNL. En outre, la modification du système de transfert pourrait également permettre le déchargement de GNL à partir des allèges du terminal FSRU, afin d'assurer une possibilité supplémentaire d'approvisionnement en GNL.

Les chargements, qui devraient avoir lieu chaque année, devraient atteindre un maximum de 41 fenêtres d'accostage au terminal. L'estimation actuelle pour le chargement des petits méthaniers est d'environ 20 heures.

4.1.7.2.3 Dépôt côtier de Livourne (Signal)

En ce qui concerne le thème du GNL, une analyse des alternatives possibles pour la construction d'une installation de stockage côtière dans le port de Livourne a été réalisée dans le cadre du projet Interreg Italie France Maritime Signal (Stratégies transfrontalières pour la valorisation du gaz naturel liquéfié). Bien que le choix du site spécifique pour la construction de l'infrastructure soit encore en cours, on suppose que l'infrastructure aura

une taille de terminal de 30 000 mètres carrés, une capacité totale de l'usine de 20 000 mètres cubes et un volume annuel de manutention de 730 000 mètres cubes. En ce qui concerne le projet d'installation d'avitaillement, deux solutions possibles sont en cours d'évaluation:

- *Truck to Ship*: caractérisé par l'utilisation de réservoirs mobiles équipés de pompes cryogéniques immergées pour le ravitaillement des navires amarrés au quai.
- *Ship to Ship*: caractérisé par l'utilisation d'allèges équipées de deux bras mécaniques: un pour la livraison du GNL et un pour le retour du boil off.

En ce qui concerne l'approvisionnement en GNL, il est prévu un approvisionnement par voie maritime et par voie terrestre. Pour la procédure de fourniture de GNL par voie maritime au dépôt de stockage, il y aura un quai dans le port, tandis que pour la procédure de fourniture de navires alimentés en GNL, il y aura un quai dans le port et l'installation offshore.

Les procédures adoptées dans le processus d'avitaillement concernent donc:

- *Le soutage de camion à bateau*: la procédure consiste à prélever le GNL des sites de stockage au moyen de camions-citernes et à le transporter jusqu'aux quais où sont amarrés les navires à soutarder. Le soutage s'effectue au moyen de bras mécaniques rigides ou de tuyaux cryogéniques souples dans lesquels passe le GNL, déplacé au moyen de pompes cryogéniques immergées.
- *Avitaillement de navire à navire*: la procédure consiste à utiliser des briquets pour ravitailler les navires amarrés dans la rade. Le soutage s'effectue à l'aide de deux bras mécaniques: l'un pour la livraison du GNL et l'autre pour le retour du boil off qui se forme à l'intérieur du navire en cours de soutage. Dans ce cas également, le GNL est manipulé à l'aide de pompes cryogéniques immergées.

L'installation prévue est située à 2 000 mètres du centre urbain le plus proche et la distance entre le poste d'amarrage du navire et la zone de soutage est de 50 mètres. La distance entre la porte du port et le poste d'avitaillement dans le cas de TTS est de 300 mètres. Dans le port, il n'y a pas de station de fret routier et la station la plus proche est celle de Pontedera, qui se trouve à 25 km du port; la distance entre le point d'avitaillement et le réseau ferroviaire est de 380 mètres et la distance entre la porte du port et le réseau autoroutier est de 7000 m.

La distance parcourue par les véhicules GNL en zone urbaine pour accéder à la porte du port dépend du parcours des véhicules: si le véhicule arrive au port depuis la rocade d'Aurélia 7000 mètres, si le véhicule arrive au port depuis Fi-PI-LI 0 mètres, si le véhicule arrive au port depuis l'autoroute 7000 mètres.

La zone potentiellement utilisable pour le ravitaillement des véhicules routiers lourds doit avoir environ 1000 m² disponibles pour permettre le ravitaillement des véhicules lourds. Il doit y avoir des stands pour les véhicules en attente et des zones pour la sécurité dans la zone.

4.1.7.2.4 Hypothèse de projet GAS Livorno côtière et Neri Vulcanigas Investissements

Fin février 2018, la nouvelle société Livorno Lng Terminal a été créée, dans laquelle Costiero Gas Livorno, une coentreprise entre Liquigas et Enifuel, et Neri Vulcanigas détiennent une participation.

Investissements, coentreprise entre Società Italiana Gas Liquidi et Neri Depositi Costieri. L'objectif de la nouvelle société Livorno LNG Terminal est la construction d'un dépôt côtier dans le port de Livorno afin de permettre la réception et le stockage de GNL.

Le GNL sera fourni par des transporteurs de gaz et sera ensuite distribué dans le réseau interne par des pétroliers et des bettoline (petits navires) afin d'approvisionner les stations-service routières et les futurs navires fonctionnant au GNL en transit dans le port de Livourne.

Le dépôt côtier devrait être situé dans une position stratégique dans le port de Livourne, il est prévu un emplacement possible dans la zone des postes d'amarrage 12 et 13, entre la tour de Marzocco et la Darsena petroli, utilisé aujourd'hui par les entreprises de la société Neri pour le stockage du latex de caoutchouc.

Les principales caractéristiques de l'usine peuvent être résumées comme suit:

- 6 réservoirs cryogéniques horizontaux à basse pression (et équipements connexes) de 1 500 m³ chacun pour une capacité totale de 9 000 m³, capables d'assurer une rotation annuelle de 170 000 m³/an de GNL;
- amarrage dédié aux bettolines de petite et moyenne taille, aussi bien lors du chargement que du déchargement;
- des baies de chargement dédiées aux camions-citernes de GNL;
- Quais de chargement dédiés aux citernes ferroviaires modulaires telles que les conteneurs ISO;
- Système de gestion du BOG.

La création d'importantes synergies avec d'autres installations similaires dans la région, telles que le regazéifieur d'OLT Offshore LNG Toscana, sera d'une importance considérable.

L'investissement total estimé par la société Livorno LNG Terminal s'élève à 50 millions d'euros. Ce projet a été jugé cofinançable dans le cadre du programme Gainn4Sea par la Commission européenne.

4.1.7.3 Infrastructure pour le soutage et le stockage du GNL dans les ports *sardes*

La Sardaigne est la région d'Italie qui investit le plus dans le GNL, en essayant de se préparer à offrir des systèmes de soutage dans le port maritime. Elle a, en effet, signé à Cagliari un accord avec Assocostieri et l'Autorité portuaire de Sardaigne axé sur le GNL et visant à approfondir les questions stratégiques, politiques, juridiques et administratives relatives à toutes les initiatives d'utilisation du GNL comme carburant marin. Compte tenu de l'importance croissante du GNL, l'Autorité portuaire de Sardaigne soutient toutes les hypothèses de projet pour la construction d'une installation de soutage, notamment dans les ports de Cagliari, Oristano et Porto Torres.

Les infrastructures suivantes relatives à la chaîne logistique du GNL ont été cartographiées (terminaux de regazéification; dépôts côtiers; terminaux de soutage de GNL dans la zone portuaire maritime), qui sont déjà opérationnelles, autorisées ou en cours d'autorisation:

- Installation de stockage côtier du terminal maritime d'Edison à Oristano (Oristano, Sardaigne);
- Dépôt côtier "Terminal Higas di Oristano" de Higas (Oristano, Sardaigne);
- Dépôt côtier IVI Petrolifera (Oristano, Sardaigne);
- Stockage côtier d'ISGAS ENERGIT Multiutilities (Cagliari, Sardaigne);
- Dépôt côtier du Consortium industriel de la province de Sassari (Porto Torres, Sardaigne).

Les infrastructures futures et les études prévues dans les ports de Cagliari, Oristano et Porto Torres ont été analysées en détail. Grâce à l'administration du questionnaire à l'Autorité du système portuaire de la mer de Sardaigne, une étude de faisabilité pour la construction d'un dépôt côtier a également été identifiée. Les informations trouvées sont rapportées ci-dessous.

4.1.7.3.1 Oristano

On trouvera ci-après une analyse détaillée des gisements prévus dans la zone portuaire d'Oristano par les trois entreprises impliquées dans le projet de méthanisation de la zone d'Oristano. Leur emplacement est indiqué sur la Figure 88.



Figure 88 - Dépôts de GNL dans le port d'Oristano

4.1.7.3.1.1 Installation de stockage côtier "Marine Terminal Oristano" d'Edison

L'installation côtière de stockage de GNL envisagée par Edison S.p.A. (Figure 88) est une installation de stockage à usages multiples (civil, industriel, bunkering). Il est prévu de le situer aux coordonnées géo-spatiales suivantes: latitude 39°51'37" N, longitude 8°34'05" E.

Le projet prévoit la construction d'une partie terrestre de 76 000 mètres carrés et d'une partie maritime de 4 500 mètres carrés, offrant une capacité de stockage totale de 10 000 mètres cubes, avec une capacité nominale annuelle de stockage prévue de 520 000 mètres cubes en 2020. La fourniture sera effectuée au moyen de petits transporteurs de gaz ou de GNL (appelés mini LNG Carriers) aux caractéristiques similaires à celles des navires existants et utilisés actuellement, d'une capacité comprise entre 7 500 et 15 600 mètres cubes.

Le GNL sera distribué par voie *maritime* au moyen de navires spécialisés (bettoline) pouvant transporter environ 1 000 à 2 000 mètres cubes de gaz et par voie *terrestre* au moyen de camions-citernes (camions articulés avec semi-remorque à trois essieux) d'une capacité de 44 tonnes et de 300 kW ou plus. En général, l'installation de stockage conçue par Edison S.p.A. est donc conçue pour fonctionner de quatre manières principales:

- Opérations de déchargement des méthaniers;
- Opérations de chargement de camions-citernes;

- Des opérations de chargement plus légères;
- le stockage de GNL en l'absence d'opérations de chargement et de déchargement.

Il sera divisé selon les domaines fonctionnels suivants:

- une *zone d'accostage et de transfert de GNL* qui comprend les infrastructures et les installations pour l'amarrage des méthaniers et des allèges et tous les équipements nécessaires pour le transfert et le comptage corrects du GNL et du gaz d'échappement ou de la vapeur/gaz de retour pendant le déchargement des méthaniers et le chargement des allèges;
- une *zone de stockage de gaz naturel liquéfié* comprenant des réservoirs de stockage cryogénique et tous les équipements annexes et auxiliaires nécessaires à leur bonne gestion;
- la *salle de contrôle pour la supervision* et la gestion du dépôt côtier;
- une *zone de chargement des citernes*, comprenant les baies de chargement/refroidissement des citernes, les systèmes de mesure de la charge et tous les systèmes auxiliaires pour un fonctionnement et une gestion corrects; une zone de gestion des gaz d'échappement comprenant les moteurs à combustion interne (MCI) pour la production d'énergie électrique destinée à couvrir uniquement l'autoconsommation de l'installation, les moteurs Stirling à cycle inverse pour la reliquéfaction du BOG et la torche de secours. L'usine est équipée d'un système de détection des gaz, des incendies et des fuites, ainsi que d'un système d'alarme qui, combiné à un système actif et passif de lutte contre les incendies à l'eau et à la mousse, minimise les risques et les dommages causés par les fuites de gaz et les incendies.

Du côté de l'avitaillement, les postes d'amarrage seront en mer, tandis que le déchargement du gaz vers l'usine se fera sur le quai à l'intérieur du port, caractérisé par une longueur de 185 mètres et un **tirant d'eau de 11 mètres**. La zone de stockage sera constituée de sept réservoirs de stockage hors sol métalliques cylindriques horizontaux à confinement total, chacun étant constitué d'un réservoir externe et d'un réservoir interne en acier inoxydable d'une capacité nominale de 1430 m³ chacun. Les centres de population les plus proches de la zone identifiée sont: Oristano, situé à une distance minimale d'environ 3,1 km au nord-est; Santa Giusta, situé à environ 3,5 km à l'est. Le soutage n'est pas prévu par la modalité TTS (Truck to Ship) mais un bon niveau d'accessibilité est garanti pour le ravitaillement du terminal aux véhicules de transport routier, la zone de ravitaillement est en effet à environ 1 km de la porte du port. Le dépôt est cependant distant de la ligne ferroviaire Cagliari-Golfo Aranci Marittima de 6 km. La distance par rapport au réseau routier principal (SS 131) est d'environ 5 km. Aucune route urbaine ou suburbaine vers la porte du port n'est encore prévue.

4.1.7.3.1.2 Dépôt côtier "Terminal Higas di Oristano" de Higas

L'installation de stockage de GNL en cours de construction dans le port d'Oristano (coordonnées 39°51'36" de latitude N et 8° 33'33" de longitude E) a été autorisée par le ministère de l'Environnement et est actuellement en cours de construction par la société Higas S.r.l., qui est également l'entité gestionnaire (Figure 88). Le processus d'autorisation a été conclu et les travaux ont débuté en 2018. La durée de construction devrait être de 24 mois et l'achèvement des travaux est prévu pour 2020. L'installation a pour but de recevoir du GNL provenant de méthaniers de taille moyenne, de le décharger dans l'objet de stockage de l'initiative pour être ensuite utilisé, principalement sous forme liquide, comme combustible à usage industriel, terrestre et partiellement comme gaz (NG) à distribuer dans les réseaux de pipelines déjà partiellement existants dans la zone en question.

Les principales caractéristiques de l'usine peuvent être résumées comme suit:

- Dimensions de l'usine (occupation du sol): environ 28 800 m²;
- 6 réservoirs cryogéniques de 1 500 m³ chacun pour une capacité totale de stockage de 9 000 m³ de GNL, ce qui permettra de traiter, lorsqu'ils seront pleinement opérationnels, 120 000 t de GNL par an;
- Un quai dédié aux opérations de déchargement et de chargement du GNL;
- Un abri de chargement pour ravitailler deux pétroliers en même temps;
- Système de gestion BOG.



Figure 89 - Le terminal GNL à petite échelle d'Oristano (Source: Gas&Heat)

Côté route, le terminal pourra charger deux camions-citernes simultanément et distribuer du GNL à l'intérieur des terres à divers utilisateurs finaux. Le terminal permettra également de fournir du GNL aux plateformes centrales de l'île (par exemple Cagliari) tout en

desservant potentiellement le centre et le sud de l'Italie, améliorant ainsi la durabilité du secteur des transports à une plus grande échelle.

Le terminal sera en mesure de charger du GNL sur des navires légers, pour alimenter des navires alimentés au GNL et d'autres installations de stockage et de distribution en Méditerranée occidentale.

Les données de processus suivantes sont importantes pour la caractérisation de l'usine:

- Débit maximal du terminal: 600 m³/h
- Temps de chargement des camions-citernes: 1h
- Temps de chargement du navire de soute: 12h
- Capacité maximale de chargement du navire de soute: 240 m³/h
- Volumes annuels traités à plein régime: 120 000 t/an
- Taux maximal de distribution de GNL: 750 m³/d

Le chargement de l'usine est assuré par un Carrier Vessel (CV), un petit méthanier d'une capacité comprise entre 5 000 et 7 000 m³, qui approvisionne l'installation de stockage de GNL environ deux à trois fois par mois. Les résultats de l'installation sont, pour les utilisateurs de liquides: le chargement du GNL dans des camions-citernes pour le transport ultérieur par route vers les utilisateurs industriels et le chargement du GNL sur des navires de soute (BV), c'est-à-dire l'utilisation du GNL sous forme liquide comme carburant pour la marine; pour les utilisateurs de gaz: le GNL vers les utilisateurs finaux dans la zone industrielle et les utilisateurs civils potentiels à Oristano. L'avitaillement se fera au moyen d'allèges de 1 000 m³ (Pioneer Knutsen Mini LNG) par le biais de la solution technologique STS (Ship to Ship) et l'opération de chargement de l'allège nécessitera un temps de fonctionnement (comprenant le transfert proprement dit et les opérations annexes) d'environ 12 heures. Le transfert du GNL vers les 6 réservoirs de stockage cryogéniques à terre s'effectue à l'aide de pompes installées à bord du navire. Le GNL stocké dans les réservoirs peut ensuite être envoyé au moyen de pompes, soit vers la ligne de chargement des allèges, soit vers la station de chargement des pétroliers.

L'usine de stockage est composée des principales unités fonctionnelles suivantes: unité d'interface navire/usine concernant la zone portuaire du dépôt et composée principalement des bras de chargement qui permettent la connexion sécurisée entre les navires (tant les méthaniers que les navires de soute) et l'usine; unité de stockage de gaz naturel liquéfié composée de 6 réservoirs de confinement total d'une capacité nette de 1500 m³ chacun et des utilités de contrôle et de distribution associées. Cette unité comprend également le système de liquéfaction, composé de 4 usines de liquéfaction "Stirling" à cycle inversé; l'unité de livraison du gaz naturel aux utilisateurs, composée de compresseurs, de

vaporisateurs, de réservoirs de stockage intermédiaires, de lignes et de systèmes de contrôle, de générateurs de gaz électrique; unité de chargement de camions-citernes constituée d'un abri de chargement avec deux stations pour le chargement simultané de deux camions-citernes et de systèmes de distribution et de contrôle; unité de système d'aération constituée des tuyaux de collecte des aérations du système et des soupapes de sécurité et de la torche chaude; unité de contrôle du système: depuis la salle de contrôle principale et la salle de contrôle des quais; unité de prévention: surveillance et prévention des incendies.

Compte tenu de l'importance de la sûreté et de la sécurité, la centrale est équipée d'un système de sécurité, conçu selon un critère de "sécurité intégrée" appelé "arrêt d'urgence" (ESD), qui effectue les tâches d'identification, de signalisation, de prévention et de gestion des conditions dangereuses et/ou d'urgence, en agissant de manière autonome par le biais de routines prédéfinies pour rétablir les conditions de sécurité de la centrale. Chaque routine déclenchera également une alarme sonore et visuelle dans les zones habitées de l'installation et communiquera aux dispositifs de lutte contre l'incendie qu'un verrouillage s'est produit afin d'activer les routines correspondantes si nécessaire. Le système est fabriqué conformément à la norme IEC 61508 "Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables liés à la sécurité (E/E/PE, ou E/E/PES)" et repose sur un logiciel et un matériel PLC certifiés pour les applications de sécurité (certification SIL).

Le type de postes d'amarrage pour l'avitaillement sera en mer, tandis que pour le déchargement/chargement du GNL, il sera à l'intérieur du quai du port, un quai d'une longueur de 200 mètres et d'un tirant d'eau de 10 mètres à l'infrastructure. Il y aura 1 couchette pour le chargement/déchargement. 6 réservoirs de stockage sont prévus, chaque réservoir est contenu individuellement dans une seconde enceinte en béton armé, la cavité interne étant remplie de perlite pour assurer l'isolation. Les villes les plus proches de l'usine de stockage sont: Oristano, situé à une distance minimale d'environ 3,1 km au nord-est; Santa Giusta, situé à environ 3,5 km à l'est. Il n'est pas possible d'effectuer des opérations d'avitaillement en utilisant la modalité Truck to Ship mais il y a, cependant, un bon niveau d'accessibilité pour le ravitaillement du terminal par des véhicules routiers, la zone de ravitaillement est en effet à 2,5 km de la porte du port. La distance par rapport aux routes principales (SS 131) est d'environ 5 km. Du point de vue ferroviaire, le dépôt est éloigné de la ligne maritime Cagliari-Golfo Aranci, qui se trouve à 6 km. Aucune route urbaine ou suburbaine n'a été prévue pour accéder à la porte du port.

4.1.7.3.1.3 IVI Dépôt côtier Petrolifera

Dans le port d'Oristano, la construction d'une installation côtière de stockage de GNL a été autorisée par le ministère de l'environnement. L'infrastructure est en phase de planification, les travaux devraient commencer en 2019 et se terminer en 2020, le temps de construction

estimé est de 10 mois. L'installation sera située à 39°86'76" de latitude nord et 8°54'78" de longitude est. La société de construction et de gestion est IVI Petrolifera (Figure 88).

Le projet prévoit la mise en œuvre d'une chaîne d'approvisionnement qui comprend la fourniture de GNL par des méthaniers, son stockage à l'usine et sa distribution ultérieure par voie terrestre par des navires-citernes et par voie maritime par des bateaux (allèges). Du point de vue de la taille de l'infrastructure, la taille prévue du terminal est de 30.000 m², il permettra un stockage volumétrique d'environ 9.000 m³ et la quantité annuelle manipulée sera égale à un maximum de 60.000 m³ de GNL. Le stockage côtier sera alimenté par de petits transporteurs de gaz d'une capacité comprise entre 4 000 et 5 000 m³; la distribution pourra être assurée par des navires-citernes d'une capacité d'environ 50 m³ et par des allèges d'une capacité de 500 m³.

Le chargement des briquets nécessitera un temps opérationnel (transfert plus opérations annexes) d'environ 10 heures. Des connexions possibles avec des gazoducs en Sardaigne sont prévues. La technologie de soutage utilisée sera le STS (Ship to Ship), qui prévoit le soutage du navire alimenté au GNL par l'intermédiaire d'une barge ou d'un autre type de navire. La barge ou le navire s'approche du navire pour s'y amarrer. Le dépôt recevra le GNL de transporteurs de gaz qui déchargeront le gaz naturel à l'état liquéfié au quai de déchargement. Les pompes du transporteur de gaz fourniront une hauteur de chute suffisante pour envoyer le GNL vers les réservoirs de stockage cryogéniques. Le transfert du GNL, en particulier, sera effectué au moyen d'un bras de chargement de la phase liquide caractérisé par un diamètre de 8". Le chargement du GNL dans les allèges se fera par le biais de trois pompes de surpression. Les pompes de surpression aspireront les réservoirs et, en fonctionnement normal, enverront le GNL vers les allèges en utilisant la même ligne de décharge du méthanier comme contre-courant.

En conditions normales de fonctionnement, les 3 pompes seront toutes opérationnelles, dimensionnées dans la configuration 3 à 33% de la capacité de charge maximale des allèges, soit 255 m³/heure. Il y aura deux baies de chargement de GNL sur les navires-citernes. Les baies seront alimentées par l'une des trois pompes de transfert de GNL. Le dépôt côtier sera conceptuellement divisé en zones fonctionnelles suivantes une zone d'accostage et de transfert de GNL, qui comprend les infrastructures et les dispositifs d'amarrage des méthaniers et des allèges, déjà existants à l'heure actuelle, et tous les dispositifs et équipements nécessaires au bon transfert, lors du déchargement des méthaniers et du chargement des allèges; une zone de stockage du GNL, qui comprend les réservoirs de stockage et tous les dispositifs auxiliaires nécessaires à leur bonne gestion, ainsi que la salle de contrôle pour la supervision et la gestion de l'installation et le générateur diesel de secours; une zone de chargement des camions-citernes, qui comprend les baies de chargement/refroidissement des camions-citernes, les systèmes de mesure de la charge et tous les systèmes auxiliaires nécessaires à leur bon fonctionnement et à leur gestion.

Du point de vue de la sûreté et de la sécurité, l'installation est équipée de dispositifs de déchargement rapide des bras de déchargement, de systèmes de contrôle du chargement du GNL dans le réservoir, de l'adoption de matériaux adaptés au service cryogénique, de réservoirs de confinement total à double paroi. L'usine est équipée d'un système d'arrêt d'urgence (ESD). Les systèmes de détection de gaz et d'incendie suivants sont également présents dans les différentes zones de l'usine: détecteurs de flamme, détecteurs de gaz et détecteurs de température (haute et basse). Comme il s'agit d'une nouvelle technologie, il n'existe que des estimations indicatives concernant la demande de services de soutage dont la valeur se situe entre 138 000 et 400 000 mètres cubes de GNL, une estimation pour 2030.

En ce qui concerne le type de postes d'amarrage destinés à l'avitaillement du GNL, il s'agira d'un poste offshore. En revanche, pour ce qui est du déchargement et du chargement du GNL des méthaniers vers l'infrastructure, il s'agira d'un poste à quai à l'intérieur du port, d'une longueur de 190 mètres, avec un tirant d'eau autorisé de 11,5 mètres.

La zone de stockage du GNL est caractérisée par 9 réservoirs cylindriques horizontaux sous pression, chacun d'une capacité utile d'environ 1 000 m³, installés en surface avec un double confinement total, chacun étant constitué d'un réservoir externe et d'un réservoir interne, tous deux en acier inoxydable cryogénique.

Les centres de population les plus proches de l'infrastructure sont Oristano, situé à une distance minimale d'environ 3,1 km au nord-est et Santa Giusta, situé à environ 3,5 km à l'est. Il y a une distance d'environ 800 mètres entre l'amarrage et les zones où se trouvent les dépôts. En ce qui concerne l'accessibilité de l'installation, du point de vue routier, la possibilité d'avitaillement n'est pas prévue par le mode TTS (Truck to Ship), c'est-à-dire par des camions-citernes, en ce qui concerne plutôt le ravitaillement avec des moyens de transport sur caoutchouc il semble y avoir un bon niveau d'accessibilité: la zone de ravitaillement des véhicules est en fait environ 1 km de la porte du port.

La distance par rapport au réseau routier principal (SS 131) est d'environ 5 km. Du point de vue ferroviaire, par contre, le dépôt est éloigné de la ligne ferroviaire maritime Cagliari-Golfo Aranci, il y a en effet environ 6 km qui séparent l'accès au port du réseau ferroviaire. Enfin, aucune route urbaine ou suburbaine pour accéder au port n'est encore prévue.

4.1.7.3.2 Cagliari

La construction du terminal GNL est prévue dans le port-canal de Cagliari. Le projet vise à construire un terminal pour le gaz naturel liquéfié qui puisse garantir aux utilisateurs civils et industriels de la Sardaigne la possibilité d'utiliser le gaz comme source d'énergie alternative et qui puisse représenter un pôle important dans la zone méditerranéenne pour l'avitaillement des navires fonctionnant au GNL.

Le projet a été autorisé par le Ministère de l'Environnement et l'entité de gestion et de mise en œuvre est ISGAS ENERGIT MULTIUTILITIES S.p.A. (Figure 90).

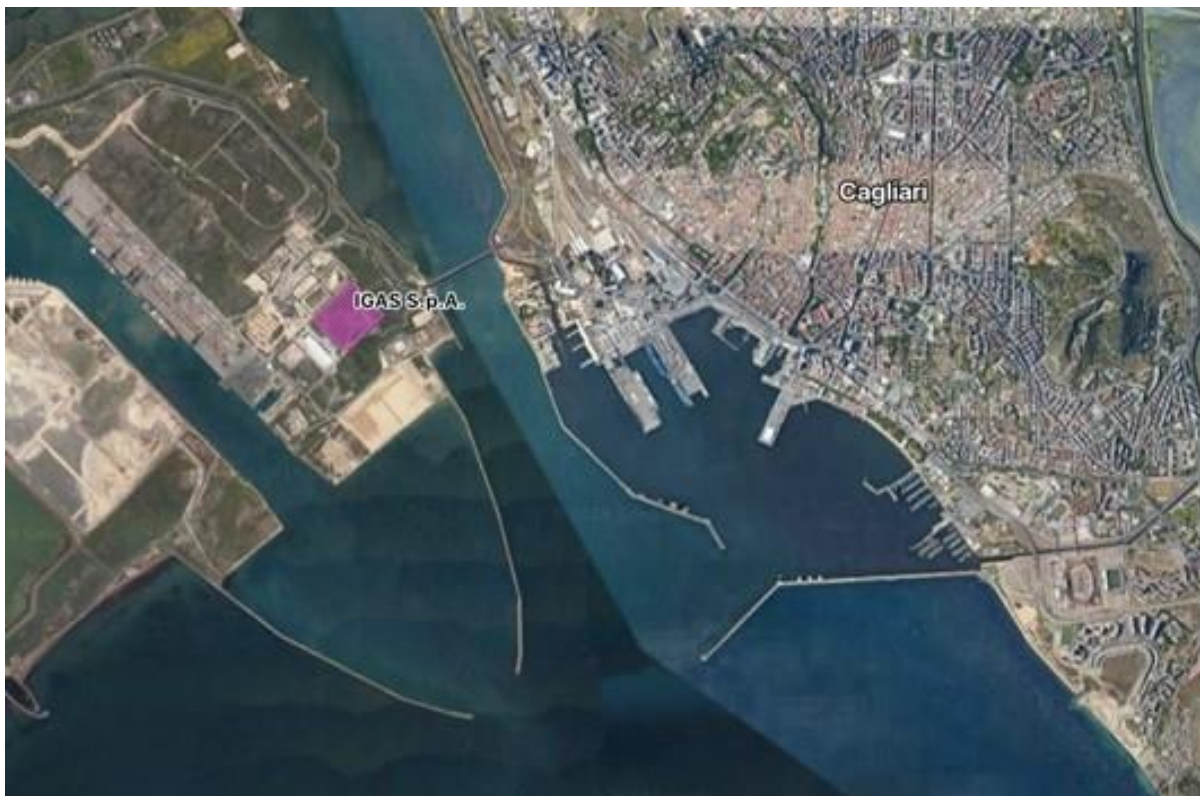


Figure 90 - Installation de stockage de GNL dans le port de Cagliari

D'un point de vue dimensionnel, la construction d'un terminal de 69 500 m² est prévue avec une capacité de stockage totale de 22 068 m³ et une capacité de manutention d'environ 1 440 000 m³ de GNL par an. Il sera fourni par de petits transporteurs de gaz d'une capacité comprise entre 7 500 et 20 000 mètres cubes et alimentera non seulement les navires fonctionnant au GNL mais aussi les réseaux de distribution existants à Cagliari.

Les solutions technologiques envisagées pour le soutage du GNL sont le TTS (Truck to Ship), qui consiste à relier un camion-citerne au navire récepteur au niveau du quai au moyen d'un tuyau flexible, et le STS (Ship to Ship), dans lequel le GNL est livré aux navires récepteurs à partir d'un autre navire, d'un bateau ou d'une barge amarrés du côté opposé du quai, et PTS (Port to Ship) également appelé Terminal to Ship dans lequel le GNL est transféré directement d'une petite unité de stockage telle qu'un réservoir de stockage de GNL, une petite station ou un terminal d'importation/exportation vers le navire alimenté en GNL.

Le projet prévoit l'arrivée de petits gaziers (d'une capacité d'environ 15 000 mètres cubes) qui s'amarreront au quai dédié et transféreront le GNL dans les réservoirs grâce à des bras de chargement. Les opérations de chargement des navires pourront être effectuées

simultanément avec le déchargement des méthaniers ou les opérations de soutage et, dans le premier cas, permettront le déchargement des navires en assurant une capacité de transfert maximale jusqu'à 1000 m³/h, tandis que pour les phases de soutage la capacité maximale sera de 250 m³/h. Du point de vue de l'aménagement du futur terminal de ravitaillement en GNL, sept macro-zones sont envisagées comme suit:

- Une zone de chargement et de déchargement de gaz naturel liquéfié caractérisée par la présence de bras de chargement;
- Une zone de stockage et de pompage de GNL;
- Une zone abritant les vaporisateurs;
- Une zone utilisée pour les quais de chargement des camions-citernes;
- Une zone où la gestion des gaz d'échappement (BOG) a lieu;
- Une zone de torche;
- Un espace dédié à la filtration, la mesure et l'odorisation du gaz méthane.

La zone de stockage de GNL prévoit la construction de 18 réservoirs métalliques cylindriques horizontaux de surface de type "full containment". Les réservoirs seront disposés en trois groupes, chacun composé de six réservoirs (avec un grand axe parallèle), garantissant une distance minimale de 6 mètres entre un réservoir et un autre. Les réservoirs seront dotés d'une double couche d'acier cryogénique à confinement total et d'une couche isolante constituée d'une cavité sous vide remplie de perlite. Le site est situé au sud-ouest du centre-ville de Cagliari, qui se trouve à environ 2 km. Un bon niveau d'accessibilité sera garanti pour le soutage avec des véhicules routiers, en effet, la porte du port est à 1,4 kilomètres du point d'accostage pour le soutage naval.

Un bon niveau d'accessibilité sera également assuré pour le ravitaillement des véhicules de transport routier; l'aire de ravitaillement se trouve à environ 1,5 kilomètre de la porte du port. La distance par rapport au réseau routier principal (SS 195) est d'environ 1,5 km. En ce qui concerne le transport ferroviaire, il a été constaté que le dépôt se trouve à environ 5 kilomètres de la gare de Cagliari. Aucune route urbaine ou suburbaine n'est encore prévue pour accéder à la porte du port.

4.1.7.3.3 Porto Torres

En même temps que le feu vert a été donné pour la construction d'une installation de réception et de distribution de GNL dans la zone portuaire d'Oristano, en juillet 2018, le processus de création d'une autre infrastructure de GNL à Porto Torres a été lancé grâce à l'avis favorable du Comité de gestion de l'Autorité du système portuaire de la mer de Sardaigne. Le CIP (Consorzio Industriale Provinciale) de Sassari a renouvelé son avis favorable sur le projet et a déjà obtenu le projet de faisabilité technico-économique, le

rapport préliminaire de sécurité, l'évaluation stratégique environnementale et le financement du ministère du développement économique pour la fourniture et l'installation de trois barrages de chargement et de déchargement.

4.1.7.4 Infrastructures pour le soutage et le stockage du GNL dans les ports de la région PACA

En région PACA, les infrastructures liées à la chaîne logistique des infrastructures déjà opérationnelles, autorisées ou en cours d'autorisation et les hypothèses de projet suivantes ont été cartographiées (Figure 91):



Figure 91 - Usines de GNL de la région PACA

- **Terminal méthanier de Fos-Tonkin:** exploité par la société Elengy; capacité de regazéification: 5,5 milliards de m³; installation déjà opérationnelle.
- **Terminal méthanier de Fos-Cavaou:** exploité par Elengy; capacité de regazéification: 8,25 milliards de mètres cubes; installation déjà opérationnelle. Avitaillement en GNL dans la zone du port maritime: étude de faisabilité.
- **Hypothèse de projet dans le port de Toulon:** demande d'autorisation non encore déposée.

4.1.7.4.1 Terminal méthanier de Fos-Tonkin

Le terminal méthanier de Fos-Tonkin a démarré en 1972 grâce à une collaboration avec l'Algérie, dans le but de recevoir de grandes quantités de gaz algérien pour alimenter les régions centrales de la France et la région parisienne, devenant au fil du temps un point stratégique en Méditerranée pour le développement du GNL (jusqu'en 2015, le terminal a vu arriver plus de 5500 navires transportant du GNL).

Le terminal, situé à Fos-sur-Mer à 50 km à l'ouest de Marseille, (coordonnées géographiques 39°86'76"N et 8°54'78"E) a été construit peu après le développement du GNL.



Figure 92 - Terminal GNL de Fos Tonkin

D'un point de vue technique et opérationnel, le gaz est refroidi à -160° en Algérie et chargé sur des navires sous forme liquide; en France, il est ensuite déchargé, chauffé et transformé en gaz et distribué par des gazoducs dans les régions voisines ou transporté par voie terrestre par des camions-citernes pour répondre aux besoins énergétiques nationaux. Grâce aux améliorations techniques et opérationnelles réalisées au fil des ans, le terminal dispose aujourd'hui d'une capacité de stockage totale de 150 000 mètres cubes grâce aux 3 réservoirs existants et d'une capacité de regazéification de 5 500 000 mètres cubes par an.

Compte tenu du niveau d'accessibilité du terminal, en ce qui concerne l'accessibilité routière, il existe à proximité la route départementale D268 qui permet de relier La Penderie à Cognol. Le terminal est situé à une distance d'environ 12 km du centre ville de Fos-sur-Mer et à environ 6 km de la zone bâtie la plus proche.

En avril 2019, le terminal de Fos-Tonkin a été équipé d'un deuxième quai de chargement afin de répondre à la demande de détail croissante de GNL et dans l'attente de la mise en service de la station de chargement des camions-citernes du terminal de Fos Cavaou, atteignant ainsi 4 créneaux de chargement par jour et une capacité de près de 9 000 cargaisons par an.

4.1.7.4.2 Terminal méthanier de Fos-Cavaou

Après le démarrage du terminal méthanier de Fos-Tonkin en 2010, le terminal de Fos-Cavaou est devenu opérationnel, également dans la région de Fos-sur-Mer. Il représente un point stratégique sur le marché français et européen des navires transportant du GNL,

accueillant plus de 250 méthaniers grâce à son accès direct sur la mer et à la possibilité d'accueillir des navires Q-Max, navires d'une longueur de 345 mètres et d'une capacité de stockage de 266 000 mètres cubes de GNL.

Le terminal, avec l'arrivée du navire Q-Max Al Mafyar en 2013, est devenu un terminal capable d'accueillir des navires de 15 000 m³ à 267 000 m³, contrairement au terminal de Fos-Tonkin qui offre la possibilité d'amarrer des navires de 7 500 m³ à 75 000 m³.

A titre d'exemple de la taille et du fonctionnement des terminaux Elengy, les principales caractéristiques du terminal de Fos Cavaou, qui est un point d'entrée du GNL visant à devenir le principal *HUB* du marché français et parmi les premiers en Europe, sont résumées ci-dessous:

- s'étendant sur une superficie de 80 hectares;
- capacité de regazéification de 8,25 milliards de m³ par an;
- capacité de stockage combinée de 330 000 m³ de GNL avec trois réservoirs de 110 000 m³;
- capacité minimale/maximale admissible des méthaniers: 15 000/270 000 m³;
- profondeur minimale: 15 m.

Fosmax LNG étudie actuellement les options permettant d'augmenter la capacité opérationnelle afin de répondre à la demande potentielle des clients en 2020 et de contribuer plus efficacement à la sécurité de l'approvisionnement en gaz naturel en France et en Europe. Cela nécessiterait la construction d'un ou deux réservoirs de stockage supplémentaires, ce qui doublerait la capacité d'émission de l'installation pour la porter à 16,5 Gm³/an.

En ce qui concerne les services actuels et futurs à petite échelle, suite à la croissance rapide du marché du GNL à petite échelle, Elengy a déjà développé un service de chargement de camions-citernes et de conteneurs ISO dans ses terminaux.



- Le service est disponible sur réservation et le client devra acheter la cargaison de GNL auprès de l'un des fournisseurs avant la date de chargement.
- Elengy est chargée d'inspecter et d'approuver les semi-remorques avant leur premier remplissage.
- Jusqu'à 4 camions-citernes peuvent être chargés simultanément grâce à une tuyauterie cryogénique flexible.

Fosmax LNG prévoit également de renforcer son service de ravitaillement des camions-citernes en augmentant le nombre de stations de recharge à Montoir et à Fos.

En ce qui concerne le développement du marché des services à petite échelle pour le transport routier, il faut souligner qu'à l'heure actuelle, en plus d'être le fournisseur de Total Marine Fuels Global LNG et de la plate-forme de GNL marin et fluvial, Marseille-Fos est le principal point d'approvisionnement italien en GNL par navire-citerne.

Du côté de la mer, l'installation de Fos Tonkin offre déjà des services de soutage jusqu'à 7 500 m³. D'ici 2021, Elengy prévoit d'étendre les activités de soutage du terminal en assurant l'approvisionnement en GNL d'au moins 100 unités. Fosmax LNG a également initié un projet de modification de quai qui permettra au terminal de Fos Cavaou d'accueillir des méthaniers d'une capacité inférieure à 20 000 mètres cubes qui, après avoir été avitaillés à Fos Cavaou, pourront effectuer leurs opérations d'avitaillement en GNL dans le port de Marseille-Fos et sur d'autres sites en Méditerranée en approvisionnant des porte-conteneurs, des bateaux de croisière ou des ferries fonctionnant au GNL.

Au total, un investissement d'environ 3 millions d'euros est prévu, financé à 30% par l'Union européenne, qui permettra d'effectuer les changements suivants:

- adaptation des bras de chargement pour permettre le raccordement de navires plus petits;
- de nouveaux systèmes d'amarrage sur la jetée pour accueillir des navires d'une longueur de 100 mètres ou plus;
- Dispositifs d'embarquement modifiés pour tenir compte de la hauteur de pont inférieure des navires de petite taille de GNL;
- l'installation d'une vanne de contrôle sur un second bras de chargement pour sécuriser les opérations de chargement;

- l'achat de bras de chargement de rechange pour assurer la continuité du service pendant la phase de maintenance, même en cas de dysfonctionnements/défaillances.

Le terminal, qui devrait être achevé d'ici juin 2019, permettra le ravitaillement en toute sécurité d'environ 50 *pétroliers de petite taille* par an (environ un par semaine).

Ce nouveau service renforcera la plate-forme GNL de Fos Cavaou, qui peut accueillir le déchargement de *très gros méthaniers* (type Q-Max) d'une capacité allant jusqu'à 265 000 mètres cubes.

La charge des briquets s'effectue à un rythme de 4 000 m³ par heure, ce qui permet de réaliser un cycle de charge standard d'environ 48 heures.

Comme le montre le tableau ci-dessous, les tarifs appliqués à l'usine de Marseille Fos pour les services Small Scale sont différenciés par catégorie et par volume.

<i>Service à petite échelle</i>	volumes (m ³)	€/m ³
<i>Chargement des briquets</i>	15.000	6,67 €
	7.500	10,00 €
	4.000	12,5 €

Tableau 88 - Tarifs des services GNL à petite échelle appliqués au terminal de Fos Marseille

Selon une délibération adoptée par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) le 29 juin 2017 relative aux tarifs d'accès des micro méthaniers au port de Fos Cavou, le prix d'accès au service de recharge en GNL est en effet égal au maximum entre le prix fixe de 50 000 € et le prix calculé sur la base d'un tarif de 1,5 € / MWh pour la quantité de cargaison selon la formule $P = \text{Max} [50\ 000\ €; \text{TQRMM} \times \text{QRMM}]$.

Le tarif a été approuvé sur la base d'une prévision de 40 chargements par an attendus par Elengy une fois le service commencé, sur la période tarifaire 2019-2023 fixée par la CRE pour le service de rechargement à petite échelle.

Situé à environ 5 km du centre de Fos-sur-Mer, le terminal dispose d'une accessibilité routière garantie par la proximité de la route nationale N568 qui rejoint la route nationale N113 à l'autoroute A55 à l'entrée de Martigues, ceci assure un haut niveau d'accessibilité routière au terminal de gaz naturel liquéfié.

4.1.7.4.3 Toulon

A l'ouest du port de Toulon, le site de La Seyne Brégaillon, principalement dédié au trafic RoRo, est composé de deux terminaux et d'une zone industrielle et technologique. Il

bénéficie d'une excellente accessibilité tant par la route, compte tenu de sa proximité avec l'accès à l'autoroute A50, que par le rail, puisqu'il offre un accès ferroviaire direct au port. Le questionnaire reçu par le directeur commercial et directeur des ports de la Métropole Toulon Provence Méditerranée, Christopher Ackland, souligne l'existence d'un projet de construction d'une infrastructure dédiée à l'avitaillement et au stockage du GNL au Terminal Commerce de Brégaillon. Les principaux acteurs impliqués dans la réalisation de ce projet ont été identifiés: l'ordonnateur sera le Directeur du Port Métropole, un partenariat public-privé gèrera l'installation et l'entreprise responsable de la construction sera le Co-maître d'ouvrage. Les travaux devraient commencer en 2021 et se poursuivre jusqu'en 2026.

4.1.7.5 Infrastructure pour le soutage et le stockage du GNL dans les ports corses

La Corse, afin de maintenir son attractivité et sa position concurrentielle dans l'espace méditerranéen, devra prévoir un plan d'équipement et de logistique pour relever les défis qui l'attendent dans un avenir proche, notamment pour se conformer aux règles imposant la réduction des émissions de CO₂ des vecteurs énergétiques traditionnels. En effet, comme les autres régions d'Italie et de France, elle devra prévoir un plan de développement et la construction d'infrastructures qui permettront le stockage et le soutage du GNL dans les ports. Certains armateurs opérant en Corse mettent en effet en service des navires qui seront alimentés au GNL. Corsica Ferries, par exemple, une compagnie maritime franco-italienne qui transporte chaque année plus de 3,5 millions de passagers entre la France et l'Italie, a annoncé qu'elle allait augmenter sa flotte de 13 navires avec l'arrivée de deux nouveaux ferries à moteur GNL. Les deux futurs ferries seront des navires rapides de nouvelle génération, d'une capacité de 2 200 passagers et 700 véhicules, afin de réduire l'impact environnemental et de se conformer aux futures réglementations limitant les émissions de soufre des navires.

Un autre grand armateur opérant en Corse, la compagnie La Méridionale, a lancé en 2018 un projet afin de répondre aux besoins énergétiques des navires ancrés dans les ports corses, en utilisant le gaz naturel liquéfié en collaboration avec la société Air Flow.

Afin de garantir l'énergie nécessaire au port, une expérience a été lancée à Ajaccio: le transport et le stockage dans le port de gaz naturel liquéfié, qui est ensuite utilisé pour alimenter les générateurs. La Corse a également réalisé une étude sur un regazéifieur flottant au large de Lucciana et une étude sur un gazoduc. Le port d'Ajaccio a également réalisé un test avec un générateur de GNL sur des navires situés à 150 mètres du quai (source: Office des Transports de la Corse).

5 Le système d'infrastructure GNL de la zone du programme par rapport à l'Europe et à la Méditerranée

5.1 Analyse du système d'infrastructure pour le GNL en dehors de la zone du programme

Après avoir analysé les infrastructures et les solutions pour le soutage et le stockage du GNL qui existent ou sont en cours de planification dans les ports qui font partie de la zone d'objectif du projet (Ligurie, Toscane, Sardaigne, Corse et région PACA), l'étude et l'analyse des infrastructures et des solutions pour le soutage et le stockage du GNL qui existent ou sont en cours de planification dans les ports italiens et français situés en dehors de la zone d'objectif et dans les principaux ports méditerranéens, en particulier en Espagne et dans certains pays de la région MENA (Figure 12).

ITALIA	MENA	SPAGNA	FRANCIA
Venezia	Bahrain	Bilbao	Dunkerque
Ravenna	Ain Sokhna	Barcellona	Montoir-de-Bretagne
Gioia Tauro	Haifa	Sagunto	
Rovigo	Aqaba	Cartagena	
Napoli	Mina Al Ahmadi	Huelva	
Crotone	Al-Zour	Mugardos	
Augusta	Libano		
	El Jadida (porto di Jorf Lasfar)		
	Ruwais		
	Jebel Ali		
	Fujairah		
	Al Hamriyah		

Figure 93 - Infrastructures GNL en dehors de la zone du programme

On trouvera ci-après une description des infrastructures et des solutions de soutage et de stockage du GNL existantes ou prévues dans les ports italiens et français et dans le terminal espagnol de Barcelone.

5.1.1 Italie

En ce qui concerne les autres régions italiennes qui ne font pas partie de la zone d'objectif du projet, un *terminal de regazéification* appelé *Terminale GNL Adriatico* exploité par Adriatic LNG est opérationnel en Vénétie avec une capacité de regazéification de 8 milliards de m³.

En ce qui concerne les installations de stockage côtier, l'installation de stockage côtier qui sera exploitée par Edison and Pir dans le *port de Ravenne* avec une capacité de stockage de 20 000 mètres cubes a déjà été autorisée. L'autorisation est encore en attente pour le terminal de regazéification et de soutage exploité par LNG Medgas Terminal dans le *port de Gioia Tauro* avec une capacité de stockage de 160 000 mètres cubes et l'installation de stockage côtier exploitée par Venice LNG dans le port de Marghera, à Venise, avec une capacité de 32 000 mètres cubes.

Grâce à une recherche en ligne, différentes études relatives au soutage et au stockage du GNL ont également été identifiées, à savoir:

- un projet d'installation de stockage de GNL dans le port de Crotona, avec une capacité de stockage estimée à 20 000 mètres cubes;
- une étude de préfaisabilité pour un dépôt côtier dans le port de Naples;
- une manifestation d'intérêt pour la construction d'un dépôt côtier dans le port d'Augusta.

5.1.1.1 Installation de stockage côtier de GNL à Venise

Le projet de construction d'un dépôt côtier de GNL à Porto Marghera (Venise) est promu par Venice LNG, une entreprise commune entre Decal et San Marco Gas.

La zone de stockage sera située à l'est de l'actuel site de stockage de pétrole Decal et l'usine sera approvisionnée par des gaziers de petite et moyenne taille (max 30 000 m³) en transit par le canal industriel sud, tandis que la distribution sera assurée par des petits pétroliers et des méthaniers (lighters).



Figure 94 - Rendu de l'installation de stockage côtier de GNL du terminal de Venise (Source: Venice LNG)

Les interventions prévues prévoient la mise en œuvre des principaux éléments suivants:

- Un seul réservoir de stockage d'une capacité de 32 000 m³ qui fournira une *rotation annuelle*, lorsqu'il sera pleinement opérationnel, de 900 000 m³/ an de GNL;
- Une nouvelle infrastructure sur le quai existant de DECAL1 pour permettre l'arrivée de méthaniers pour se ravitailler au dépôt;
- Un système de transfert de GNL pour permettre le chargement d'allèges de 3 000 m³ à un poste d'amarrage à l'est du quai DECAL1;
- 5 voies pour le chargement des camions-citernes;
- Systèmes de gestion des produits BOG;
- la création d'équipements et de bâtiments pour gérer le dépôt.

Du point de vue du trafic maritime, on estime qu'environ 50 navires arrivent chaque année (en moyenne un par semaine), tandis qu'en ce qui concerne les mouvements routiers, on estime qu'environ 48 pétroliers par jour peuvent être approvisionnés par l'usine.

La mise en œuvre du projet à Porto Marghera implique un investissement de plus de 100 millions d'euros. En 2018, un cofinancement de la Commission européenne de 18,5 millions d'euros a été reçu. D'un point de vue opérationnel, le terminal sera alimenté par des transporteurs de gaz de petite et moyenne taille (max 30.000 mètres cubes), l'avitaillement sera réalisé par des navires-citernes de petite taille et des transporteurs de GNL (lighters) grâce à la solution technologique Ship to Ship (STS) et par des camions grâce à la solution technologique Truck to Ship (TTS). La demande de GNL dans le port de Venise devrait s'élever à 873 000 tonnes/an d'ici 2030, dont 73% pour le transport routier, 19,7% pour le transport maritime et le reste dédié aux services portuaires et locaux. Analysant le type de postes d'amarrage, tant pour l'avitaillement que pour le chargement/déchargement des pétroliers au dépôt, le projet prévoit des postes à l'intérieur du port, près du quai. L'usine sera située à une distance de 4,9 kilomètres du centre de Mestre et à 2,1 kilomètres de la limite de la ville la plus proche. L'installation assurera un bon niveau d'accessibilité pour le soutage et le ravitaillement en GNL des véhicules routiers. Un niveau acceptable d'accessibilité routière est garanti (à environ 7 kilomètres), et un bon niveau d'accessibilité ferroviaire est garanti par un accès ferroviaire direct au port.

5.1.1.2 Installation de stockage côtier de GNL à Ravenna

Début 2018, l'évaluation de l'impact environnemental a été approuvée par le ministère du Développement économique pour le projet de construction d'une nouvelle installation côtière de stockage de GNL dans le port de Ravenna, qui sera gérée et construite par la société NewCo Deposit.

GNL italien. Le projet visant à faire du port de Ravenne la plaque tournante du gaz naturel liquéfié dans l'Adriatique prévoit la réalisation des travaux d'infrastructure et d'ingénierie nécessaires:

- l'accostage de méthaniers d'une capacité comprise entre 7 500 et 27 500 m³, avec possibilité de déchargement partiel jusqu'à la capacité de l'usine (20 000 m³), grâce à des barrages de déchargement;
- l'accostage de méthaniers, appelés allèges, d'une capacité comprise entre 1 000 et 4 000 mètres cubes, pour le chargement de gaz naturel liquéfié à partir du dépôt;
- le transfert du GNL des transporteurs de gaz aux réservoirs de stockage et de ces derniers aux allèges au moyen de bras de chargement;
- le chargement des camions-citernes destinés à alimenter les stations-service pour véhicules à moteur (capacité utile d'environ 40 m³);
- la distribution du produit sur le marché par le biais du chargement sur des camions-citernes.

En ce qui concerne l'aspect quantitatif, il est prévu de construire une usine avec un terminal de 23 000 m et une capacité de stockage totale de 20 000 m³ grâce à la construction de deux réservoirs de stockage permettant de stocker 10 000 m³ de GNL chacun. Il est également prévu que 1 000 000 m³ de GNL soient déplacés chaque année. D'un point de vue opérationnel, le projet prévoit la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement pour le transport du GNL par des méthaniers jusqu'au dépôt de réception pour le stockage et la distribution ultérieure par l'utilisation de pétroliers et de gaziers. Les dépôts seront approvisionnés par des navires de soutage d'une capacité comprise entre 7 500 et 27 500 mètres cubes, et l'approvisionnement des navires en GNL pourra être effectué au moyen de navires-citernes à quai, utilisant la solution technologique Truck to Ship (TTS) ainsi que par des allèges utilisant la solution technologique permettant le soutage du GNL Ship to Ship (STS). Les opérations de chargement de navires-citernes peuvent être effectuées simultanément avec le déchargement de méthaniers ou d'allèges. D'autre part, il ne sera pas possible de décharger des méthaniers ou d'autres types de navires et de charger des allèges en même temps.

Si l'on considère l'aspect de l'accessibilité au territoire entourant le port de Ravenne, le dépôt côtier se trouvera à une distance du centre ville le plus proche d'environ 11 kilomètres, le point frontière peuplé le plus proche se trouvant à environ 9 kilomètres. Le dépôt sera difficile d'accès pour les véhicules routiers, tant pour le soutage que pour le ravitaillement en GNL, en raison de son éloignement de la jonction autoroutière. Il n'existe actuellement aucun projet de liaison ferroviaire directe avec le dépôt de GNL.

5.1.1.3 Terminal de regazéification et services de soutage de Gioia Tauro

Le projet réalisé par la société Medgas Terminal consiste en la construction d'un terminal avec fonction de regazéification et possibilité d'avitaillement des navires. À ce jour, les activités de soutage ne peuvent être réalisées que par des camions-citernes avec un service à la demande. La taille prévue du terminal est d'environ 470 000 mètres carrés avec une capacité de stockage prévue de 160 000 mètres cubes répartis dans quatre réservoirs à double confinement. La capacité de regazéification annuelle prévue, comme indiqué précédemment, est de 12 milliards de mètres cubes par an. En ce qui concerne l'aspect opérationnel, des pipelines cryogéniques en acier à double confinement sont prévus pour le transport du gaz naturel liquéfié depuis le quai jusqu'à l'usine d'environ 4 kilomètres. Il est techniquement possible de se connecter au réseau national par des pipelines d'environ 7 kilomètres. En outre, en ce qui concerne le ravitaillement en GNL des navires, les services pourraient être rendus par les trois solutions technologiques mentionnées ci-dessous:

- Solution technologique Port to Ship, Terminal to Ship ou Pipeline (PTS) par réapprovisionnement direct au poste de chargement dans le port;
- Solution technologique Truck to Ship (TTS) par l'utilisation de camions-citernes;
- Solution technologique Ship to Ship (STS) par l'utilisation d'allèges alimentées par une station de chargement de gaz naturel à l'intérieur du port, au niveau du quai côté mer, actuellement sous-utilisé, qui pourra s'alimenter par un pipeline cryogénique; à partir du quai principal avec une adaptation spéciale des systèmes de chargement ou; par des pétroliers à leur tour alimentés à partir d'un quai de chargement dédié adjacent à la zone des réservoirs de l'usine.

L'installation en question permettra le ravitaillement en GNL de tous les équipements de manutention terrestres et maritimes (remorqueurs) utilisés dans les activités portuaires, elle pourra mettre à disposition des unités de réfrigération pour la plaque de froid et pour le développement des activités situées dans la zone industrielle de l'arrière-pays, et enfin elle permettra la distribution de GNL par petits méthaniers de Gioia Tauro vers d'autres dépôts côtiers, et la distribution de GNL vers des zones de stockage situées sur le territoire national par train et par camions-citernes. Un niveau élevé d'accessibilité ferroviaire est également envisagé en raison de l'accès ferroviaire direct au port. Grâce à la future distribution de GNL dans le port de Gioia Tauro prévue avec la construction du regazéifieur projeté, on estime que d'ici 2022, il y aura une augmentation des volumes traités résultant de l'attraction des navires de GNL (+15%). Le niveau considérable d'ancienneté sur le marché des ferries impliquera un renouvellement de la flotte d'ici 2030.

5.1.1.4 Terminal de regazéification de Rovigo

Le terminal Adriatic LNG est le premier regazéifieur offshore en béton au monde à recevoir, stocker et regazéifier du GNL. Il est situé à Porto Levante (Porto Piro) et sa construction a commencé en 2005 (après 48 mois, en 2009, il est devenu opérationnel).

Le terminal se compose d'une structure en béton armé, de deux réservoirs de stockage de GNL, d'installations d'amarrage et de déchargement pour les méthaniers, d'espaces réservés au personnel et d'un gazoduc relié au continent. L'installation s'étend sur 375 mètres de long et 115 mètres de large. La taille globale du terminal est de 43 125 m².

L'usine a une capacité de regazéification annuelle de 8 milliards de mètres cubes lorsqu'elle sera pleinement opérationnelle. Les deux réservoirs de stockage de 125 000 m³ déterminent une capacité totale de stockage de GNL de 250 000 m³.

D'un point de vue opérationnel, le dépôt est approvisionné par des méthaniers. La distribution du GNL (raccordement au réseau) se fait par un gazoduc sous-marin. Le gazoduc se raccorde à la côte près de Porto Levante et traverse le delta du Pô jusqu'à Cavarzere, dans la province de Venise, où une station a été construite pour mesurer le gaz en termes de quantité et d'importance. De la station, le gazoduc continue jusqu'à Minerbio, dans la province de Bologne, où il rejoint le réseau national de distribution de gaz. L'usine offshore est construite sur une île artificielle, c'est-à-dire une structure en béton armé, remorquée jusqu'à l'emplacement et coulée afin de créer une plate-forme pour les deux réservoirs et les usines, ce qui permet au navire d'accoster facilement. Un gazoduc est relié à la plate-forme pour acheminer le gaz vers le réseau de distribution.

Enfin, en termes d'accessibilité, l'usine est située à une distance de 15 kilomètres du centre urbain le plus proche. Comme il s'agit d'une usine offshore, il n'est pas possible d'effectuer le ravitaillement au moyen de camions-citernes et donc d'utiliser la solution technologique Truck to Ship.

(TTS). Il n'est donc pas possible d'alimenter l'usine de GNL uniquement avec des véhicules routiers, mais il est nécessaire d'utiliser les connexions possibles par gazoducs. En outre, l'usine ne dispose pas d'un accès ferroviaire direct. Afin de faciliter les opérations sur terre, une nouvelle base opérationnelle sur terre a été construite pour réduire le temps nécessaire à la connexion au terminal par voie maritime.

5.1.1.5 Dépôt côtier de Naples

Compte tenu de la croissance de l'utilisation du GNL dans le domaine maritime, le port de Naples prend également des mesures pour la réalisation d'un dépôt côtier de GNL. L'autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne centrale a lancé en 2018 un appel d'offres visant à la réalisation d'un dépôt côtier de GNL dans le port de Naples, auquel 17 entreprises ont participé.

La proposition la plus intéressante selon l'Autorité du Système Portuaire du Tirreno Central est celle de la société Edison. Selon certaines estimations de l'Adsp, l'investissement nécessaire pour la réalisation de l'infrastructure qui peut permettre le soutage du GNL, sera compris entre 40 et 70 millions d'euros, selon le type de structure à construire. A ce jour, l'AdSP compétent semble préférer la solution de construction consistant à préparer une structure flottante.

5.1.1.6 Dépôt côtier de Crotona

Le port de Crotona prend également des mesures pour permettre l'avitaillement en GNL des futurs navires fonctionnant au GNL. La société IONIOFUEL a présenté un plan pour la construction d'une usine de réception, de stockage et de distribution de GNL. Sa capacité nominale annuelle d'approvisionnement et de distribution estimée dans la première phase est de 1 440 000 mètres cubes de GNL, 700 000 fournis et distribués par camion et 340 000 par bateau.

5.1.1.7 Dépôt côtier d'Augusta

En 2019 également, le port d'Augusta (Syracuse) a vu un intérêt croissant de la part de différentes catégories de parties prenantes en ce qui concerne la réalisation d'un dépôt côtier de GNL. Dans les études réalisées sur le sujet, il ressort comment, le GNL peut être un levier compétitif pour le port d'Augusta et de la Sicile puisque, grâce à la réalisation d'un dépôt côtier de GNL, on suppose que le port peut devenir un point d'attraction pour les futurs navires fonctionnant au GNL. Compte tenu de l'importance croissante acquise par le GNL comme source alternative de propulsion marine, l'Autorité portuaire de la mer de Sicile orientale a lancé la procédure pour la construction et la gestion éventuelles d'un dépôt côtier pour le soutage du GNL dans le port d'Augusta, en publiant un avis exploratoire de manifestation d'intérêt.

5.1.2 France

En ce qui concerne le statut de la fourniture de services de soutage dans les ports français, outre les installations situées dans la région PACA, les installations du Terminal méthanier de Dunkerque et du Terminal méthanier de Montoir, situées en France mais en dehors de la zone de l'objectif, ont été examinées.

5.1.2.1 Dunkerque

Le Terminal méthanier de Dunkerque est situé dans le port Ouest de Dunkerque, en région Haute-France, et est opérationnel depuis le 1er janvier 2017.

En termes de taille et d'exploitation, le terminal occupe un site de 560 000 m² dans le port ouest de Dunkerque et dispose d'une capacité de regazéification de 13 milliards de mètres cubes de gaz naturel. Du point de vue de l'équipement des infrastructures et des installations, l'usine se caractérise par:

- un quai permettant le déchargement/rechargement des plus gros méthaniers (267 000 mètres cubes) à une capacité maximale de 14 000 mètres cubes par heure pour le déchargement et de 4 000 mètres cubes par heure pour le rechargement. Des travaux spécifiques sont en cours pour permettre au terminal d'atteindre une capacité maximale de 8 800 mètres cubes par heure de GNL pendant les opérations de rechargement;
- trois réservoirs d'une capacité de 200 000 m³ qui stockent le GNL à une température de -163° C, ce qui permet de stocker au total jusqu'à 600 000 m³ de GNL;
- dix vaporisateurs à bâti ouvert (ORV) ou regazéifieurs ayant pour fonction de chauffer le GNL et de le convertir en gaz naturel avant de l'envoyer au réseau de distribution;
- un tunnel de 5 km de long reliant le canal de fuite de la centrale nucléaire de Gravelines et le terminal, qui permet de transporter une partie de l'eau chaude émise par le CNPE afin de chauffer le GNL dans les regazéifieurs.

Le terminal de Dunkerque se trouve à 17 km du centre-ville de Dunkerque et à 10 km du point d'habitation le plus proche. Il présente un bon niveau d'accessibilité pour le ravitaillement terrestre en GNL, car il se trouve à 10 km de la route nationale française D601.

Il présente un bon niveau d'accessibilité ferroviaire, ni puisqu'il existe un accès direct au terminal. La société Dunkerque LNG a communiqué en 2018 son intention d'adapter le terminal de Dunkerque afin de permettre l'avitaillement en GNL compte tenu de la croissance de la demande de navires fonctionnant au GNL. Afin de créer une station de soutage de GNL, il est nécessaire d'adapter le quai pour accueillir des navires plus petits que les méthaniers.

5.1.2.2 Montoir-de-Bretagne

Outre l'exploitation des terminaux méthaniers de Fos-Tonkin et Fos-Cavaou, Elengy possède et gère le terminal méthanier de Montoir-De-Bretagne, qui fait partie du Grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire. En 1980, le terminal de Montoir-De-Bretagne est mis en service et devient le plus grand terminal méthanier d'Europe. Il a été construit pour recevoir le GNL de Bethioua, en Algérie, et disposait, au moment de sa construction, de deux réservoirs de stockage d'une capacité de 120 000 mètres cubes chacun et d'une capacité maximale de regazéification de 1 million de mètres cubes par heure.

Au fil des années, il a été adapté pour garantir une augmentation de la productivité et des performances opérationnelles et économiques. Aujourd'hui, il occupe un site d'environ 680

000 mètres cubes et se caractérise par la présence de 3 réservoirs de 120 000 mètres cubes de GNL pour une capacité de stockage totale de 360 000 mètres cubes.

Deux jetées dédiées à l'accostage des méthaniers sont prévues. La capacité potentielle de regazéification du terminal est quantifiée à environ 10 milliards de mètres cubes de GNL par an. Le terminal est situé à une distance de 6 km de la zone résidentielle la plus proche, c'est-à-dire le centre ville de Montoir-de-Bretagne. Il présente un bon niveau d'accessibilité pour le ravitaillement en GNL par la route grâce à un accès direct à la route départementale D100 du Val- d'Oise qui relie Val la Dame à Vétheuil. Le niveau d'accessibilité ferroviaire est également bon, avec un accès direct au port.

5.1.3 Espagne

5.1.3.1 Le terminal de Barcelone et les services GNL à petite échelle offerts par les installations d'Enagàs

L'usine de Barcelone a été la première usine de GNL à être mise en service en Espagne. En service depuis 1969, il est situé dans le port du même nom sur la côte méditerranéenne, ce qui lui permet de recevoir du gaz de Libye, d'Algérie, d'Oman et d'Égypte.

Les principales caractéristiques du terminal de Barcelone sont les suivantes

- 8 réservoirs;
- Capacité de stockage de 840 000 m³ de GNL;
- Capacité de mise en réseau de 1 950 000 m³ (n)/h;
- Capacité de chargement min./max. de 30.000/266.000 m³ de GNL;

Enagàs propose des services à petite échelle dans chacune de ses 5 usines de regazéification sur le territoire espagnol (principalement Barcelone, mais aussi Carthagène, Huelva, Bilbao et Sagunto) en complément de ses services traditionnels à grande échelle.

Ces services supplémentaires comprennent:

- Chargement de camions-citernes pour le transport vers des installations satellites

Il est actif dans les cinq usines susmentionnées (environ 50 camions/jour pour l'usine de Barcelone), faisant d'Enagàs le principal fournisseur de ce type de service en Europe;

- Chargement et déchargement de petits navires-citernes

Les usines de Barcelone, Carthagène et Huelva sont équipées pour le chargement et le déchargement d'allèges, avec des capacités allant de 1 000 m³ à 80 000 m³ de GNL à Barcelone, de 1 000 m³ à 40 000 m³ de GNL à Carthagène et de 1 000 m³ à Huelva.

Les usines de Barcelone et de Carthagène disposent également d'un quai spécifiquement réservé aux services à petite échelle, ce qui permet une compatibilité totale avec les services de regazéification à grande échelle, même en cas d'opérations simultanées.

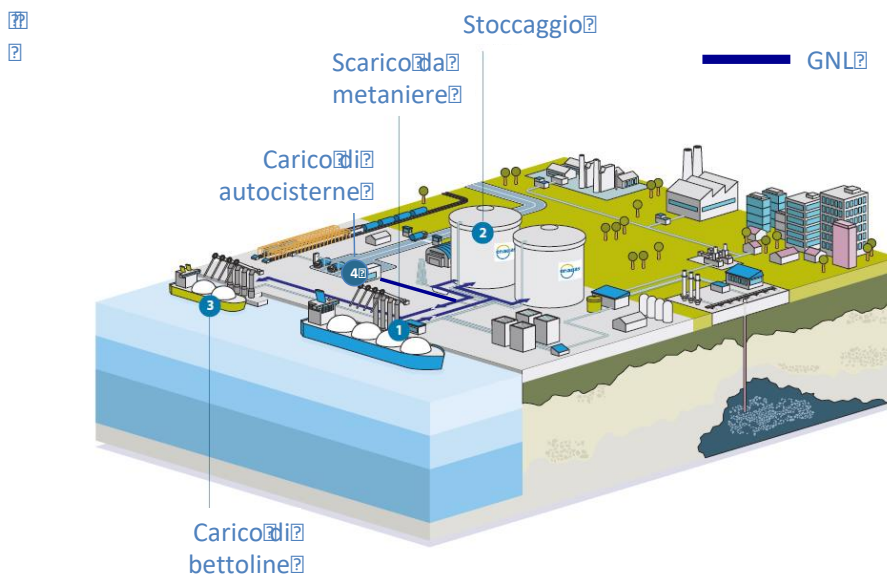


Figure 95 - Schéma d'exploitation du terminal GNL d'importation d'ENAGAS (Source: retravaillé à partir de la source ENAGAS)

Enfin, il est souligné que tous les terminaux d'Enagás dans le pays sont équipés pour offrir des services logistiques qui apportent une valeur ajoutée à la chaîne d'approvisionnement en GNL à l'intérieur et à l'extérieur des frontières nationales.

Comme le montre le tableau ci-dessous, les prix pratiqués par Enagás pour les services à petite échelle par transaction sont différenciés par volume, offrant des avantages significatifs à partir de 1 000 m³ (volume pour lequel le prix unitaire est presque divisé par deux par rapport à la tarification appliquée pour les quantités jusqu'à 500 m³).

m ³ GNL	Gwh	euro	euro/ m ³	euro	euro/ m ³
500	3,41	€ 89.755	179,5	€ 881.557	176,3
1.000	6,82	€ 91.531	91,5	€ 883.333	88,3
3.000	20,46	€ 98.638	32,9	€ 890.440	29,7
5.000	34,1	€ 105.744	21,1	€ 897.546	18,0
7.500	51,15	€ 114.627	15,3	€ 906.429	12,1

m ³ GNL	Gwh	euro	euro/ m ³	euro	euro/ m ³
9.000	61,38	€ 119.957	13,3	€ 911.759	10,1
MIN		€ 176.841			
10.000	68,2	€ 283.438	28,3	€ 1.875.007	18,8
15.000	102,3	€ 336.736	22,4	€ 1.928.305	12,9
20.000	136,4	€ 390.034	19,5	€ 1.981.603	9,9
30.000	204,6	€ 496.631	16,6	€ 2.088.200	7,0

Tableau 89 - Tarifs des services GNL à petite échelle appliqués au terminal de Barcelone (ENAGAS)

En ce qui concerne les tarifs appliqués au ravitaillement des camions-citernes, normalement sur la base d'une réservation, le prix moyen par opération unique est d'environ 942 €, mais des tarifs réduits sont disponibles en cas de contrats de ravitaillement annuels.

6 Modèles d'analyse, d'évaluation et de planification des réseaux de transport maritime pour l'approvisionnement des dépôts côtiers de GNL

6.1 L'application d'un modèle analytique d'optimisation de réseau dans l'espace de coopération

Les chaînes d'approvisionnement en GNL ont traditionnellement permis la livraison de grands volumes de gaz sur de longues distances pour lesquelles la distribution par gazoduc n'est pas réalisable. Récemment, les chaînes d'approvisionnement en GNL à *petite échelle*, dans lesquelles le GNL est distribué par voie maritime à partir de grands terminaux d'exportation via des terminaux satellites de réception plus petits, prennent de plus en plus d'importance (Bittante et al., 2017⁴³). Les chaînes d'approvisionnement en GNL à *petite échelle* présentent des caractéristiques spécifiques:

- Les terminaux de réception des satellites sont répartis sur de courtes distances (jusqu'à quelques milliers de miles nautiques);
- La capacité de chargement des navires utilisés pour le transport du GNL varie de quelques milliers de m³ à 50 000 m³;

⁴³ Bittante, A., Pettersson, F. et Saxén, H., 2017, septembre. Un modèle d'optimisation multi-période pour la conception de nouvelles chaînes d'approvisionnement en GNL. In Proceedings of the 58th Conference on Simulation and Modelling (SIMS 58) Reykjavik, Iceland, September 25th-27th, 2017 (No. 138, pp. 332-342). Presse électronique de l'université de Linköping.

- les cargaisons du navire peuvent être réparties sur des terminaux de réception consécutifs;
- les dépôts côtiers des terminaux de réception sont équipés de réservoirs de stockage à remplir une ou plusieurs fois par mois.

Une application idéale du réseau de distribution à petite échelle est représentée par les ports de la zone de coopération impliqués dans le projet SIGNAL.

Dans ces paragraphes, les configurations les moins coûteuses du réseau d'approvisionnement en GNL par voie maritime entre les ports de la zone de coopération sont étudiées afin d'explorer les économies de coûts qui pourraient résulter d'une gestion systémique et intégrée de l'approvisionnement en GNL entre les ports de la coalition de la zone de coopération.

6.1.1 Introduction

Le coût du transport du GNL a toujours été un élément crucial du commerce du GNL (Rogers, 2018). Selon les estimations consensuelles, les coûts de transport du GNL représentent en moyenne 20 à 30% du coût total (Williams, 2010).

Les importateurs et les exportateurs négocient généralement pour fixer le prix du GNL à inclure dans le contrat commercial. Les prix à inclure dans le contrat varient selon que le prix du GNL est fixé *Ex-ship* ou *Free-On-Board-FOB* (Maxwell et Zhu, 2011⁴⁴). Le premier type reflète les prix en aval moins le processus de gazéification et les autres coûts du terminal de destination, tandis que le second type ne tient compte que du prix du GNL chargé sur le navire-citerne au terminal d'exportation. Dans les contrats commerciaux de type FOB, les frais de transport et les frais d'assurance connexes sont payés par l'acheteur. Les contrats FOB donnent donc aux acheteurs une plus grande flexibilité en ce qui concerne les coûts de transport, et une plus grande possibilité d'exploiter les opportunités de profit par l'arbitrage. Aujourd'hui, les contrats commerciaux de GNL sont de plus en plus souvent de type FOB, ce qui, avec le niveau accru d'intégration du marché du GNL, augmente les possibilités d'arbitrage des prix en agissant sur les coûts de transport inférieurs.

Le développement important du marché du GNL a inévitablement entraîné une croissance correspondante du niveau de concurrence entre les exportateurs de GNL, qui est passé de l'échelle régionale à l'échelle mondiale (Chen et al., 2016⁴⁵). En outre, la demande

⁴⁴ Maxwell, D. et Zhu, Z., 2011. Prix du gaz naturel, coûts de transport du GNL et dynamique des importations de GNL. *Energy Economics*, 33(2), pp. 217-226.

⁴⁵ Chen, Z., An, H., Gao, X., Li, H. et Hao, X., 2016. Modèle de concurrence du commerce mondial du gaz naturel liquéfié (GNL) par analyse de réseau. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 33, pp.769-776.

croissante de GNL oblige les acheteurs à se tourner vers de multiples fournisseurs, ce qui encourage des relations plus concurrentielles entre les exportateurs. Si, par le passé, le GNL était principalement négocié sur des contrats à long terme caractérisés par un petit nombre d'exportateurs approvisionnant des marchés régionaux spécifiques, aujourd'hui, une part croissante des volumes est négociée sur des contrats à court terme, ce qui contribue davantage à la liquidité du marché (Hartley, 2015⁴⁶).

Compte tenu de ce cadre concurrentiel, l'idée principale de ce travail est que les coûts de transport, et par ricochet le prix final du GNL, peuvent être réduits lorsque les ports agissent en coalition en tant que groupe organisé plutôt qu'en tant qu'entités individuelles. L'idée sous-jacente est que des économies importantes peuvent être réalisées en exploitant les économies d'échelle et le plus grand pouvoir de négociation que l'on peut obtenir en opérant comme un pool organisé de ports acheteurs. En agissant en coalition, les ports et leurs régions peuvent en fait tirer parti de leur pouvoir de négociation plus fort lors des négociations pour obtenir des prix d'importation raisonnables qui peuvent bénéficier de la réduction des coûts de transport et du volume total garanti de GNL à acheter. La gestion systémique du réseau d'approvisionnement en GNL à *petite échelle*, basée sur des politiques de clusters, peut en effet avoir pour résultat:

- des facteurs de charge plus élevés que les méthaniers;
- Optimisation des itinéraires de distribution (réduction des distances totales parcourues);
- des économies d'échelle plus importantes.

À la lumière de ce contexte, la présente étude poursuit un triple objectif:

1. définir, par l'application d'un modèle analytique d'optimisation de réseau développé ad-hoc, la configuration optimale du réseau de transport maritime pour un groupe de ports acquéreurs dans l'espace de coopération agissant en coalition sur le marché du GNL;
2. explorer la marge de négociation potentielle sur le prix d'achat du GNL qui résulterait de la réduction du coût du transport suite à la gestion intégrée du système d'approvisionnement par voie maritime;
3. estimer le bénéfice environnemental potentiel en termes de réduction des émissions polluantes associées qui résulterait d'une gestion intégrée de l'approvisionnement en GNL par voie maritime entre les ports de la zone de coopération.

⁴⁶ Hartley, P.R., 2015. L'avenir des contrats de GNL à long terme. The Energy Journal, pp.209-233.

6.1.2 L'étude de cas

Ce chapitre présente l'étude de cas considérée. Présentés sont:

- les nœuds portuaires qui constituent le réseau à petite échelle de la zone de coopération. Il existe deux catégories de nœuds: les nœuds d'exportation et les nœuds d'achat. Les nœuds acheteurs sont les terminaux maritimes de la zone de coopération qui ont besoin d'acquérir des volumes de GNL par voie maritime pour répondre à leur demande. Chaque nœud d'achat est caractérisé en fonction de son poste d'amarrage (ou tirant d'eau) et de la capacité de stockage de son dépôt côtier;
- la matrice des distances nautiques O/D qui caractérisent les nœuds du réseau à petite échelle examiné;
- la demande mensuelle de GNL (m³/mois) pour chacun des nœuds d'achat du réseau à petite échelle considéré;
- les principales caractéristiques structurelles (tirant d'eau à plein et à vide, capacité de stockage) et le coût (coût unitaire d'exploitation par mille nautique) de la flotte de navires méthaniers supposés desservir le réseau d'approvisionnement considéré.

6.1.2.1 Les terminaux du réseau artisanal de l'espace de coopération

Le réseau considéré comprend cinq nœuds d'exportation de GNL maritime, à considérer aux fins de l'étude comme des sources d'approvisionnement alternatives, situés dans cinq pays méditerranéens différents:

- Barcelone (Espagne);
- Delimara (Malte);
- Skikda (Algérie);
- Marsa el Brega (Libye);
- Idku (Égypte);

et sept terminaux d'importation maritime (certains déjà existants, d'autres en projet) répartis le long des côtes tyrrhéniennes italienne et française de la zone de coopération:

- Bastia (France);
- Cagliari (Italie);
- Gênes (Italie);
- Livourne (Italie);
- Nice (France);
- Oristano (Italie)

- Toulon (France).

Pour les besoins de cette application, les principales caractéristiques physiques des nœuds d'achat sont extraites de la documentation technique développée dans le cadre du projet SIGNAL. Le Tableau 90 résume les principales caractéristiques des sept nœuds d'importation en termes de capacité de stockage nominale et réelle, de tirant d'eau nominal et de tirant d'eau opérationnel.

En ce qui concerne le facteur de capacité de stockage, étant donné que pour des raisons de sécurité, les dépôts côtiers fonctionnent selon le principe "50% toujours plein", la capacité réelle du dépôt côtier est calculée comme étant la moitié de sa capacité nominale. En ce qui concerne le facteur de tirant d'eau, le tirant d'eau opérationnel de chaque terminal est calculé en soustrayant un franc de sécurité de son tirant d'eau nominal. Dans l'étude de cas analysée ici, on part du principe que tous les terminaux d'importation ont une marge de sécurité de 1,3 mètre. Cette franchise de sécurité moyenne prend en compte la franchise nette de sous-mort, les tolérances de dragage, les facteurs météorologiques et de marée (AIPCN, 2014⁴⁷).

	Capacité nominale de stockage [m ³]	Capacité de stockage efficace [m ³]	Pêche maximum nominal [m]	Tirant d'eau opérationnel réduit d'une marge de sécurité de 1,3 m [m]
Bastia	5.000	2.500	8	6,7
Cagliari	22.000	11.000	8,5	7,2
Gênes	6.600	3.300	5,6	4,3
Livourne	9.000	4.500	9	7,7
Nice	5.000	2.500	8	5,7
Oristano	10.000	5.000	11	9,7
Toulon	10.000	5.000	8	6,7

Tableau 90 - Caractéristiques des terminaux maritimes du réseau à petite échelle SIGNAL.

6.1.2.2 La matrice des distances maritimes

Le réseau considéré est une application idéale du schéma de distribution à petite échelle, avec des distances maximales entre les ports inférieures à 1 800 mn. Le Tableau 91 montre

⁴⁷ PIANC, 2014. Congrès de l'Association internationale permanente de navigation (AIPCN), Rapport n° 121-2014, Lignes directrices pour la conception des chenaux d'approche des ports.

la matrice complète des distances nautiques pour les paires O/D qui composent le réseau considéré.

	Toulon	Gênes	Livourne	Bastia	Cagliari	Oristano	Nice	Barcelone	Malte	Skikda	Marsa El Brega	Idku
Toulon		163	195	178	327	239	82	202	610	377	1000	1758
Gênes	163		78	105	349	304	86	352	590	460	989	1685
Livourne	195	78		61	294	292	131	380	532	441	895	1632
Bastia	178	105	61		245	283	126	362	490	400	882	1610
Cagliari	327	349	294	245		142	355	370	337	174	737	1377
Oristano	239	304	292	283	142		276	313	491	248	1000	1465
Nice	82	86	131	126	355	276		270	764	408	985	1737
Barcelone	202	352	380	362	370	313	270					
Malte	610	590	532	490	337	491	764					
Skikda	377	460	441	400	174	248	408					
Marsa el Brega	1000	989	895	882	737	1000	985					
Idku	1758	1685	1632	1610	1377	1465	1737					

Tableau 91 - Matrice des distances (mn).

6.1.2.3 Demande pour l'offre de nœuds acheteurs

La demande d'approvisionnement en GNL considérée pour la définition du modèle de réseau de transport optimisé pour les nœuds portuaires de la zone de coopération est définie sur la base des données et informations contenues dans les documents "Report Activity T1.3.1 - Mapping and Database of LNG demand" et "Report Activity T1.3.2 - LNG demand database" développés dans le cadre du projet SIGNAL.

Plus précisément, la demande considérée dans la définition du modèle de réseau se réfère aux prévisions pour l'année 2025 et est calculée comme la somme de trois contributions:

- la demande maritime: elle tient compte des volumes de GNL à avitailler requis par le marché de la propulsion maritime (bateaux de plaisance, navires commerciaux, services auxiliaires, services de transport public, police et garde-côtes);
- la demande portuaire: elle prend en compte les besoins énergétiques générés au sein des zones portuaires (équipements de manutention portuaire, centrales énergétiques, etc.) et qui peuvent être satisfaits, au moins en théorie, par l'utilisation du GNL;
- demande à terre: prend en compte la demande de services de soutage et de stockage de GNL à usage industriel et privé qui, bien que ne provenant pas

nécessairement du port, pourrait être satisfaite par des installations situées dans les zones portuaires considérées.

Un horizon temporel mensuel est considéré pour l'optimisation du réseau de distribution maritime. En appliquant une simplification qui n'invalide pas la validité de l'étude, la demande de GNL qui caractérise chacun des nœuds portuaires du réseau considéré à l'horizon de planification mensuel est calculée en divisant la demande annuelle par 12 mensuels.

Le Tableau 92 montre, pour chacun des nœuds importateurs du réseau, la demande mensuelle de GNL pour 2025 basée sur le scénario de croissance de base défini dans le document "Report Activity T1.3.2 - LNG demand database" développé dans le cadre du projet SIGNAL.

	Demande mensuelle (m ³ /mois)
Bastia	498,26
Cagliari	4.841,94
Gênes	16.061,58
Livourne	18.255,53
Nice	794,29
Oristano	1.014,14
Toulon	4.523,79
Total	45.989,52

Tableau 92 - Demande mensuelle de GNL (m³/mois), année de référence: 2025.

6.1.2.4 La flotte desservant le réseau

Dans l'application considérée, il est supposé que le réseau de transport maritime de GNL pris en compte peut être desservi par 5 types de navires de GNL en opération avec des caractéristiques et une capacité de chargement différentes. Le Tableau 93 résume les caractéristiques générales de chaque catégorie de navires en termes de capacité de chargement, de tirant d'eau à vide et à plein, de coût d'exploitation par mille nautique (€/mn). En ce qui concerne ce dernier point, il est important de souligner que les estimations des coûts d'exploitation figurant dans le tableau sont purement indicatives et ont été estimées avec l'aimable concours d'experts du secteur.

Catégorie	Capacité de charge [m3]	Tirant d'eau à pleine charge [m]	Tirant d'eau à vide [m]	Coût d'exploitation [€/mn]
1 - très petit	3.000	4,3	3,9	17,6
2 - petits	7.500	6	5,5	18,5
3 - moyen	10.000	6,6	5,9	19,3
4 - grand	20.000	7,8	6,8	20,4
5 - extra large	30.000	8	7,5	21,3

Tableau 93 - Caractéristiques des navires méthaniers desservant le réseau considéré

6.1.3 Le modèle d'optimisation

L'étude utilise un outil de modélisation développé ad hoc, capable de définir la configuration optimale du réseau de transport maritime desservant un ensemble de ports acheteurs agissant de manière coordonnée sur le marché du GNL. Un réseau de distribution optimal doit pouvoir relier efficacement les différents nœuds d'achat tout en garantissant des coûts de transport minimaux et en respectant un ensemble de contraintes opérationnelles et physiques, dont, notamment, le tirant d'eau maximal autorisé pour l'entrée du navire de GNL dans le port.

Le problème analysé est un problème de routage avec une flotte de navires hétérogènes et des contraintes de tirant d'eau dans lequel un ensemble de ports doit être visité par des navires ayant des capacités et des caractéristiques différentes. Chaque port est caractérisé par une demande qui doit être satisfaite dans l'horizon temporel de référence et une contrainte de tirant d'eau qui représente le tirant d'eau maximum avec lequel un navire peut entrer dans le port en toute sécurité. Les limites de tirant d'eau peuvent empêcher les navires d'entrer dans certains ports à pleine charge, imposant ainsi des contraintes sur la séquence des ports visités. La flotte est composée de plusieurs navires, chacun étant caractérisé en termes de capacité de chargement, de coûts portuaires, de coûts unitaires de transport et de valeurs de tirant d'eau à vide et en charge. Le tirant d'eau réel d'un navire à un moment donné est calculé comme la somme du tirant d'eau du navire vide plus une fonction linéaire de la cargaison à bord à ce moment-là. L'objectif du problème est de définir la configuration optimale du réseau de distribution qui minimise le coût total de transport sur l'ensemble du réseau. Ce problème de décision a été formalisé comme un problème de programmation mixte en nombres entiers. Une formulation mathématique de ce problème a été développée et peut être résolue avec un solveur de programmation mixte en nombres entiers.

$$\min \sum_{i \in I_0} \sum_{j \in I_0} \sum_{s \in S} c_s t_{ijs} X_{ijs} + \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} r_{is} Y_{is} \quad (1)$$

$$\sum_{s \in S} Y_{is} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} q_i Y_{is} \leq Q_s \quad \forall s \in S \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I_0} X_{ijs} = Y_{is} \quad \forall j \in I \quad \forall s \in S \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I_0} X_{ijs} = X_{jis} \quad \forall i \in I \quad \forall s \in S \quad (5)$$

$$X_{0js} \leq \sum_{j \in I} Y_{js} \quad \forall s \in S \quad (6)$$

$$X_{0js} \geq \sum_{j \in I} Y_{js} / |I| \quad \forall s \in S \quad (7)$$

$$u_j \geq u_i + 1 - |I|(1 - \sum_{s \in S} X_{ijs}) \quad \forall i \in I \quad \forall j \in I0 \quad \forall s \in S \quad (8)$$

$$l_{js} \geq l_{is} - q_i - Q_s(1 - X_{ijs}) \quad \forall i \in I \quad \forall j \in I0 \quad \forall s \in S \quad (9)$$

$$l_{is} \leq L_{is} \quad \forall i \in I \quad \forall s \in S \quad (10)$$

$$l_{0s} = \sum_{i \in I} q_i Y_{is} \quad \forall s \in S \quad (11)$$

$$X_{ijs} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I0 \quad \forall j \in I0 \quad \forall s \in S \quad (12)$$

$$Y_{is} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad \forall s \in S \quad (13)$$

$$u_i \in \mathbb{N}^+ \quad \forall i \in I \quad (14)$$

Dans (1) nous reportons la fonction objective de minimisation des coûts totaux, compris comme les coûts de voyage et les coûts d'accès au port. Les contraintes (2) imposent que chaque port ne soit visité que par un seul navire. Chaque navire peut transporter une cargaison ne dépassant pas sa capacité imposée par les contraintes (3). Un port ne peut être visité par un navire que s'il lui a été attribué (contraintes (4)). Les contraintes (5) garantissent la continuité des itinéraires et le fait qu'un navire, après avoir visité un certain sous-ensemble de ports, retourne au dépôt de départ. Un navire quitte le port d'approvisionnement si et seulement s'il doit desservir au moins un port (contraintes (6) et (7)). Les contraintes (8) empêchent la formation de sous-cycles. Les contraintes (9)-(11) exigent qu'un navire ne puisse entrer dans un port que si sa cargaison à bord lui permet d'avoir un tirant d'eau compatible avec les caractéristiques du fond du port. Enfin, les contraintes (12)-(14) spécifient le domaine des variables de décision.

6.1.4 Scénarios de test

Le modèle d'optimisation introduit au chapitre 0 est appliqué à plusieurs instances de test dans le but d'identifier, pour chaque scénario de réseau testé, l'arrangement du réseau de transport maritime qui garantirait les coûts de transport globaux les plus bas.

Quatre scénarios de réseau différents sont examinés dans l'application:

- Scénario 1: les nœuds d'achat de l'espace de coopération s'approvisionnent mutuellement de manière indépendante et autonome (configuration d'approvisionnement "Business As Usual" - BAU, similaire à la configuration actuelle);
- Scénario 2: les nœuds acheteurs de l'espace de coopération s'approvisionnent de manière coordonnée en agissant en coalition comme un pool organisé (montage de projet d'approvisionnement - coalition). Les caractéristiques des dépôts côtiers en termes de capacité de stockage et de tirant d'eau proviennent des documents élaborés au sein de Signal et se réfèrent à l'état actuel ou au projet des nœuds concernés;
- Scénario 3: Livorno off-shore est supposé être un port d'approvisionnement pour les nœuds d'achat de la zone de coopération;
- Scénario 4: les nœuds acheteurs dans l'espace de coopération s'approvisionnent de manière coordonnée en agissant en coalition comme un pool organisé. L'objectif du test est d'identifier les caractéristiques optimales de capacité des navires pour desservir le réseau de distribution et les caractéristiques minimales de tirant d'eau et de capacité de stockage des dépôts côtiers qui assureraient un fonctionnement optimal du réseau d'approvisionnement (scénario prospectif).

6.1.4.1 Scénario 1: régime d'approvisionnement BAU

Pour l'évaluation de la structure du réseau dans les modes d'approvisionnement actuels, le modèle d'optimisation est appliqué en considérant séparément chacun des 7 nœuds d'importation en supposant que chacun d'eux dessert de temps en temps l'un des 5 nœuds d'exportation, pour un total de 35 instances.

Le modèle est appliqué une première fois en considérant les valeurs de tirant d'eau et les capacités de stockage des nœuds d'achat indiqués dans le tableau 1 (en se référant à l'état actuel ou planifié des nœuds considérés), et une seconde fois en supposant une amélioration des infrastructures des nœuds de Gênes et de Cagliari. Le tirant d'eau opérationnel est porté à 8 m pour les deux, la capacité du dépôt de Gênes est portée de 3 500 m³ à 7 000 m³. Cette modification est supposée afin de vérifier, d'une part, le bénéfice que cela engendrerait sur le résultat global du réseau, et d'autre part pour une comparaison correcte avec le scénario prospectif dans lequel il est proposé d'étendre à la fois le projet et les dépôts.

L'objectif est de calculer le coût de transport minimum qui caractériserait l'approvisionnement en GNL pour chacun des sept nœuds acheteurs analysés, si chacun d'eux gérait son approvisionnement par voie maritime de manière autonome et indépendante.

6.1.4.2 Scénario 2: accords d'approvisionnement de coalition

Pour l'évaluation de la configuration du réseau du projet, en supposant que les nœuds d'achat gèrent leurs approvisionnements en GNL en coalition, le modèle d'optimisation est appliqué sur un ensemble d'instances de test divisées en deux groupes:

- Le premier groupe (groupe A) est composé de cinq instances de test. Chaque instance est supposée être approvisionnée par un port d'exportation différent parmi les cinq considérés. Le nœud d'achat de Gênes, compte tenu de ses caractéristiques (profondeur et capacité limitées de l'installation de stockage par rapport à la demande de GNL) est servi de manière totalement autonome et indépendante, tandis que le nœud de Livourne est servi de manière partiellement autonome. Les valeurs relatives à la capacité de stockage et au tirant d'eau des 7 nœuds d'achat sont extraites du tableau 1 et se réfèrent à l'état réel ou au projet des nœuds considérés.
- Le deuxième groupe (groupe B) est composé de cinq instances de test. Chaque instance suppose de s'approvisionner à partir d'un port d'exportation différent entre les cinq considérés. Contrairement aux instances du groupe A, une augmentation de la capacité de stockage et/ou du tirage est supposée pour les nœuds de Gênes et de Cagliari. Le tirant d'eau opérationnel est porté à 8 m pour les deux, et la capacité de stockage à Gênes passe de 3 500 m³ à 7 000 m³.

Le Tableau 94 détaille les spécifications de chaque instance.

	ID	Terminal d'exportation	Nœuds acheteurs dans le réseau à petite échelle de la Tyrrhénienne	Spécifications
G R O U P E A	A1	Barcelone (Espagne)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Le terminal de Gênes est desservi de manière totalement autonome et indépendante; Le terminal de Livourne est desservi de manière partiellement indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirage des 7 terminaux acquéreurs sont extraites du tableau 1.
	A2	Delimara (Malte)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Le terminal de Gênes est desservi de manière totalement autonome et indépendante; Le terminal de Livourne est desservi de manière partiellement indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirage des 7 terminaux acquéreurs sont extraites du tableau 1.
	A3	Skikda (Algérie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne;	Le terminal de Gênes est desservi de manière totalement autonome et indépendante;

	ID	Terminal d'exportation	Nœuds acheteurs dans le réseau à petite échelle de la Tyrrhénienne	Spécifications
			Nice; Oristano; Toulon	Le terminal de Livourne est desservi de manière partiellement indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirage des 7 terminaux acquéreurs sont extraites du tableau 1.
	A4	Marsa el Brega (Libye)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Le terminal de Gênes est desservi de manière totalement autonome et indépendante; Le terminal de Livourne est desservi de manière partiellement indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirage des 7 terminaux acquéreurs sont extraites du tableau 1.
	A5	Idku (Égypte)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Le terminal de Gênes est desservi de manière totalement autonome et indépendante; Le terminal de Livourne est desservi de manière partiellement indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirage des 7 terminaux acquéreurs sont extraites du tableau 1.
G R O U P E B	B1	Barcelone (Espagne)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des terminaux de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles indiquées dans le tableau 1.
	B2	Delimara (Malte)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des terminaux de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles indiquées dans le tableau 1.
	B3	Skikda (Algérie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des terminaux de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles indiquées dans le tableau 1.
	B4	Marsa el Brega (Libye)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des terminaux de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles indiquées dans le tableau 1.
	B5	Idku (Égypte)	Bastia; Cagliari; Gênes; Livourne; Nice; Oristano; Toulon	Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des terminaux de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles indiquées dans le tableau 1.

(*) Gênes: Tirant d'eau = 8 m; Capacité de stockage = 7 000 m³
 Cagliari: Tirage = 8 m

Tableau 94 - Caractérisation des scénarios de réseau dans le montage du projet.

6.1.4.3 Scénario 3: Livorno devient un port d'approvisionnement du réseau

L'off-shore de Livorno est considéré comme un nœud d'approvisionnement du réseau à petite échelle et le nœud de Livorno sort du réseau des ports d'achat, qui passent de 7 à 6. Le modèle d'optimisation est appliqué sur un groupe de 4 instances de test (Groupe C), deux considèrent les 6 nœuds d'achat en supposant que chacun d'entre eux gère son

approvisionnement en GNL de manière autonome et indépendante (C1.1 et C1.2), et deux considèrent les 6 nœuds d'achat organisés en coalition (C2.1 et C2.2).

Les deux paires d'instances diffèrent dans les valeurs de capacité de stockage et de tirage pour certains nœuds d'acquisition. La première instance considère les valeurs définies dans le Tableau 94, tandis que la seconde instance suppose une augmentation de la capacité de stockage et/ou du tirant d'eau pour les terminaux de Gênes et de Cagliari. Le tirant d'eau est porté à 8 m pour les deux, la capacité du terminal de Gênes passe de 3 500 m³ à 7 000 m³.

Le Tableau 95 détaille les spécifications de chacune des 4 instances de test dans lesquelles Livourne devient un port d'approvisionnement.

	ID	Terminal d'exportation	Nœuds acheteurs dans le réseau à petite échelle de la Tyrrhénienne	Spécifications
G R O U P E C	C1.1	Livorno off-shore (Italie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Nice; Oristano; Toulon	L'off-shore de Livourne est considéré comme un terminal d'approvisionnement et le nœud de Livourne quitte le réseau des nœuds d'achat. Les 6 nœuds d'achat s'approvisionnent chacun indépendamment et de manière autonome. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirant d'eau des 6 nœuds d'achat sont extraites du tableau 1.
	C1.2	Livorno off-shore (Italie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Nice; Oristano; Toulon	L'off-shore de Livourne est considéré comme un terminal d'approvisionnement et le nœud de Livourne quitte le réseau des nœuds d'achat. Les 6 nœuds d'achat s'approvisionnent chacun indépendamment et de manière autonome. Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des nœuds de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles rapportées dans le Tab.1.
	C2.1	Livorno off-shore (Italie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Nice; Oristano; Toulon	L'off-shore de Livourne est considéré comme un terminal d'approvisionnement et le nœud de Livourne quitte le réseau des nœuds d'achat. Les 6 nœuds d'achat sont approvisionnés en coalition, à l'exception du terminal de Gênes qui est desservi de manière totalement autonome et indépendante. Les valeurs de la capacité de stockage et du tirant d'eau des 6 nœuds d'achat sont extraites du tableau 1.
	C2.2	Livorno off-shore (Italie)	Bastia; Cagliari; Gênes; Nice; Oristano; Toulon	L'off-shore de Livourne est considéré comme un terminal d'approvisionnement et le nœud de Livourne quitte le réseau des nœuds d'achat. Les 6 nœuds acheteurs s'approvisionnent en coalition. Les valeurs relatives à la capacité de stockage et/ou au tirant d'eau des nœuds de Gênes et de Cagliari ont augmenté (*) par rapport à celles rapportées dans le Tab.1.

(*) Gênes: Tirant d'eau = 8 m; Capacité de stockage = 7 000 m³

Cagliari: Tirage = 8 m

Tableau 95 - Caractérisation des scénarios de réseau avec le port d'approvisionnement de Livorno.

6.1.4.4 Scénario 4: accord de fourniture en coalition avec introduction de caractéristiques de soumission améliorées aux nœuds d'achat (scénario prospectif).

Le scénario 4 suppose que les nœuds d'achat, avec des conditions d'approvisionnement améliorées par rapport aux conditions actuelles, gèrent en coalition leurs approvisionnements en GNL dans le but d'identifier les caractéristiques optimales du méthanier (capacité et tirant d'eau) qui assureraient la plus grande efficacité du réseau d'approvisionnement. Le tirant d'eau opérationnel est porté à 8 mètres pour tous les ports acheteurs et la capacité des dépôts côtiers de Livourne et de Gênes est portée respectivement à 18 300 m³ et 16 100 m³.

Le modèle d'optimisation est appliqué à 5 instances de test; chaque instance suppose de s'approvisionner dans un port d'exportation différent parmi les cinq considérés:

- D1. Barcelone (Espagne);
- D2. Delimara (Malte);
- D3. Skikda (Algérie);
- D4. Marsa el Brega (Libye);
- D5. Idku (Égypte).

6.1.5 Résultats

Ce chapitre présente les résultats dérivés de l'application du modèle d'optimisation pour chacune des instances de test dans les quatre scénarios de réseau considérés (approvisionnement BAU; approvisionnement de coalition; approvisionnement du port de Livorno; scénario prospectif avec introduction de caractéristiques d'enchères améliorées aux nœuds d'achat).

6.1.5.1 Résultats pour le scénario 1: configuration actuelle du réseau (BAU)

Le Tableau 97 et le Tableau 97 résumant les résultats relatifs aux instances de test assimilables au fonctionnement actuel du système d'approvisionnement en GNL par voie maritime, dans lequel les différents nœuds d'achat gèrent chacun leur propre approvisionnement en GNL de manière autonome et indépendante. Le Tableau 96réseau dont les nœuds d'achat ont les caractéristiques physiques définies dans le Tableau 90(se référant à l'état de fait ou de projet dans les nœuds considérés), tandis que le Tableau 97se réfère au réseau dans lequel on suppose un renforcement infrastructurel pour les nœuds de Gênes et de Cagliari.

Les tableaux montrent le coût du transport pour chacun des sept nœuds d'acheteurs en fonction du port d'exportation utilisé. Pour chaque nœud acheteur, l'option de transport la plus rentable est mise en évidence en gras.

Les dernières colonnes du tableau donnent également des détails:

- le coût total du réseau de transport pour chacun des cinq ports d'exportation (calculé comme la somme des coûts de transport pour les sept nœuds d'achat). Le coût du réseau pour l'option la plus avantageuse est indiqué en gras;
- le nombre total de miles parcourus pour l'approvisionnement mensuel du réseau;
- le delta (Δ) de coût qui caractérise l'offre de chaque nœud exportateur par rapport à l'option de réseau identifiée comme la moins coûteuse (indiquée en gras dans le tableau). Le Δ peut être interprété comme la remise unitaire minimale en termes de €/m³ qui devrait être appliquée sur le prix d'achat du GNL au nœud d'exportation *i* pour qu'il soit compétitif avec le nœud d'exportation desservant le réseau à coût minimal.

Le coût Δ caractérisant le réseau de transport lié au port exportateur *i* est calculé comme suit:

$$\Delta \text{ di costo} = \frac{(\text{costo rete } i - \text{costo rete minimo costo})}{\text{totale mc trasportati nella rete}}$$

	Coût d'approvisionnement des nœuds d'achat individuels (€/mois)							Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)	Δ cost (€/m ³)
	Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon			
Barcelone	12742	13690	74342	66180	11018	9504	7474	194951	10832	-
Malte	17248	11862	124608	92231	17283	26893	21472	311598	17312	2,5
Skikda	14080	6125	97152	72668	8730	14362	13270	226387	12578	0,9
Marsa el Brega	31046	25942	208877	153424	35200	34672	35200	524361	29132	7,3
Idku	56672	48470	355872	265864	51568	61142	61882	901470	50082	15,6

Tableau 96 - Coût du transport de GNL par voie maritime dans la configuration sans coalition (€/mois).

	Coût d'approvisionnement des nœuds d'achat individuels (€/mois)							Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)	Δcost (€/m ³)
	Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon			
Barcelone	12742	13690	26048	42180	11018	9504	7474	122656	4498	-
Malte	17248	11862	43660	59052	17283	26893	21472	197470	7628	2.5
Skikda	14080	6125	34040	48951	8730	14362	13270	139557	5016	0.6
Marsa el Brega	31046	25942	73186	99345	35200	34672	35200	334592	12976	7.1
Idku	56672	48470	124690	181152	51568	61142	61882	585576	22528	15.5

Tableau 97 - Coût du transport de GNL par voie maritime dans la configuration sans coalition (€/mois) - Hypothèse d'amélioration des infrastructures pour les nœuds de Gênes et de Cagliari.

La création d'une coalition permettrait de réduire le coût total du réseau de 37%. Dans les cas de coalition et de non-coalition, le port d'approvisionnement qui permet les coûts de réseau les plus bas est Barcelone. Cependant, Skikda est une alternative très viable, car si l'on pouvait convenir d'un prix d'achat par m³ inférieur d'au moins 0,60 € au prix proposé par Barcelone, alors Skikda deviendrait l'option la plus avantageuse dans l'ensemble. Les autres alternatives sont moins compétitives.

6.1.5.2 Résultats pour le scénario 2: montage du projet avec des ports de coalition

Le Tableau 99 et le Tableau 99 résumés les résultats pour les deux ensembles d'instances de test qui caractérisent le scénario de coalition dans lequel les nœuds acheteurs de l'espace de coopération gèrent leurs approvisionnements en GNL de manière coordonnée. Pour chaque instance, la part du coût de transport relative à chaque nœud d'achat est rapportée en fonction du port d'exportation utilisé. La part du coût de transport attribuée aux différents nœuds d'achat est calculée en divisant le coût total de transport du réseau en proportion du volume de GNL acquis par chaque nœud. Les dernières colonnes du tableau sont plus détaillées:

- le coût total du réseau de transport pour chacun des cinq ports d'exportation. Le coût du réseau lié à l'option la moins coûteuse est mis en évidence en gras;
- le nombre total de miles parcourus pour l'approvisionnement mensuel du réseau;
- le delta (Δ) de coût qui caractérise l'offre de chaque nœud exportateur par rapport à l'option de réseau identifiée comme la moins coûteuse (indiquée en gras dans le tableau). Comme défini ci-dessus, Δ peut être interprété comme le rabais unitaire minimum en termes de €/m³ qui devrait s'appliquer sur le prix d'achat du GNL au nœud d'exportation *i* afin qu'il soit compétitif avec le nœud d'exportation desservant le réseau à coût minimum.

ID	Nœud exportateur	Coût de l'approvisionnement des nœuds de la coalition (€/mois)							Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)	Δcost (€/m3)
		Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon			
A1	Barcelone	587	5707	74342	49635	936	1195	5332	137734	6097	-
A2	Malte	814	7905	124608	69174	1297	1656	7386	212839	9671	2.5
A3	Skikda	597	5800	97152	54501	951	1215	5419	165635	7418	0.9
A4	Marsa Brega ^{el}	1333	12953	208877	115068	2125	2713	12102	355171	16112	7.3
A5	Idku	2146	20855	355872	199398	3421	4368	19485	605545	27045	15.6

Tableau 98 - Demandes du groupe A - Coût du transport de GNL par voie maritime dans le cadre de la coalition (€/mois).

ID	Nœud exportateur	Coût de l'approvisionnement des nœuds de la coalition avec d'éventuelles améliorations de l'infrastructure aux jonctions de Gênes et de Cagliari (€/mois)							Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)	Δcost (€/m3)
		Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon			
B1	Barcelone	909	8834	36995	50391	1449	1850	8254	108683	2074	-
B2	Malte	1188	11543	57963	69779	1893	2418	10784	155568	2724	1.6
B3	Skikda	916	8905	45075	57227	1461	1865	8320	123771	2101	0.5
B4	Marsa Brega ^{el}	1912	18582	96212	116614	3048	3892	17361	257621	4388	5.0
B5	Idku	3038	29527	161279	208594	4844	6184	27587	441053	6956	11.1

Tableau 99 - Demandes du groupe B - Coût du transport de GNL par voie maritime dans le cadre de la coalition avec l'hypothèse d'un renforcement des infrastructures aux nœuds de Gênes et de Cagliari (€/mois).

Le coût de l'approvisionnement de Gênes est très élevé si l'on considère sa configuration infrastructurelle actuelle (demandes du groupe A). En effet, les fonds marins de Gênes et la petite taille de son dépôt nécessitent six visites par mois avec un navire dédié pour répondre à sa demande de GNL. Dans le scénario d'amélioration des infrastructures (demandes du groupe B), Gênes peut être desservie par un navire plus grand dans le cadre d'un itinéraire qui touche plusieurs ports, avec une forte réduction de son coût d'approvisionnement (50%) et du coût global du réseau (21%). Il faut toutefois tenir compte du fait que l'entrée du nœud de Gênes dans la coalition implique le partage de ses coûts d'approvisionnement entre tous les membres de la coalition, ce qui entraîne une augmentation des coûts pour les autres ports.

6.1.5.3 Résultats pour le scénario 3: Livorno devient un port d'approvisionnement pour tout le réseau

Le Tableau 100 résume les résultats relatifs aux quatre instances de test qui caractérisent le scénario de réseau dans lequel l'off-shore de Livourne devient un port d'approvisionnement.

Pour chaque instance, le coût de transport relatif à chaque nœud acheteur dans la configuration spécifique du réseau est indiqué. Les dernières colonnes du tableau sont plus détaillées:

- le coût total du réseau de transport pour chaque instance;
- le nombre total de miles parcourus pour l'approvisionnement mensuel du réseau.

Compte tenu de la position géographique de Livourne, plus centrale dans le réseau que les autres nœuds d'exportation, les coûts de réseau sont considérablement réduits. Toutefois, Livourne devrait faire office d'intermédiaire, en achetant du GNL à l'un des ports d'exportation existants et en facturant un prix de vente plus élevé à l'utilisateur. Avec l'expansion du port de Gênes, le nombre de voyages mensuels nécessaires pour approvisionner Gênes diminuerait. La solution optimale pour la coalition comprendrait toujours des voyages dédiés à Gênes. Gênes continuerait à supporter intégralement ses propres coûts, mais avec l'avantage d'une réduction significative de ses coûts (-50%) sans augmentation de coût pour les autres ports, rendant ainsi son entrée dans la coalition bénéfique pour tous les membres.

ID	Nœud exportateur	Description	Coût de l'approvisionnement des nœuds de la coalition avec des améliorations hypothétiques de l'infrastructure aux jonctions de Gênes et de Cagliari (€/mois)						Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)
			Bastia	Cagliari	Gênes	Nice	Oristano	Toulon		
C1.1	Livourne	Pas de coalition	2147	10349	16474	10278	4611	6864	50723	2768
C1.2	Livourne	Pas de coalition + mise à niveau de Gênes et Cagliari	2147	10349	8237	10278	4611	6864	42486	2144
C2.1	Livourne	Oui Coalition	907	8810	16474	1445	1845	8231	37712	1148
C2.2	Livourne	Oui Coalition + mise à niveau de Gênes et Cagliari	907	8810	8237	1445	1845	8231	37712	662

Tableau 100 - Demandes du groupe C - Coût du transport du GNL dans l'hypothèse où Livourne deviendrait un port d'approvisionnement.

6.1.5.4 Résultats pour le scénario 4: ports de coalition avec des caractéristiques de soumission améliorées aux nœuds d'achat (scénario prospectif)

Le Tableau 101 résume les résultats des cinq instances de test qui caractérisent le scénario de réseau prospectif dans lequel on suppose une amélioration des caractéristiques d'approvisionnement (capacité d'étirage et de dépôt) des nœuds acheteurs du réseau.

Pour chaque instance, le coût de transport relatif à chaque nœud acheteur dans la configuration spécifique du réseau est indiqué. Les dernières colonnes du tableau sont plus détaillées:

- le coût total du réseau de transport pour chacun des cinq ports d'exportation. Le coût du réseau lié à l'option la moins coûteuse est mis en évidence en gras;
- le nombre total de miles parcourus pour l'approvisionnement mensuel du réseau;
- le delta (Δ) de coût qui caractérise l'offre de chaque nœud exportateur par rapport à l'option de réseau identifiée comme la moins coûteuse (indiquée en gras dans le tableau). Comme défini ci-dessus, Δ peut être interprété comme le rabais unitaire minimum en termes de €/m³ qui devrait s'appliquer sur le prix d'achat du GNL au nœud d'exportation *i* afin qu'il soit compétitif avec le nœud d'exportation desservant le réseau à coût minimum.

ID	Nœud exportateur	Coût de l'approvisionnement des nœuds de la coalition avec des hypothèses améliorant les caractéristiques de soumission (€/mois)							Coût du réseau (€/mois)	Distance (mn/mois)	Δ cost (€/m ³)
		Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon			
D1	Barcelone	427	4146	13701	15413	680	868	3874	39109	1866	-
D2	Malte	581	5645	18655	20987	926	1182	5274	53251	2545	0.31
D3	Skikda	467	4536	14988	16861	744	950	4238	42782	2050	0.08
D4	Marsa el Brega	927	9004	29753	33473	1477	1886	8412	84932	4063	1.00
D5	Idku	1563	15186	50182	56455	2491	3181	14188	143244	6863	2.28

Tableau 101 - Instances du scénario 4 - Coût de transport du GNL dans le scénario prospectif avec des attributs de soumission améliorés aux nœuds d'achat.

Dans le scénario prospectif avec des caractéristiques d'enchères améliorées aux nœuds d'achat, l'option de réseau la plus pratique est celle qui repose sur Barcelone, avec des différences de coûts minimales par rapport aux options de réseau avec Malte et Skikda. Marsa el Brega et Idku, étant donné leur position géographique décentralisée par rapport à la zone d'étude, sont des alternatives moins compétitives.

6.1.6 Conclusions

6.1.6.1 Différence de coût entre les différentes structures

Le Tableau 102 illustre les économies en pourcentage des coûts de transport qui seraient réalisées en passant du scénario d'approvisionnement BAU au scénario d'approvisionnement de la coalition (Scénario 2 - Instances du groupe A).

L'adhésion à la coalition, quel que soit le dépôt d'approvisionnement choisi, implique une réduction significative des coûts pour tous les ports, à l'exception de Gênes, pour lequel les coûts de transport resteraient inchangés. En effet, même en rejoignant la coalition, Gênes serait desservie par des services dédiés et supporterait l'intégralité de son coût d'approvisionnement, sans le partager avec les autres membres de la coalition. Gênes aurait cependant un avantage à rejoindre la coalition, concernant le prix d'achat du GNL. En effet, face à une demande beaucoup plus importante, le port d'exportation pourrait accorder une plus grande remise sur le prix de vente du GNL, avec des répercussions positives également pour Gênes.

	Pourcentage d'économies (%)							
	Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon	Total
Barcelone	95%	58%	0%	25%	92%	87%	29%	29%
Malte	95%	33%	0%	25%	92%	94%	66%	32%
Skikda	96%	5%	0%	25%	89%	92%	59%	27%
Marsa el Brega	96%	50%	0%	25%	94%	92%	66%	32%
Idku	96%	57%	0%	25%	93%	93%	69%	33%

Tableau 102 - Pourcentage d'économies de coûts de transport réalisables en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition (Groupe A).

Le Tableau 103 montre la variation en pourcentage des coûts de transport qui se produiraient en passant du scénario d'approvisionnement BAU au scénario d'approvisionnement de la coalition avec mise à niveau des infrastructures (scénario 2 - instances du groupe B).

Grâce à l'amélioration des infrastructures, Gênes pourrait être incluse dans une route qui touche plusieurs ports. Ses coûts devraient alors être partagés avec la coalition. Cela impliquerait un avantage important pour Gênes mais des coûts accrus pour d'autres ports comme Bastia, Nice et Oristano, rendant cette hypothèse irréalisable. Il convient de noter que, puisque les coûts du réseau sont répartis en fonction de la part de la demande (pourcentage de la demande d'un port par rapport à la demande totale), Livourne bénéficierait de l'adhésion de Gênes à la coalition. En effet, sans Gênes, Livourne aurait une part très importante et devrait donc supporter la plupart des coûts du réseau. Avec

l'entrée de Gênes, sa part serait réduite de moitié et les coûts du réseau seraient partagés avec Gênes, ce qui entraînerait une réduction des coûts pour Livourne.

	Variation en pourcentage (%)							
	Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon	Total
Barcelone	93%	35%	-42%	-19%	87%	81%	-10%	32%
Malte	93%	3%	-33%	-18%	89%	91%	50%	39%
Skikda	93%	-45%	-32%	-17%	83%	87%	37%	29%
Marsa el Brega	94%	28%	-31%	-17%	91%	89%	51%	43%
Idku	95%	39%	-29%	-15%	91%	90%	55%	46%

Tableau 103 - Variation en pourcentage des coûts de transport réalisable en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition et à la modernisation des infrastructures (groupe B).

Le Tableau 104 illustre les économies en pourcentage sur les coûts de transport qui seraient réalisées en passant du scénario d'approvisionnement BAU au scénario d'approvisionnement prospectif de la coalition avec identification des attributs d'approvisionnement optimaux pour le navire et les dépôts côtiers (scénario 4).

	Pourcentage d'économies (%)							
	Bastia	Cagliari	Gênes	Livourne	Nice	Oristano	Toulon	Total
Barcelone	96.6	69.7	81.6	76.7	93.8	90.9	48.2	79.9
Malte	96.6	52.4	85.0	77.2	94.6	95.6	75.4	82.9
Skikda	96.7	25.9	84.56	76.8	91.5	93.4	68.1	81.1
Marsa el Brega	97.0	65.3	85.8	78.2	95.8	94.6	76.1	83.8
Idku	97.2	68.7	85.9	78.8	95.2	94.8	77.1	84.1

Tableau 104 - Pourcentage d'économies de coûts de transport réalisables en passant de l'absence de coalition (BAU) à la coalition et aux attributs d'offre améliorés (scénario 4).

En portant la profondeur de tous les ports à 8 mètres et en augmentant la capacité des réservoirs de stockage côtiers de Livourne (de 4 500 à 18 300 m³) et de Gênes (de 3 000 à 16 100 m³), il est possible de réduire les coûts de transport d'environ 80%. Des profondeurs plus importantes et des réservoirs plus grands permettraient d'approvisionner tous les ports de la coalition en utilisant seulement deux navires, un grand et un extra-large. Cet arrangement, en plus de réduire les coûts, réduirait également les distances parcourues, qui tomberaient à 1 866 miles nautiques avec le hub de Barcelone, ce qui entraînerait une nouvelle réduction de l'impact environnemental (voir section 6.1.6.2).

6.1.6.2 L'impact en termes d'environnement et de sécurité de la navigation

L'application décrite a permis d'évaluer dans quelle mesure la gestion du système d'approvisionnement en GNL en coalition entre les ports de la zone de coopération pouvait conduire à une réduction des coûts de transport pour tous les nœuds du réseau. Cette réduction des coûts de transport est due à l'optimisation des facteurs de charge des navires, à la diminution du nombre de navires à utiliser pour approvisionner tous les nœuds et, bien sûr, à la réduction du nombre total de miles nautiques parcourus grâce à l'optimisation des itinéraires de distribution.

Il est cependant facile de voir que l'avantage économique n'est pas le seul qui résulterait d'une gestion intégrée du système d'approvisionnement en GNL par voie maritime.

La réduction du nombre de navires en circulation dans les eaux de la zone de coopération et du nombre total de miles parcourus a des impacts positifs évidents en termes de sécurité de la navigation et de réduction des émissions polluantes.

En ce qui concerne ce dernier point, il est utile de souligner que le transport maritime international est considéré comme l'un des principaux secteurs économiques responsables des émissions de gaz à effet de serre (GES), et en particulier du CO₂. Ce dernier est le plus important gaz à effet de serre émis par les navires et le principal contributeur au réchauffement de la planète.

En 2018, l'Organisation maritime internationale (OMI) a adopté la stratégie initiale de l'OMI pour guider le processus de réduction des émissions de GES du secteur du transport maritime. En prenant 2008 comme année de référence, la stratégie de l'OMI vise à réduire au moins de moitié les émissions totales de GES du transport maritime d'ici à 2050 et à réduire l'intensité moyenne en carbone (CO₂ par tonne-mille) d'au moins 40% d'ici à 2030, et de 70% d'ici à 2050.

Pour atteindre les niveaux ambitieux d'atténuation convenus au niveau international, l'industrie maritime et toutes les parties prenantes sont appelées à déployer des efforts substantiels pour trouver et mettre en œuvre des solutions permettant de réduire l'impact environnemental du secteur. L'optimisation des réseaux de distribution peut apporter sa contribution à l'atténuation de l'impact environnemental des activités maritimes.

Cette section présente, pour les différents scénarios de réseau analysés, une estimation des émissions de CO₂, NO_x, SO_x, PM, NMVOC et BC (Black Carbon).

Les estimations d'émissions sont basées sur les facteurs d'émission de la consommation (FC) et de l'utilisation (EF) pour l'année 2018 (kg de polluant/tonne de carburant) extraits de la quatrième étude de l'OMI sur les gaz à effet de serre (OMI, 2020) présentée à la figure 1.

Pollutants	Fuel Type	The Fourth IMO GHG Study						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CO ₂	HFO	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114	3,114
	MDO	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206	3,206
	LNG	2,750	2,750	2,749	2,749	2,750	2,753	2,755
CH ₄	HFO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	MDO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	LNG	5.31	6.00	7.35	8.48	10.20	11.22	11.96
N ₂ O	HFO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18
	MDO	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	LNG	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
NO _x	HFO	78.61	77.18	76.19	76.98	76.71	76.67	75.90
	MDO	53.12	52.51	52.14	57.68	57.45	57.62	56.71
	LNG	5.60	5.90	5.82	5.99	7.46	10.95	13.44
CO	HFO	2.84	2.83	2.84	2.86	2.86	2.87	2.88
	MDO	2.48	2.47	2.47	2.58	2.58	2.60	2.59
	LNG	1.88	2.07	2.38	2.64	3.10	3.57	3.97
NMVOC	HFO	3.14	3.13	3.13	3.17	3.18	3.19	3.20
	MDO	2.16	2.15	2.15	2.39	2.39	2.42	2.40
	LNG	0.81	0.88	0.99	1.09	1.26	1.44	1.59
SO _x	HFO	46.63	44.80	45.31	47.90	50.44	50.83	50.83
	MDO	2.74	2.54	2.35	1.56	1.56	1.56	1.37
	LNG	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
PM	HFO	7.11	6.96	7.01	7.26	7.48	7.53	7.55
	MDO	0.97	0.96	0.94	0.92	0.92	0.92	0.90
	LNG	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
PM _{2.5}	HFO	6.54	6.41	6.45	6.68	6.88	6.93	6.94
	MDO	0.90	0.88	0.87	0.84	0.84	0.85	0.83
	LNG	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
BC	HFO	0.26	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26
	MDO	0.43	0.43	0.43	0.37	0.37	0.37	0.38
	LNG	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019

Tabella 105 - Facteurs d'émission (kg de polluant par tonne de carburant). Fonte: Quatrième étude de l'OMI sur les GES (2020)

Dans cette étude, la consommation de transport caractérisant les différents scénarios est calculée comme la somme de la consommation liée aux distances desservies par les différents types de navires, en utilisant les valeurs indiquées dans le Tableau 106. Pour chaque scénario, la consommation réelle de chaque type de navire est calculée en multipliant la consommation horaire par le temps total de navigation. Cette dernière est à son tour calculée en divisant le total des miles parcourus par les navires du même type par la vitesse de service qui caractérise ce type. Le Tableau 107 détaille la meilleure option de réseau pour chacun des scénarios analysés:

- le nombre et le type de navires déployés chaque mois;
- le total des miles parcourus par chaque catégorie de navires au cours du mois de référence.

La consommation mensuelle pour les différents scénarios de réseau est indiquée dans le Tableau 108, tant dans l'hypothèse de navires fonctionnant au HFO que dans celle de navires fonctionnant au GNL.

Catégorie	Capacité de charge [m ³]	Vitesse de conception [noeuds]	Consommation - mode HFO		Consommation - Mode GNL	
			[t/jour]	[t/h]	[t/jour]	[t/h]
1 - très petit	3.000	12	8,5	0,354	6,6	0,275
2 - petits	7.500	13,5	10,4	0,433	8,4	0,350
3 - moyen	10.000	14	13,6	0,567	12,1	0,504
4 - grand	20.000	15	20,3	0,846	18,1	0,754
5 - extra large	30.000	16	28,6	1,192	25,1	1,046

Tableau 106 - Consommation moyenne des navires considérés

Scénario ID	Nombre de navires employés par classe de capacité (navires/mois)					Milles parcourus par mois par type de navire (mn/mois)				
	3.000	7.500	10.000	20.000	30.000	3.000	7.500	10.000	20.000	30.000
1 - Pas de coalition (BAU)	9	3				9274	1558			
2.A - Oui coalition	6	1	1			4224	1096	777		
2.B - Oui coalition + améliorations infrastructurales Gênes et Cagliari	2	1		1		1408	976		1098	
4 - Oui coalition + attributs de soumission améliorés				1	1				708	1158

Tableau 107 - Distances mensuelles parcourues par type de navire.

Scénario	Consommation mensuelle par catégorie de navires - mode HFO (tonnes/mois)					Consommation totale (t/mois)	Consommation mensuelle par catégorie de navires - mode GNL (t/mois)					Consommation totale (t/mois)
	3.000	7.500	10.000	20.000	30.000		3.000	7.500	10.000	20.000	30.000	
1 - Pas de coalition (BAU)	273,71	50,01	0,00	0,00	0,00	323,72	212,53	40,39	0,00	0,00	0,00	252,92
2.A - Oui coalition	124,67	35,18	31,45	0,00	0,00	191,30	96,80	28,41	27,98	0,00	0,00	153,20
2.B - Oui coalition + améliorations infrastructurelles Gênes et Cagliari	41,56	31,33	0,00	61,92	0,00	134,80	32,27	25,30	0,00	55,21	0,00	112,78
4 - Oui coalition + attributs de soumission améliorés	0,00	0,00	0,00	39,92	86,25	126,17	0,00	0,00	0,00	35,60	75,69	111,29

Tableau 108 - Consommation mensuelle de carburant (t/mois): carburant HFO et GNL.

Le Tableau 110 et le Tableau 110 montrent les valeurs d'émission pour les différents scénarios analysés en supposant, respectivement, des navires alimentés au HFO et au GNL. Les valeurs d'émission sont calculées en multipliant le facteur d'émission - EF (kg de polluant par tonne de carburant) relatif à chaque polluant par la consommation mensuelle (tonne de carburant/mois) relative au scénario de réseau spécifique considéré.

Scénario	CO ₂ EF=3114	NO _x EF=75.9	SO _x EF=50.83	PM EF=7.55	COVNM EF=3.2	BC EF=0.26
1 - Pas de coalition (BAU)	1.008.069,3	24.570,5	16.454,8	2.444,1	1.035,9	84,2
2.A - Oui coalition	595.698,6	14.519,4	9.723,6	1.444,3	612,2	49,7
2.B - Oui coalition + améliorations infrastructurelles Gênes et Cagliari	419.763,9	10.231,2	6.851,8	1.017,7	431,4	35,0
4 - Oui coalition + attributs de soumission améliorés	392.894,0	9.576,3	6.413,2	952,6	403,7	32,8

Tableau 109 - Valeurs d'émission mensuelles (kg/mois) pour les différents scénarios - approvisionnement en HFO.

Scénario	CO2	NOx	SOx	PM	COVNM	BC
	EF=2755	EF=13,44	EF=0.03	EF=0.11	EF=1.59	EF=0.019
1 - Pas de coalition (BAU)	696.799,4	3.399,3	7,6	27,8	402,1	4,8
2.A - Oui coalition	422.055,2	2.059,0	4,6	16,9	243,6	2,9
2.B - Oui coalition + améliorations infrastructurelles Gênes et Cagliari	310.696,1	1.515,7	3,4	12,4	179,3	2,2
4 - Oui coalition + attributs de soumission améliorés	306.600,8	1.495,7	3,3	12,2	176,9	2,1

Tableau 110 - Valeurs d'émission mensuelles (kg/mois) pour les différents scénarios - alimentation en GNL.

Le Tableau 111 montre le pourcentage de réduction (%) de la pollution qui se produirait en passant du scénario BAU aux différents scénarios de projet. Dans l'hypothèse de navires à propulsion conventionnelle, le passage du système d'approvisionnement actuel (scénario 1 - BAU) au système d'approvisionnement de la coalition (scénario 2.A) produirait un pourcentage de réduction de la pollution liée aux activités de transport du GNL égal à 40,9%. Cette réduction s'élèverait à 58,4% si les infrastructures des installations de stockage côtier de Gênes et de Cagliari étaient modernisées (scénario 2.B) et pourrait potentiellement atteindre 61% si les installations de stockage côtier étaient optimisées (scénario 4).

Scénario	Pourcentage de réduction (%) de la pollution lors du passage du scénario BAU aux différents scénarios de projet	
	Mode HFO	Mode GNL
2.A - Oui coalition	-40,9%	-39,4%
2.B - Oui coalition + améliorations infrastructurelles Gênes et Cagliari	-58,4%	-55,4%
4 - Oui coalition + attributs de soumission améliorés	- 61,0%	-56,0%

Tableau 111 - Réduction de la pollution lors du passage du scénario BAU aux différents scénarios de projet.

Le Tableau 112 indique, pour chacun des polluants considérés, le pourcentage moyen de réduction des émissions qui serait obtenu en passant des camions-citernes utilisant des carburants classiques à des camions-citernes fonctionnant au GNL. L'utilisation de navires-citernes alimentés au GNL entraînerait une réduction de plus d'un quart des émissions de

CO₂, l'élimination presque totale des SO_x et des particules, une très forte réduction des émissions de NO_x et de BC, et une réduction de près de 60% des émissions de COVNM.

	CO ₂	NO _x	SO _x	PM	COVNM	BC
Pourcentage de réduction des polluants lors du passage du mode HFO au mode GNL (%)	-28,7%	-85,7%	-99,9%	-98,8%	-59,9%	-94,1%

Tableau 112 - Pourcentage moyen de réduction des polluants lors du passage des navires fonctionnant au HFO à ceux fonctionnant au GNL.

Ces données donnent une indication claire de l'avantage environnemental d'un système d'approvisionnement en GNL organisé dans la zone de coopération. Une simple réorganisation intégrée du système d'approvisionnement en GNL entre les ports de la zone de coopération pourrait à elle seule réduire de près de 41% l'impact environnemental des activités de transport. Ce bénéfice en termes de réduction des émissions pourrait atteindre 61% si une réorganisation systémique du réseau de distribution s'accompagnait de la taille optimale future des installations de stockage côtier.

Il convient également de noter que l'étude de cas présentée ici porte sur un groupe limité de dépôts côtiers qui peut être étendu à l'avenir par l'inclusion de ports supplémentaires et l'extension de la zone géographique de référence, avec des avantages accrus en conséquence.

Les données suggèrent donc le potentiel important des politiques visant à réorganiser les réseaux de transport maritime de GNL de manière intégrée pour réduire les émissions générées par les activités de transport. La combinaison du potentiel d'atténuation qui résulterait de la réorganisation des services de transport maritime de manière intégrée avec l'adoption de carburants de substitution et la mise en œuvre de technologies et de pratiques d'exploitation de plus en plus respectueuses de l'environnement peut représenter la clé pour trouver des solutions permettant de réduire l'impact environnemental des chaînes de transport maritime et d'atteindre des objectifs internationaux ambitieux de réduction des émissions.

6.2 Etude d'un modèle de "Vehicle Routing" appliqué à la distribution de GNL par voie maritime

Le modèle étudié s'inscrit dans la famille des problèmes de "Vehicle Routing" appliqués à la distribution maritime de GNL.

Les termes du problème peuvent être résumés comme suit:

- un ensemble de ports/dépôts côtiers doit être desservi par un ensemble de navires de différentes capacités;
- chaque port doit être atteint une fois dans l'horizon temporel de référence;
- le tirant d'eau du navire et le poste d'amarrage/accès au port doivent être compatibles entre eux.

L'objectif du processus d'optimisation est de minimiser les coûts totaux de transport du réseau (y compris les coûts d'exploitation des navires et les coûts portuaires) tout en respectant les contraintes ci-dessus. Les décisions à prendre avec le modèle concernent:

- la définition du nombre de navires à utiliser, ventilé par catégorie de capacité;
- pour chaque navire employé, la liste et l'ordre des ports à desservir.

En ce qui concerne les ports (dépôts côtiers), ils sont donc caractérisés en termes de:

- une demande de GNL à laquelle il faut répondre;
- une valeur de tirant d'eau maximal représentant la valeur maximale autorisée pour l'entrée d'un navire dans le port.

Dans l'étude de cas réelle, la définition de la demande d'approvisionnement a nécessité une analyse très minutieuse, car la demande de consommation finale dépend de multiples facteurs:

- la consommation interne de la zone afférente au port/dépôt, qui concerne les usagers civils et industriels, les pôles énergétiques, les pôles commerciaux, etc. Pour les réalités de la consommation interne, il faut vérifier le besoin réel d'approvisionnement en GNL comme alternative aux gazoducs, s'il existe dans la région;
- la consommation interne du port. À cet égard, les potentiels énergétiques qui peuvent être satisfaits en utilisant le GNL comme alternative aux sources d'énergie actuelles ont été estimés pour les principaux ports;
- la consommation des navires fonctionnant au GNL qui pourront potentiellement compter sur le port individuel pour se ravitailler;

- la consommation des véhicules routiers lourds, qui trouverait un appui dans le dépôt côtier et dans les distributeurs situés dans la zone de référence pour se ravitailler en GNL.

La flotte de navires qui peut potentiellement être déployée pour desservir le réseau de distribution est à son tour décrite par un ensemble de paramètres:

- la capacité de transport de chaque navire;
- les coûts portuaires, ventilés par catégorie de navires;
- le coût horaire d'exploitation du navire, ventilé par catégorie de navire;
- pour chaque navire, les tirants d'eau limites à vide et en charge (Figure 96).



Figure 96 - Limites de tirant d'eau pour les navires entrant dans les ports

Pour chaque port et pour chaque navire, il est donc possible de définir 3 conditions qui régissent la possibilité d'accès au port d'un navire donné en fonction de son tirant d'eau:

- Condition 1: Si le tirant d'eau du port est supérieur au tirant d'eau du navire en pleine charge, il n'y a aucune restriction à l'accès de ce navire au port.
- Condition 2: Si le tirant d'eau du port est inférieur au tirant d'eau du navire à vide, ce navire ne peut pas utiliser ce port.
- Condition 3: Si le tirant d'eau du port est supérieur au tirant d'eau du navire à vide mais inférieur au tirant d'eau à pleine charge, ce navire ne peut entrer dans le port que si sa cargaison ne dépasse pas une valeur maximale donnée calculée en fonction du tirant d'eau.

Le problème ainsi posé, que nous appellerons "Acheminement des véhicules avec flotte hétérogène et limites de tirant d'eau" peut être considéré comme une extension du traditionnel problème du voyageur dans lequel la contrainte du tirant d'eau et l'hétérogénéité de la flotte employée sont introduites en termes de capacité de charge, de coûts d'exploitation horaires et de variabilité du tirant d'eau en fonction de la charge embarquée.

À cet égard, il est utile de souligner que le tirant d'eau de chaque navire varie lorsqu'il touche un port et décharge une partie du GNL. La rotation du navire est donc contrainte par

l'obligation de desservir d'abord les ports aux fonds marins profonds afin de pouvoir réduire le tirant d'eau du navire et ainsi accéder aux autres ports à quai moins profond.

Afin de vérifier la validité et la fiabilité du modèle d'optimisation dans l'identification d'une solution optimale pour la configuration du réseau de distribution, celui-ci a été testé sur une série d'instances de test dans lesquelles 15 ports et une flotte hétérogène de navires (de petite, moyenne et grande capacité) ont été considérés et en introduisant un ensemble d'inégalités valides pour faciliter la recherche de la solution optimale.

Les essais ont été réalisés en faisant varier les deux rapports suivants:

- Capacité des navires par rapport à la demande globale à satisfaire par cycle (élevée - faible);
- pourcentage de ports avec des restrictions de tirant d'eau par rapport au nombre total de ports du réseau considéré (élevé - faible);

L'analyse des résultats obtenus par la calibration du modèle sur les instances de test a montré que:

- Lorsque la capacité des navires est élevée, le problème est plus facile à résoudre et le nombre de ports soumis à une restriction de tirant d'eau n'affecte pas la solution optimale;
- Lorsque la capacité des navires est faible, le problème devient plus difficile à résoudre et le nombre de ports soumis à des restrictions de tirant d'eau affecte la solution optimale en imposant des itinéraires beaucoup plus longs pour respecter les contraintes de tirant d'eau maximum;
- Les inégalités valides rendent la recherche de la solution optimale en moyenne trois fois plus rapide.

6.2.1 Résultats de l'application sur un échantillon de test

Vous trouverez ci-dessous les résultats du modèle pour un exemple de test effectué sur une instance de test caractérisée comme suit:

- Barcelone - dépôt de départ;
- 3 navires disponibles (grand, moyen, petit);
- 11 ports à approvisionner: Marseille (France); Gênes, Savone, La Spezia, Livourne, Piombino (Ligurie/Toscane); Ajaccio, Bastia (Corse); Cagliari, Porto Torres, Oristano (Sardaigne).

La Figure 97ports/dépôts côtiers dans l'exemple de test tandis que la Figure 98montre les routes optimales identifiées par le modèle.



Figure 97 - Ports considérés dans les tests de calibration du modèle

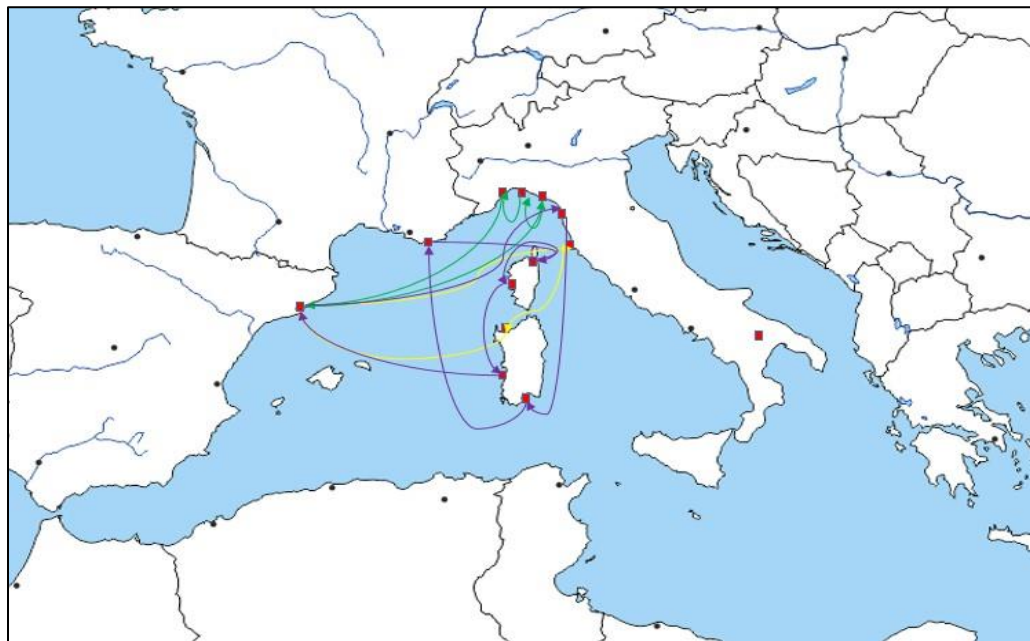


Figure 98 - Routes identifiées par le modèle

La route représentée en violet est desservie par le grand navire et, en raison des contraintes imposées par les restrictions de tirant d'eau, suit une route très différente de la route minimale. En effet, les grands navires, lorsqu'ils sont au maximum de leur charge, ont un tirant d'eau très élevé qui affecte inévitablement la séquence des ports à desservir générant des routes plus étendues. D'autre part, l'utilisation de grands navires, face à un coût d'exploitation horaire plus élevé, permet de servir un plus grand nombre de clients en un seul tour de navire, réduisant ainsi le nombre de voyages nécessaires pour rejoindre les ports de destination depuis le dépôt et vice versa. En revanche, les petits navires, compte tenu de leur faible tirant d'eau, peuvent accéder à presque tous les ports sans restriction et se caractérisent par un coût horaire d'exploitation plus faible. Toutefois, comme ils ne peuvent desservir qu'un nombre limité de ports au cours d'un même voyage (généralement un ou deux ports au maximum), ils doivent effectuer davantage de voyages, ce qui augmente le nombre de voyages maritimes longs nécessaires pour atteindre la zone des ports de destination depuis le dépôt et vice versa.

Les résultats confirment que le problème du tirant d'eau ne peut pas être négligé dans la planification des itinéraires mais doit nécessairement être pris en compte. D'un point de vue opérationnel, on peut affirmer que le modèle développé s'avère être un outil valide d'aide à la décision qui permet d'identifier la meilleure combinaison de navires de grande, moyenne et petite capacité à utiliser dans le réseau de distribution et la meilleure organisation du réseau maritime par une gestion efficace des rotations de navires. Il peut également être utilisé dans une perspective "what if" afin d'évaluer rapidement et efficacement différentes hypothèses de scénarios, différentes les unes des autres, ne serait-ce que pour la valeur d'un seul paramètre du projet, par exemple: l'introduction d'un nouveau port dans le réseau, la variation de la demande de GNL d'un nœud, la modification de la fréquence de service, un changement de la flotte, l'augmentation du tirant d'eau d'un dépôt côtier, etc.

7 Analyse des solutions possibles dans le contexte ligure

7.1 Analyse des macro-scénarios

7.1.1 Phase de démarrage du réseau

Dans la phase initiale de démarrage du réseau, la complémentarité des infrastructures fixes et mobiles impliquées est élevée, la demande de GNL à usage maritime envisagée dans cette phase initiale est encore à l'état embryonnaire et la zone de référence concurrentielle pour chaque port d'escale est plus étendue.

Au niveau national, dans cette première phase, il est possible d'émettre l'hypothèse d'une structure de réseau basée sur trois sous-réseaux principaux, qui peuvent être rattachés à ceux identifiés par le QSN, et plus précisément:

- le réseau de la mer Tyrrhénienne-Ligure
- le réseau adriatique
- le réseau de l'Italie centrale et méridionale

La zone de référence concurrentielle du pôle ligure est également étendue, se développant de Barcelone à la Sardaigne jusqu'au nord de la mer Tyrrhénienne.

Dans cette phase, les ports des zones voisines (Barcelone, Marseille, Livourne) représentent à la fois une opportunité d'approvisionnement facile en GNL pour la fourniture de services d'approvisionnement au port, et un élément de forte concurrence en ce qui concerne l'offre de ces mêmes services, marquant un avantage concurrentiel sur le système portuaire ligure en raison de la possibilité d'approvisionnement direct à partir des terminaux/dépôts portuaires concernés.

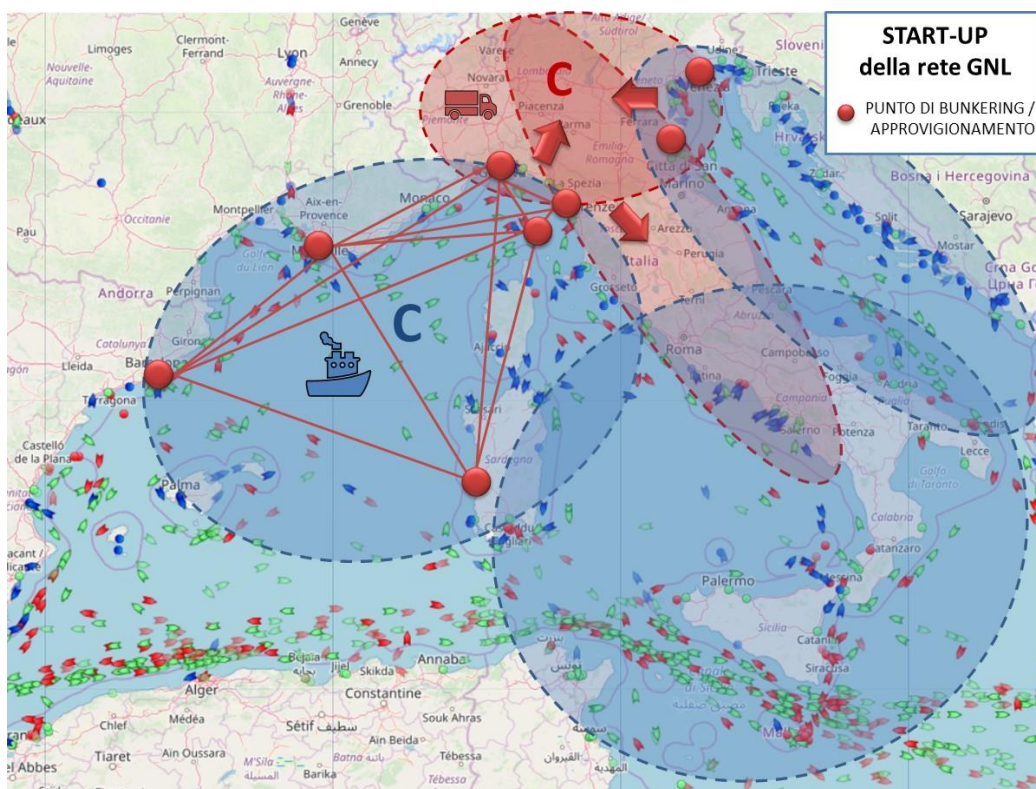


Figure 99 - Schéma de la configuration du réseau dans la première phase de démarrage

En attendant la construction de l'infrastructure terrestre primaire (dépôts côtiers), les quelques navires à propulsion GNL qui devraient naviguer dans la région dans un avenir immédiat (2019-2020) pourront être ravitaillés en carburant à l'aide d'une infrastructure de service mobile (soutes pour les navires de taille moyenne et systèmes terrestres simultanés pour les navires de taille moyenne et petite). Dans cette phase, nous tendrons à maximiser l'utilisation de la capacité de transport et de ravitaillement des navires de soutage qui, une fois chargés dans les terminaux d'importation de la zone (Barcelone, Marseille, OLT une fois l'adaptation terminée), pourront opérer dans toute la zone Tyrrhénienne-Ligure en effectuant des opérations d'approvisionnement des dépôts côtiers (par exemple, le terminal HIGAS à Oristano) et de *soutage navire à navire* dans les ports et en pleine mer, si nécessaire.

Dans cette configuration, un rôle crucial est donc joué par les infrastructures mobiles (terrestres et maritimes) aptes à effectuer des opérations de ravitaillement en cas de besoin dans les différents endroits du réseau Tyrrhénien-Ligure, garantissant un haut degré de flexibilité et d'adaptation aux conditions changeantes du marché.

En ce qui concerne le secteur foncier, l'explosion de la demande générée par le secteur du transport routier sera le moteur du développement des infrastructures foncières et de leur durabilité économique et financière.

Le développement simultané de terminaux sur la côte adriatique (dépôts de Ravenne et de Venise) permettra de créer une zone contestable dans le centre-nord de l'Italie, favorisant le développement d'un environnement de marché concurrentiel, tandis que la pénétration des marchés du centre-sud de l'Italie sera facilitée, en attendant la construction de terminaux de distribution dans ces zones.

En ce qui concerne le contexte tyrrhénien-ligure, dans cette première phase, les éléments suivants seront mis en place:

- des infrastructures d'importation déjà opérationnelles et en cours de construction (terminaux de Barcelone, Marseille et OLT);
- infrastructure terrestre mobile (camions-citernes - citernes ISO);
- infrastructure terrestre mobile pour les opérations de ravitaillement multiple (skid-connecteurs)
- les infrastructures mobiles de soutage (navires/cabines de soutage);
- les dépôts côtiers de référence pour la macro-zone d'intérêt (mer Tyrrhénienne-Ligure), y compris les dépôts côtiers à petite échelle en cours de construction (dépôt HIGAS à Oristano) et en phase d'autorisation (projet de terminal GNL à Livourne).

Le tableau suivant montre les hypothèses relatives au développement d'infrastructures terrestres et d'unités pour la fourniture et la distribution de GNL pour la zone ligure comprise entre les ports de Savone et de La Spezia, en indiquant les besoins financiers estimés, qui sont d'environ 40-60 millions d'euros.

Dans la phase de démarrage du réseau GNL ligure, en attendant la construction de dépôts côtiers de taille moyenne, afin de garantir la possibilité d'approvisionner des navires de taille moyenne et grande (par exemple, des croisières et des ferries), il est possible de prévoir la nécessité d'une dotation d'infrastructures et d'équipements consistant en un système de connexion multiple et simultanée de *camions terrestres à des navires* et un *navire de soutage de taille moyenne et un petit allège utilisé pour les opérations d'approvisionnement de navire à navire*. Pour soutenir le développement du marché du GNL dans le secteur du transport routier, il existe la possibilité de créer deux stations-service GNL pour l'utilisation directe des flottes de véhicules lourds dans les bassins portuaires ligures (par exemple, situées au service des ports de Gênes-Vado et de La Spezia).

Elemento	N. unità	Investimento (mil €)
<i>deposito portuale 10.000m³</i>	0	35-45
<i>bunker ship (5.000-10.000)</i>	1	30-40
<i>bettolina (1.500-3.000)</i>	1	10-20
<i>sistemi simultanei TTS</i>	1	0,5-0,8
<i>stazione GNL in ambito portuale</i>	2	0,6 - 1
totale fase START-UP		41,7-62,8

Tableau 113 - Schéma de la structure du réseau dans les phases de développement du réseau ligure et besoins financiers correspondants (mln EUR)

7.1.2 Phases de développement du réseau intermédiaire (mise à l'échelle) et final (déploiement)

Par rapport à la phase initiale de démarrage du réseau, on prévoit une augmentation progressive de la demande maritime et des infrastructures terrestres correspondantes, ainsi qu'une réduction simultanée de l'extension géographique du bassin concurrentiel de référence pour le marché du soutage maritime. Au cours de cette phase, le réseau national devrait être divisé en plusieurs sous-réseaux plus petits, liés aux principaux ports maritimes et aux centres de ravitaillement.

Dans la phase intermédiaire (scale-up), une situation de forte complémentarité/compétitivité avec les infrastructures mobiles (chaîne logistique via ISO-Tank, pétroliers et équipements pour connexion multiple et navires de soutage) et fixes (entrepôts côtiers) de la zone Tyrrhénienne-Ligure, comprise entre les bassins portuaires de Savone et Livourne, peut persister.

La présence des terminaux de Barcelone et de Marseille dans cette deuxième phase pourrait représenter un élément de moindre compétitivité et de plus grande complémentarité par rapport au réseau ligure en termes de possibilité d'approvisionnement des navires de soute comme alternative aux terminaux d'importation voisins (OLT et éventuellement Panigaglia) et aux dépôts côtiers voisins, là où ils sont construits.

Chaque sous-réseau aura tendance à être structuré avec la mise en place d'infrastructures terrestres primaires plus importantes, avec au moins un dépôt côtier de 10 000 m³ par réseau, desservi par des méthaniers dédiés et flanqué de navires ravitailleurs et/ou de soutes de taille petite-moyenne dédiées à l'usage exclusif du soutage maritime intra-portuaire.

Dans cette phase, la part du marché terrestre représentera toujours une part importante de la demande de GNL traitée par les terminaux côtiers primaires, malgré l'augmentation prévue des volumes dans le secteur du soutage maritime. Entre-temps, le marché onshore du centre et du sud de l'Italie se sera développé davantage et sera devenu contestable suite au développement du réseau d'infrastructures onshore primaires prévu dans ces zones.

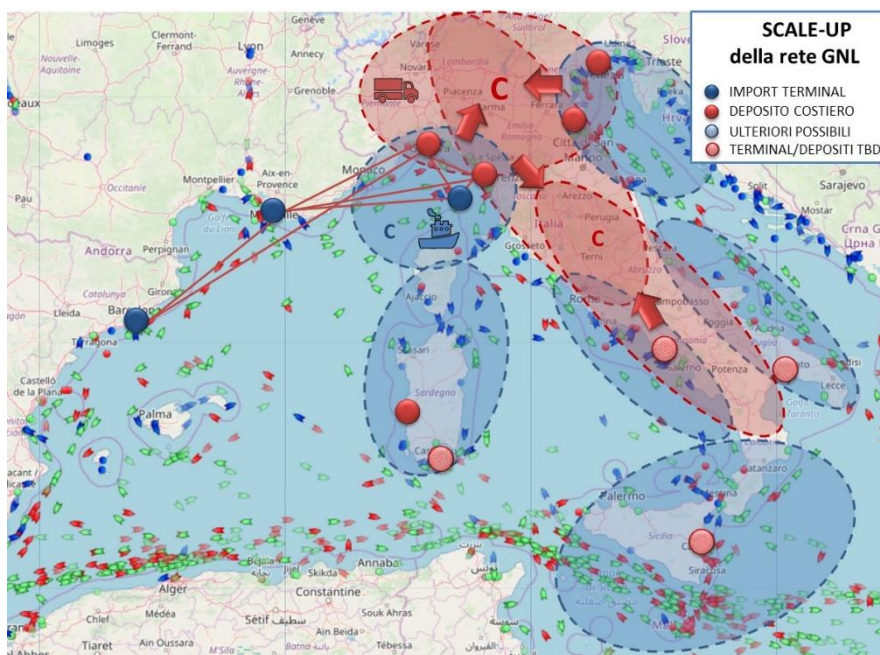


Figure 100 - Schéma de la mise en place du réseau dans la phase de mise à l'échelle intermédiaire

Dans la configuration finale du réseau, les bassins d'influence auront tendance à s'installer autour des principaux ports de commerce et des principaux pôles d'avitaillement, suivant la configuration actuelle du réseau desservant les opérations d'avitaillement traditionnelles, constitué d'un système de ports d'approvisionnement principaux qui alimentent, par un cabotage à courte distance, les ports voisins, dits "affluents".

Les dépôts primaires de stockage côtier peuvent prévoir la possibilité de s'étendre et de doubler ou tripler leur capacité jusqu'à une configuration de 20 000 et 30 000 m³. Le réseau de stations terrestres peut comprendre la modernisation ou la construction de stations GNL dans tous les principaux bassins portuaires (Savona-Vado, Gênes Voltri, Gênes Sampierdarena et La Spezia).

Il est intéressant de noter l'alignement de la structure du réseau desservant les opérations d'avitaillement traditionnelles avec l'hypothèse du scénario final du réseau national de GNL (illustré par la Figure 103) qui envisage deux principaux centres d'avitaillement pour chacun des réseaux Tyrrhénien-Ligure et Adriatique, de manière similaire à la structure actuelle du réseau se référant à l'avitaillement traditionnel.

Dans cette configuration finale, les ports liguriens pourront compter sur une zone de chalandise consolidée et complémentaire par rapport aux ports voisins de Livourne et de la Méditerranée occidentale. Chaque sous-réseau et bassin portuaire pivot sera équipé de dépôts côtiers primaires de taille moyenne ou grande, principalement dédiés au soutage maritime, et d'une chaîne de soutien logistique fortement structurée, avec la possibilité d'une

éventuelle augmentation du nombre de terminaux d'importation de référence aptes à offrir des services *GNL à petite échelle*.

La figure suivante montre la schématisation de la structure dans les différentes phases de développement du réseau ligure, en identifiant les unités infrastructurelles supposées et les besoins financiers relatifs.

Par rapport à la phase de "démarrage", les phases de "mise à l'échelle" et de "déploiement" peuvent nécessiter des investissements supplémentaires de 35 à 45 millions d'euros et de 90 à 75 millions d'euros respectivement.

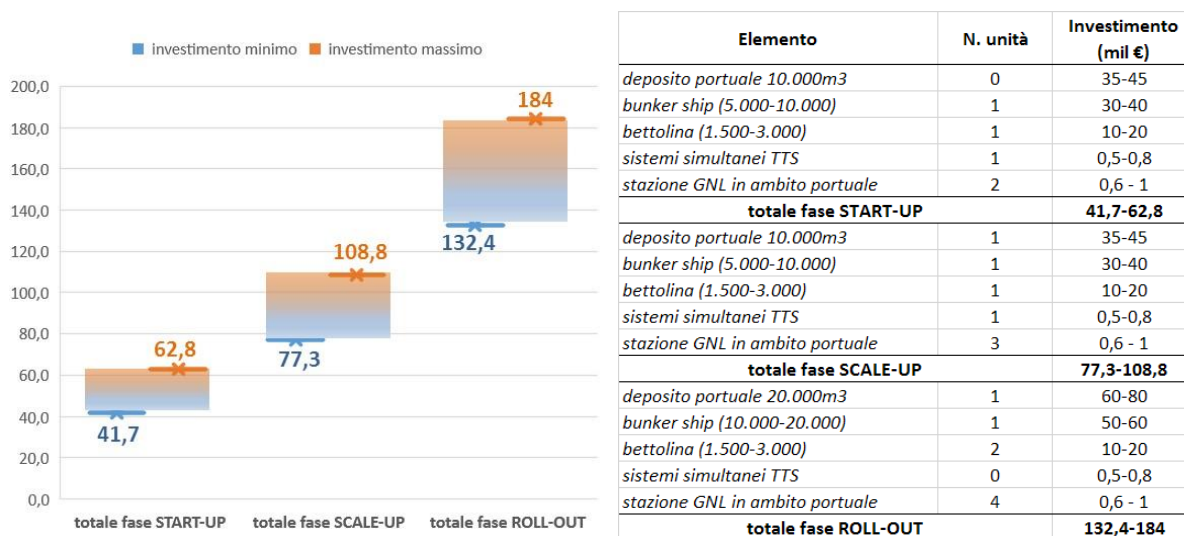


Figure 101 - Schématisation de la structure du réseau dans les phases de développement du réseau ligure et besoins financiers correspondants (mil. Eur)

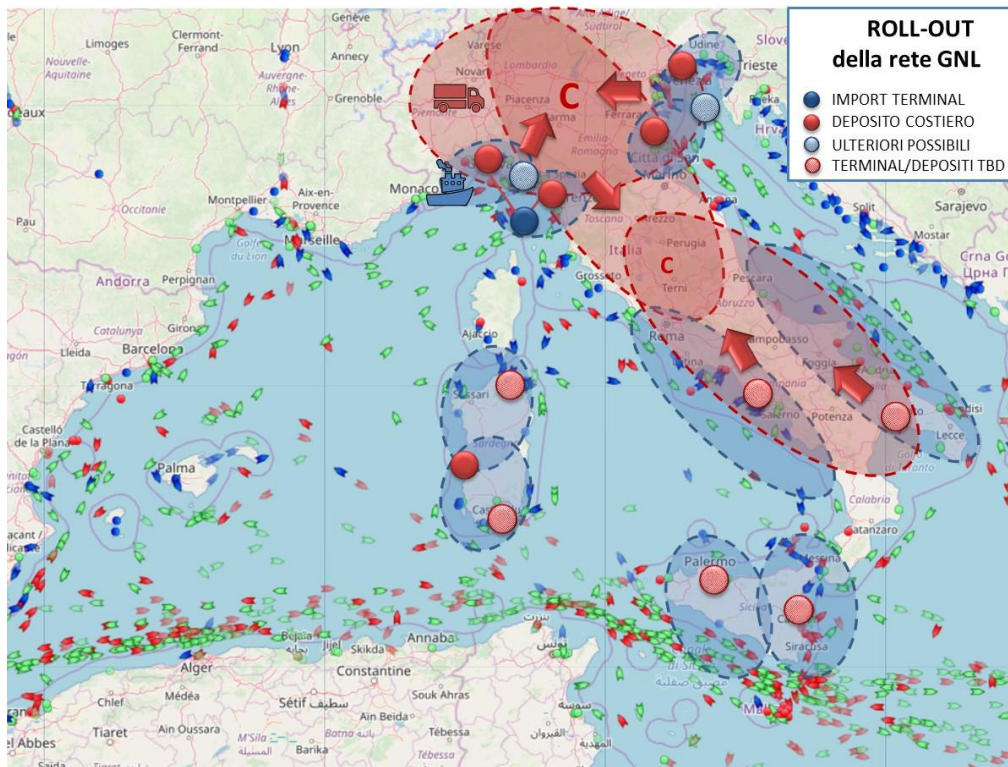


Figure 102 - Schéma de la configuration du réseau dans la phase finale de déploiement.

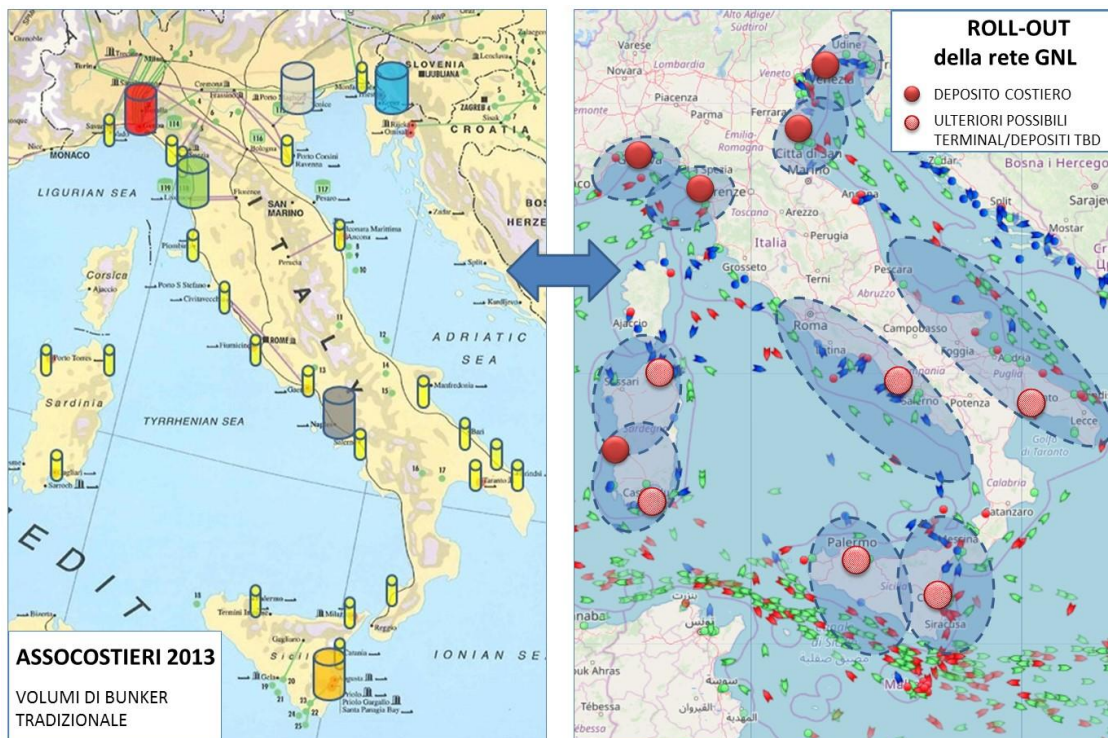


Figure 103 - Comparaison des dispositions finales du réseau de GNL et du réseau de soutes conventionnel.

7.1.3 Aperçu de la demande potentielle de GNL marin et des infrastructures terrestres connexes

L'objectif de cette étude n'est pas de fournir une nouvelle estimation de la demande potentielle de GNL dans le secteur maritime, mais plutôt de systématiser et de réaliser des évaluations de scénarios sur la base des études réalisées et des hypothèses déjà récemment formulées dans d'autres contextes et projets.

Le tableau suivant résume les différentes hypothèses concernant l'évolution potentielle de la demande maritime de GNL rapportée au paragraphe 2.1.2, en représentant, pour chaque scénario, la demande maritime annuelle potentielle exprimée en m³ de GNL.

En se référant particulièrement à la demande potentielle maximale de GNL calculée sur la base des volumes actuels de soutes traditionnelles traitées dans les ports ligures, différentes hypothèses de pénétration du GNL ont été développées, formulant trois scénarios se référant à des pourcentages de remplacement de 5, 10 et 25% respectivement.

Scénario	Demande potentielle GNL marin (m ³)
Confitarma 2020	80.000
Remplacement de 5% des bunkers traditionnels	178.750
Faible GAINN	275.000
COAST 2025	325.000
Remplacement de 10% des bunkers traditionnels	357.500
GAINN élevé	514.000
ferries haut de gamme (Fundacion Valenciaport)	685.000
Remplacement de 25% des bunkers traditionnels	893.750
Confitarma high	970.000
Confitarma à long terme	1.100.000

Tableau 114 - Les différentes hypothèses de développement de la demande maritime potentielle de GNL

Du côté de l'offre, le tableau et les graphiques suivants présentent les données relatives aux différentes solutions d'installations terrestres, par rapport à la construction de dépôts côtiers, en termes de capacité globale annuelle d'approvisionnement et de distribution, du nombre relatif de navires pouvant être approvisionnés et des opérations de soutage qu'elles sont en mesure de garantir sur une base annuelle.

La capacité de distribution annuelle potentielle maximale des dépôts côtiers a été calculée sur la base de l'hypothèse d'un réapprovisionnement par semaine équivalent à 75% de la capacité du dépôt.

Le calcul du nombre de navires et d'opérations de soutage pouvant être satisfaits par chaque solution d'installation terrestre a été effectué sur la base des volumes de soutage nécessaires pour approvisionner un grand navire (par exemple un navire de croisière) et un navire de taille moyenne (par exemple un ferry), estimés respectivement à 1 500 m³ par semaine et 800 m³ par semaine (quantité fournie par une seule opération de soutage).

En ce qui concerne le nombre de distributeurs potentiels de terres (C-GNL) qui peuvent être desservis, on a supposé une valeur moyenne de 3 300 m³/an comme besoin annuel de chaque distributeur (égal à environ 1 500 t/an et un approvisionnement d'environ 60m³ par semaine).

Pour le mini-stockage côtier de 500 m³, une valeur de 0 a été attribuée au nombre d'opérations potentielles d'avitaillement par des navires moyens et grands en raison de l'impossibilité de pouvoir charger les volumes requis (estimés à 800 et 1 500 m³ respectivement pour chaque opération d'avitaillement).

Les données indiquées se réfèrent à la capacité maximale en termes de distribution de chaque usine, en supposant qu'elles soient alternativement dédiées entièrement au transport maritime ou terrestre. Naturellement, les volumes relatifs de trafic traités varieront en fonction de l'évolution de la demande et du nombre d'infrastructures concurrentes présentes dans les différents réseaux de GNL de la zone d'influence.

	Demande potentielle en mer (m ³ /an)	Nombre de distributeurs potentiels desservis	Nombre de grands navires potentiels desservis	Nombre de navires potentiels de taille moyenne desservis	Nombre d'opérations potentielles de soutage de grands navires	Nombre d'opérations potentielles de soutage de navires de taille moyenne
terminal 500m³	20.000	6	0	0	0	0
terminal 10.000m³	375.000	114	5	9	250	469
terminal 20.000m³	750.000	227	10	18	500	938
terminal 30.000m³	1.125.000	341	14	27	750	1406

Tableau 115 - Capacités de distribution des différentes solutions de mise à la terre

En croisant les données relatives à la demande maritime potentielle et à la capacité de distribution des dépôts côtiers, il a été possible de réaliser une première analyse de l'efficacité, de la fonctionnalité mutuelle et de l'adéquation de chaque hypothèse d'usine terrestre par rapport à des scénarios de demande différents et changeants.

La figure suivante montre les valeurs référencées aux scénarios de demande potentielle de GNL à usage maritime, en associant la capacité maximale relative nécessaire exprimée en termes de volumes pouvant être déplacés par chaque hypothèse d'usine terrestre (500, 10 000, 20 000 et 30 000 m³), avec l'ajout de l'allocation de la part de la demande terrestre nécessaire pour saturer la capacité maximale utilisable de l'usine le cas échéant.

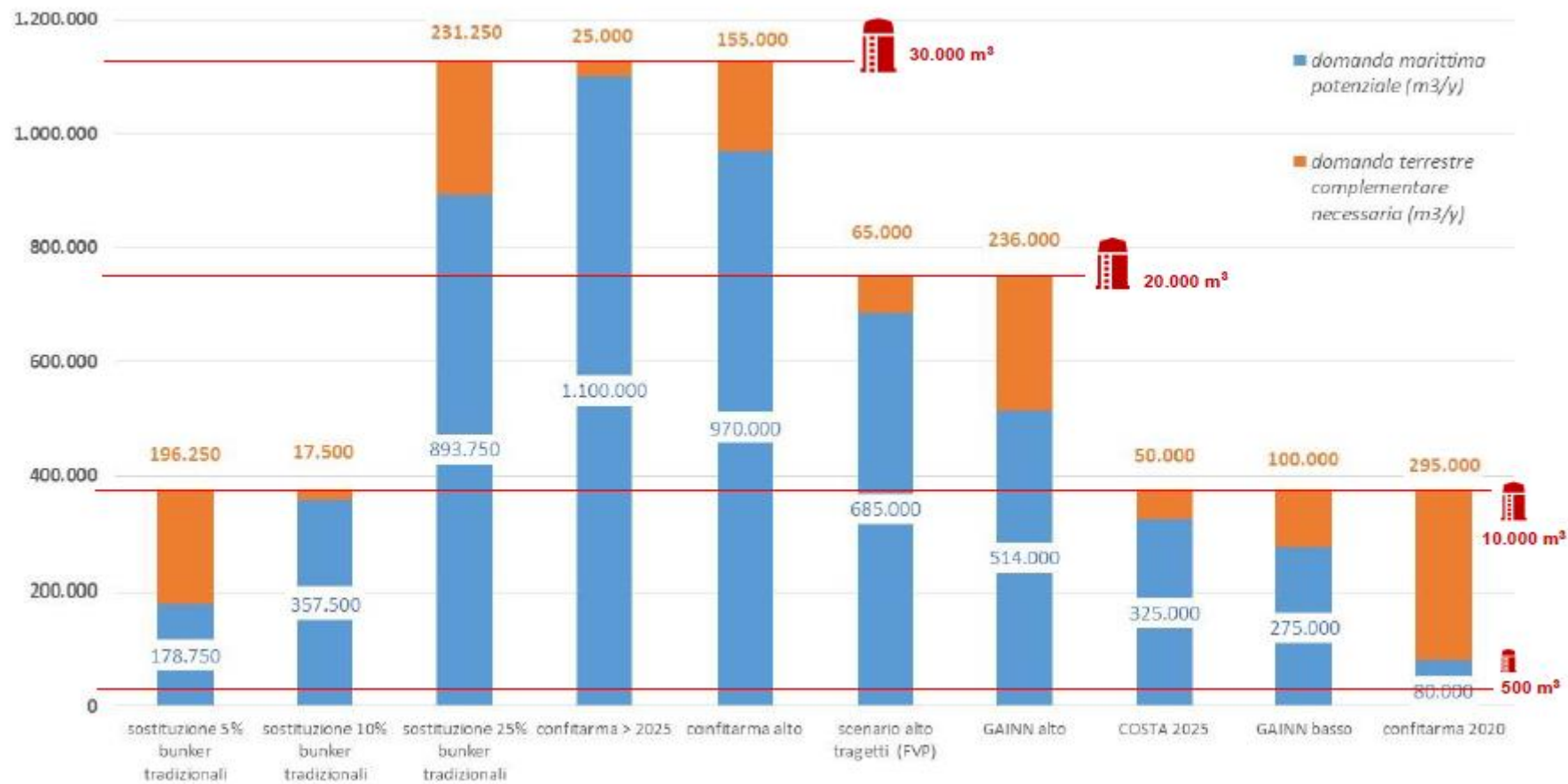


Figure 104 - Les différents scénarios de la demande potentielle de GNL maritime par rapport aux différentes hypothèses d'installations terrestres.

Comme on peut le voir sur la représentation graphique, qui est ensuite schématisée dans le tableau ci-dessous, le plus grand nombre de scénarios (5) sont satisfaits par l'hypothèse d'usine relative au stockage côtier de 10.000m³, avec une capacité annuelle estimée à environ 375.000m³ par an, tandis qu'à moyen et long terme, pour des demandes potentielles de GNL plus importantes, des infrastructures onshore d'une capacité minimale de 20.000m³ (dans 2 scénarios) et 30.000m³ (dans 3 scénarios) sont nécessaires. La configuration de 30 000 m³ en particulier est utile pour répondre aux besoins de tous les scénarios. Le petit terminal (500 m³) ne pourrait à lui seul répondre à aucun des scénarios envisagés, mais il pourrait servir, dans une première phase, de "tampon" portuaire capable de desservir des navires de taille petite à moyenne, des équipements portuaires et un réseau de stations côtières, puis être "augmenté" de manière modulaire au fil du temps pour répondre à l'évolution de la demande maritime de GNL.

Scénario de référence	demande potentielle estimée de GNL pour l'usage maritime (m ³ /an)	demande potentielle de mer utilisable (m ³ /an)				demande de terres complémentaires (m ³ /an)	nombre de stations-service équivalentes (n/an)
		Terminal 500m ³	terminal 10 000m ³	terminal 20 000m ³	terminal 30 000m ³		
		20.000	375.000	750.000	1.125.000		
Confitarma 2020	80.000	X	V	V	V	295.000	84
5% de remplacement bunkers traditionnels	178.750	X	V	V	V	196.250	56
Faible GAINN	275.000	X	V	V	V	100.000	29
COAST 2025	325.000	X	V	V	V	50.000	14
10% de remplacement bunkers traditionnels	357.500	X	V	V	V	17.500	5
GAINN élevé	514.000	X	X	V	V	236.000	67
scénario élevé ferries (FVP)	685.000	X	X	V	V	65.000	19
25% de remplacement bunkers traditionnels	893.750	X	X	X	V	231.250	66
Confitarma high	970.000	X	X	X	V	155.000	44
Confitarma à long terme	1.100.000	X	X	X	V	25.000	7

Tableau 116 - Capacités de distribution des différentes solutions de mise à la terre

Les figures suivantes présentent les données relatives à la capacité de distribution terrestre et maritime en fonction des différentes tailles des dépôts côtiers supposés, sur la base des hypothèses mentionnées ci-dessus (800/1 500 m³ par opération pour les navires moyens/grands et 3 300 m³/an pour chaque station C-GNL terrestre).

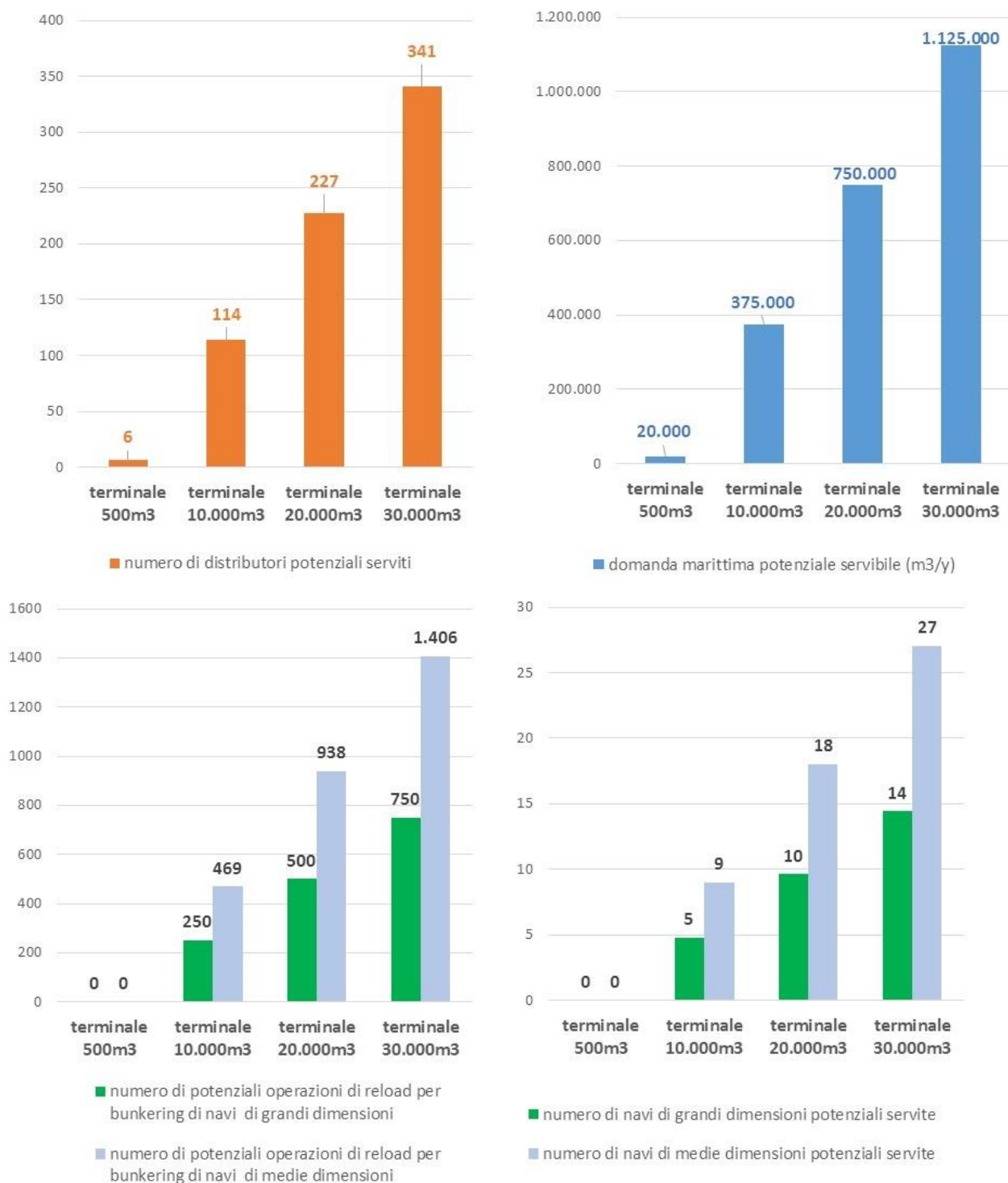


Figure 105 - Les capacités de distribution des différentes solutions de systèmes de mise à la terre

7.2 Analyse SWOT des solutions technologiques adoptables

Les matrices SWOT relatives aux différentes solutions réalisables ont été conçues pour être à la fois *autonomes* (et donc capables de fournir des éléments utiles pour leur évaluation) et pour faciliter la comparaison entre les différentes options.

En analysant de manière critique les lignes directrices de l'EMSA pour les différentes solutions de soutage, une comparaison a été faite, à travers l'analyse SWOT proposée ci-dessous, des solutions qui pourraient être adoptées pour le contexte considéré, telles que:

- Grande installation de stockage (>10 000m³)
- Entrepôt de taille moyenne (≈10 000m³)
- Dépôt portuaire de petite taille (<500m³)
- Usine de Bio-GNL (liquéfaction de petite et moyenne taille) dans le port (zone industrielle) ou dans les zones régionales voisines.
- Système de port de connexion multi-simultané TTS
- Utilisation de réservoirs de conteneurs ISO
- *Navire ravitailleur de GNL* de taille moyenne (5 000-7 500 m³)
- *Petit navire de soute* (<3 000 m³)

En synthèse extrême, de l'analyse SWOT réalisée, il ressort que le principal atout des solutions fixes onshore telles que les dépôts côtiers de plus de 500 m³ est de pouvoir satisfaire les scénarios de développement de la demande prévus à moyen-long terme, en plus de la possibilité de servir de manière adéquate le marché automobile terrestre en pleine expansion. Au contraire, le petit dépôt portuaire ne serait pas en mesure de garantir la fourniture de plus grands volumes de GNL et la possibilité de servir la demande maritime provenant des navires de taille moyenne (ferries et croisières) qui sont également les premiers à entrer sur le marché maritime à court terme.

Cependant, du point de vue des conditions structurelles locales (disponibilité d'un espace portuaire adéquat) et du point de vue économique, le faible investissement initial, la possibilité de disposer de solutions pouvant être facilement installées en peu de temps et la durabilité relative même à de faibles volumes de marché, sont les points forts qui caractérisent les solutions mobiles telles que les conteneurs ISO (qui simplifient également les opérations grâce à l'absence de tuyaux et d'autres aspects opérationnels), le système portuaire de connexion multiple-simultanée TTS (qui peut également éliminer l'occupation permanente du terrain) et les dépôts à petite échelle: toutes les options qui impliquent des volumes relativement faibles et qui pourraient potentiellement être approvisionnées localement et/ou régionalement, y compris par les installations de Bio-GNL.

Toujours du point de vue de l'acceptabilité sociale, les petits dépôts côtiers et les solutions mobiles sont les types d'infrastructures les plus facilement acceptés par les communautés locales. La menace de l'opposition des communautés locales pourrait être partiellement atténuée par le développement de la chaîne d'approvisionnement à partir des usines de Bio-LNG qui, il est noté, pourrait également jouer un rôle important en termes d'augmentation de la compétitivité du port et des utilisateurs finaux du côté de la mer (compagnies maritimes in primis) et du côté de la terre (transporteurs, utilisateurs industriels hors réseau) en termes d'image verte.

En outre, du point de vue de la menace, on constate que les obstacles potentiels au processus d'autorisation sont communs à toutes les infrastructures terrestres qui envisagent des installations fixes et qui se situent généralement au-dessus du seuil de la directive Seveso.

À long terme, si le marché du GNL en tant que carburant alternatif devait se développer au point de nécessiter la fourniture de volumes importants de manière stable et constante, il est souligné que seules les installations de stockage de taille moyenne seraient en mesure de résister à la concurrence, évitant ainsi l'exclusion du marché de terminaux plus importants capables d'offrir des tarifs plus compétitifs.

Le type d'infrastructure (mobile) capable d'absorber la plupart des avantages des diverses solutions, tout en minimisant bon nombre des menaces découlant des conditions limites, semble être le *navire-citerne*, qui peut garantir une flexibilité opérationnelle exceptionnelle et, sans nécessiter d'autorisations de construction, peut agir en synergie avec les terminaux d'importation, les dépôts côtiers et les grands navires alimentés au GNL pour une flexibilité opérationnelle totale dans une zone géographique relativement étendue. Dans sa forme plus petite (et éventuellement sans propulsion, par exemple un ponton), le poste CAPEX devient également plus petit, mais avec une capacité de ravitaillement plus faible (plus de voyages de chargement qui entraînent des coûts d'exploitation plus élevés) et éventuellement une flexibilité opérationnelle plus faible (dans le cas de navires sans propulsion).

Toutefois, il faut tenir compte, du point de vue du maintien de l'avantage concurrentiel du port dans le temps, du fait que la nature mobile de ce type d'infrastructure de soutage de GNL offre aux armateurs la possibilité de déplacer éventuellement ces navires dans des zones géographiques éloignées du port initial.

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de fournir des volumes de GNL plus importants à un tarif plus élevé - Convient pour répondre à la fois à la demande de transport routier et à la demande hors réseau, ainsi qu'à la demande de soutage maritime à haut volume. - Une bonne option pour les ports qui disposent d'un avitaillement stable et à long terme. - Dans un scénario de déploiement du GNL à grande échelle, une plus grande rentabilité des services offerts par rapport aux solutions plus importantes. - Des économies d'échelle plus importantes dans la chaîne logistique et la possibilité d'offrir des tarifs plus compétitifs par rapport aux petits terminaux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement initiaux élevés - Besoin de volumes de marché élevés - Logistique complexe impliquant plusieurs opérateurs et infrastructures (terminaux GNL, navire-citerne, stockage, transport secondaire par camions-citernes, client final). - Besoin d'un espace portuaire plus important que les dépôts plus petits - Le prix dépend du marché mondial du GNL - Moins de complémentarité avec les grands gisements situés dans les zones d'influence voisines
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir une mise en œuvre progressive pour suivre l'évolution du marché - Réaliser une participation adéquate des parties et une campagne d'information pour prévenir les problèmes dans le processus d'autorisation. - Possibilité de distribuer le GNL également par voie ferroviaire - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Complexité accrue du processus d'autorisation - Le prix dépend du marché mondial du GNL - Il pourrait être difficile de recevoir dans le port les grands méthaniers pour l'approvisionnement du terminal.

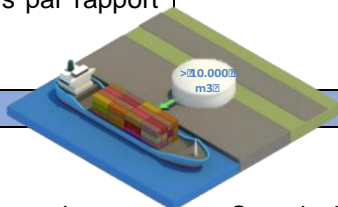


Tableau 117 - Analyse SWOT - Dépôt à grande échelle (>10.000m3)

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Dans la configuration modulaire: disponibilité de solutions clés en main, faible investissement initial et temps de mise en œuvre réduit. - En configuration modulaire: durable même à de faibles volumes de marché - Convient pour répondre à la demande de transport routier et hors réseau, ainsi qu'à la demande de soutage maritime pour les navires de taille moyenne et grande. - Nécessité d'un investissement et d'un espace portuaire moindres que pour les dépôts plus importants. - Une plus grande complémentarité avec les gisements côtiers situés dans les zones d'influence voisines. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dans la configuration modulaire, impossibilité de poursuivre l'évolution du marché avec une solution de moyenne et grande taille (20 000-30 000 m³) en cas de croissance exponentielle de la demande. - Rentabilité plus faible de la solution proposée dans la configuration modulaire par rapport aux solutions de même taille dans une seule cuve. - Dans un scénario de déploiement du GNL à grande échelle, le coût des services offerts est inférieur à celui des solutions plus importantes. - Dans la configuration à réservoir unique: investissements initiaux, surfaces disponibles et temps de mise en œuvre plus élevés. - Besoin de volumes de marché élevés - Le prix dépend du marché mondial du GNL - Logistique complexe impliquant plusieurs opérateurs et infrastructures (terminaux GNL, navires de soutage, stockage, transport secondaire par pétroliers, client final).
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Modularité possible de l'installation: prévoir dès la phase d'ingénierie préliminaire la possibilité d'étendre progressivement la capacité de stockage en fonction de l'évolution du marché; - Planification d'une partie de l'approvisionnement à partir des usines Bio-GNL locales ou voisines - Possibilité de distribuer le GNL également par voie ferroviaire - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Complexité accrue du processus d'autorisation - Exclusion du marché par les grands acteurs et les grands terminaux capables d'offrir des tarifs plus compétitifs. - Développement insuffisant de la demande de GNL nécessaire pour garantir l'équilibre économique-financier de l'investissement dans le temps.

Tableau 118 - Analyse SWOT - Stockage de GNL de taille moyenne (10 000 m³)

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Investissement initial réduit et disponibilité de solutions clés en main - Durable à de faibles volumes de marché - Convient pour répondre à la demande de transport routier et de services hors réseau. - Capacité à servir les petits navires et les équipements portuaires convertis au GNL - Peut également être entièrement fourni par des usines Bio-GNL locales ou voisines. - Besoin de moins d'espace portuaire que les dépôts plus importants - Moins complexe en termes d'autorisation par rapport aux grands entrepôts - Une perception publique moins négative par rapport aux grands entrepôts 	<ul style="list-style-type: none"> - L'extension de la capacité de stockage n'est pas toujours possible - Impossibilité de suivre l'évolution du marché en cas de croissance exponentielle de la demande - Incapacité de desservir des navires de taille moyenne à grande - Faible rentabilité de la solution à moyen et long terme - Le prix dépend du marché mondial du GNL - Coûts fixes éventuellement élevés des infrastructures de la région par rapport aux coûts d'installation. - La logistique d'approvisionnement n'est pas adaptée aux navires de soute de taille moyenne ou grande.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Maximiser l'efficacité du transport intermodal de GNL en plaçant le petit dépôt près des lignes ferroviaires au niveau du quai/terminal. - Si elle n'est pas déjà présente dans les zones voisines, une usine de production de Bio-GNL (biodigester + liquéfacteur) devrait être ajoutée au dépôt. - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusion du marché par les grands acteurs et les grands terminaux capables d'offrir des tarifs plus compétitifs.

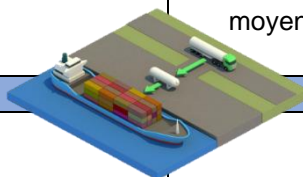


Tableau 119 - Analyse SWOT - Dépôt portuaire de petite taille (< 500 m3)

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilité opérationnelle et logistique adaptée à des volumes de marché moyens; - Exigences limitées en matière d'infrastructures et de quais; - Investissement initial réduit par rapport aux installations fixes au sol - Convient à la demande maritime et hors réseau. - Possibilité d'adaptation aux besoins du client en fonction des volumes demandés - Capacité à s'adapter à différentes exigences de sécurité - Occupation permanente limitée des terres - Des temps de ravitaillement plus courts avec les mêmes volumes livrés - Une perception négative limitée de la part du public - Meilleure rentabilité et adéquation dans la phase de démarrage du réseau 	<ul style="list-style-type: none"> - Rigidité accrue sur les grands volumes - Taux de transfert limités (900-1200L/h) - Circulation limitée du côté du quai et possibilité d'encombrement de celui-ci - Dépendance à l'égard des grands terminaux GNL terrestres - Transport secondaire par camions-citernes qui doivent parcourir de longues distances pour atteindre le client final. - Besoin de types de clients particuliers adaptés au transfert de volumes moyens et de temps de manutention réduits dans le port - Complexité accrue de l'organisation de la chaîne logistique
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Utilisez des connexions multiples pour garantir des volumes plus élevés; - Utilisation du GNL comme carburant de substitution pour les camions-citernes afin de réduire les émissions et d'accroître la perception sociale positive; - Fournir des voies d'accès dédiées/préférentielles pour les camions-citernes. - Possibilité de fournir des navires de taille moyenne - Possibilité d'utilisation directe du Bio-GNL - Capacité à effectuer des opérations simultanées (SIMOPS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Compétitivité du mode navire à navire pour les navires moyens et grands - Une plus grande complexité en termes d'autorisation par rapport à l'utilisation de camions-citernes individuels. - Coût-efficacité à long terme plus faible

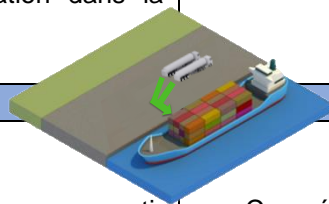


Tableau 120 - Analyse SWOT - Système de port de connexion multi-simultané de TTS

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Absence d'interface pour les opérations d'avitaillement; - Simplification des opérations grâce à l'absence de tuyaux et d'autres aspects opérationnels. - Une logistique adaptée aux faibles volumes du marché - Adapté au transport routier et à la demande hors réseau. - Grande flexibilité de fonctionnement - Investissement initial limité - Complexité limitée en termes d'autorisation - Une perception négative limitée de la part du public 	<ul style="list-style-type: none"> - Connexions à bord dans le respect de normes de construction strictes - Ne convient qu'à certains types de navires - Une logistique adaptée aux faibles volumes du marché - Rigidité accrue sur les grands volumes - Dépendance à l'égard des grands terminaux GNL terrestres européens - Transport secondaire par camions-citernes qui doivent parcourir de longues distances pour atteindre le client final.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Avantages potentiels liés à l'intermodalité - Utilisation potentielle pour alimenter les centrales de cogénération dans le port - Possibilité de ravitailler les navires de petite et moyenne taille. 	<p>Avantages découlant de l'intermodalité non réalisables en l'absence de liaisons ferroviaires adéquates dans le port.</p>

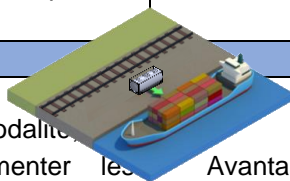


Tableau 121 - Analyse SWOT - Utilisation de pétroliers porte-conteneurs ISO

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Option plus favorable pour les navires dont le temps de séjour au port est réduit - Capacité de charge et régularisation plus élevée que la méthode TTS - Flexibilité opérationnelle: le soutage peut avoir lieu à quai, avec le navire récepteur amarré, ancré ou stationné, ainsi qu'en dehors des limites du port. - Ne nécessite pas de permis de construire 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement initiaux élevés liés à la conception, à l'achat, à la construction et à la modernisation du navire. - économiquement moins compétitif pour le soutage des navires de petite et moyenne taille - Le prix dépend du marché mondial du GNL
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Synergie avec des dépôts dédiés et partage de l'unité par plusieurs ports et plusieurs clients armateurs pour assurer une flexibilité totale de l'exploitation. - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. - Capacité à effectuer des opérations simultanées (SIMOPS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité pour l'armateur de suivre des conditions contractuelles plus favorables avec une délocalisation conséquente de l'unité dans des zones géographiques éloignées du port initial. - Possibilité de limitations de l'utilisation et de l'approche par rapport aux configurations des zones d'eau du port.



Tableau 122 - Analyse SWOT - Navire-citerne GNL (par exemple, 5 000 - 7 500 m3)

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Comparables à celles des unités de navires de soute, par rapport auxquelles elles s'ajoutent: - Réduction des coûts de mise en œuvre; - Une plus grande flexibilité opérationnelle et moins de contraintes liées aux limitations portuaires. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas des embarcations non propulsées: dépendance aux conditions météorologiques pour les opérations en dehors des eaux portuaires, ce qui peut être nécessaire pour les grands navires de passage; - Conditionner l'exploitation des remorqueurs portuaires en l'absence d'unités de remorquage dédiées; - Le partage avec d'autres ports est plus difficile à réaliser - Le prix dépend du marché mondial du GNL
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de charger sur le pont des conteneurs ISO; - Fournir une unité de remorquage dédiée, avec une propulsion à double carburant GNL-MDO. - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. - Capacité à effectuer des opérations simultanées (SIMOPS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de souffrir de la concurrence d'opérateurs plus importants et de navires de soute offrant des taux plus compétitifs. - Impossibilité de s'approvisionner directement auprès des terminaux d'importation

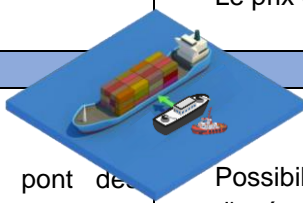


Tableau 123 - Analyse SWOT - Paquebot/barge de GNL (par ex. 1000 - 3000 m³)

Points forts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'incitations à la production de BLG - Convient pour répondre à la demande de transport routier et de services hors réseau. - Un investissement initial réduit - Stockages de GNL de petite et moyenne taille (<500 m3) - Durabilité économique même avec de faibles volumes de marché - Convient pour répondre à la demande de transport routier et de services hors réseau. - Une perception sociale négative limitée - Augmentation de la compétitivité du port et des utilisateurs finaux du côté de la mer (compagnies maritimes) et du côté de la terre (transporteurs routiers, utilisateurs industriels hors réseau) en termes d'<i>image verte</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'extension de la capacité de stockage n'est pas toujours possible - Impossibilité de suivre l'évolution du marché en cas de croissance exponentielle de la demande - Viabilité économique réduite en cas de cessation des incitations. - Logistique routière nécessaire pour la manutention depuis l'usine jusqu'à la livraison finale à quai, en cas de localisation en dehors des limites du port. - Prix dépendant du gaz naturel s'il n'est pas relié à des installations de biodigestion.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Envisager la possibilité d'implanter l'usine dans des zones industrielles situées à l'intérieur des limites du port afin de raccourcir la chaîne logistique et d'assurer la distribution au secteur de la navigation également. - Utilisation de fonds européens et combinaison d'instruments financiers nationaux et européens pour améliorer la durabilité de l'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusion du marché par des terminaux plus grands offrant des taux plus compétitifs - Absorption de l'offre par des utilisateurs autres que ceux du secteur des transports

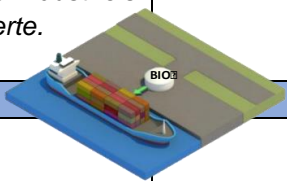


Tableau 124 - Analyse SWOT - Usine Bio-GNL (liquéfaction de petite et moyenne taille)

7.3 Analyse qualitative de la faisabilité des différentes options adoptables dans le contexte ligure.

L'analyse qualitative, située dans le contexte géographique et socio-économique spécifique du territoire ligure, a examiné, pour chacune des solutions technologiques hypothétiques, selon une échelle d'évaluation (élevé-moyen-faible) les éléments suivants:

- Complémentarité avec les autres projets du réseau
- Acceptabilité sociale
- Taille de l'investissement
- Complexité du processus d'autorisation et de réglementation
- Disponibilité d'un espace adéquat dans le port
- Facilité d'utilisation pour les utilisateurs
- Viabilité économique à court et moyen terme
- Viabilité économique à long terme

Il convient de noter que les analyses détaillées nécessaires des différentes options viables, en particulier en ce qui concerne l'installation de dépôts côtiers de petite, moyenne ou grande taille, doivent être "spécifiques au site" et accompagnées d'analyses d'ingénierie et de faisabilité technico-économique spécifiques, évaluant les coûts, les bénéfices, les avantages et les limites de chaque solution, tant en ce qui concerne les différentes solutions technologiques (complémentaires/alternatives), que les différents scénarios temporels (court, moyen et long terme) et les emplacements possibles (par exemple, pour les ports de Gênes et de Savone, en analysant les spécificités, les avantages et les limites des emplacements possibles dans la zone du bassin historique de Sampierdarena, dans le bassin de Voltri ou dans le bassin de Savone-Vado).

Les résultats de l'analyse qualitative sont essentiellement en ligne avec les évaluations qui ont émergé de l'analyse SWOT et avec les macro-scénarios de référence identifiés dans la phase initiale.

Du point de vue de l'intégration potentielle avec les autres projets GNL du réseau, les grands dépôts côtiers seraient moins vertueux, dans la première phase d'expansion de la demande maritime (phase de démarrage du réseau), si des infrastructures terrestres primaires supplémentaires étaient déjà présentes dans la zone du bassin concurrentiel.

D'autre part, ces mêmes installations, comme l'a vérifié une étude précédente⁴⁸, s'avèrent être les plus sensibles du point de vue de l'acceptabilité sociale, ce qui peut influencer le processus d'autorisation et de construction de celles-ci. En raison de la perception actuelle du GNL comme un combustible présentant un certain degré de risque (notamment en ce qui concerne les grandes installations de stockage), les grandes interventions infrastructurelles doivent en effet prévoir un débat public large et réglementé⁴⁹ avec les communautés locales et l'opinion publique, et il convient de prendre soigneusement en considération la nécessité de prévenir les problèmes critiques liés au manque d'information du public concerné et la gestion des dynamiques de conflit potentielles dans la construction des infrastructures individuelles.

Le critère relatif à l'effort d'investissement et au financement éventuel pour démarrer la mise en œuvre des interventions est directement lié à leur dimension économique, rendant plus vertueuses les solutions qui peuvent être rapidement installées ou cantierabili dans des délais courts.

Dans le contexte de la planification territoriale et portuaire, le critère de la disponibilité d'un espace adéquat dans le port ou dans les zones voisines est d'une importance fondamentale et a un impact particulier sur les hypothèses de conception concernant aussi bien les entrepôts côtiers de taille moyenne (>10 000 m³) que les entrepôts plus petits pour lesquels il est utile et nécessaire de pré-structurer la zone portuaire en vue d'une éventuelle extension ultérieure du terminal. Au contraire, toutes ces solutions amovibles et n'impliquant pas une occupation permanente du sol sont plus vertueuses en termes d'utilisabilité par les utilisateurs finaux, miroir de la flexibilité opérationnelle.

La durabilité relative même à de faibles volumes de marché et les investissements initiaux plus faibles sont les points forts qui permettent aux mini-dépôts portuaires, aux petits allèges et aux systèmes de connexion multiple-simultanée utilisant des conteneurs ISO ou des navires-citernes d'être économiquement plus durables à court et moyen terme, une période pendant laquelle, en l'absence de l'évolution de la demande maritime de GNL, il serait difficile pour les grands projets d'obtenir un retour complet sur investissement.

Du point de vue de la viabilité économique-financière à long terme, la plupart des solutions, et toutes celles de moyenne-basse échelle, seraient sous-optimales, car elles seraient

⁴⁸ Liguria Ricerche (2019). "L'acceptabilité sociale du GNL et des travaux d'infrastructure connexes". Rapport édité par Consorzio 906 s.c.a.r.l. dans le cadre du projet maritime IT-FR "PROMO GNL - "Etudes et actions conjointes pour la promotion de l'utilisation du GNL dans les ports de commerce".

⁴⁹ Le 24 août 2018 est entré en vigueur le "Règlement sur les modalités de réalisation, les types et les seuils de taille des travaux soumis à un débat public" (Décret du Président du Conseil des Ministres n° 76 du 10 mai 2018), qui dicte les modalités de fonctionnement pour donner lieu à des procédures de débat public sur les travaux dits importants, conformément aux dispositions de l'article 22 du décret législatif n° 50 du 18 avril 2016 (Code des marchés publics).

davantage susceptibles de souffrir de la concurrence sur le marché de grands acteurs opérant avec des structures capables de traiter des volumes plus importants.

Le tableau suivant présente l'analyse qualitative de la faisabilité des différentes options qui peuvent être adoptées dans le contexte ligure. Échelle d'évaluation (élevé-moyen-faible)

Matrice	Complémentarité avec les autres projets du réseau	Acceptabilité sociale	Taille de l'investissement	Complexité Procédure d'autorisation	Disponibilité d'un espace adéquat dans le port	Facilité d'utilisation pour les utilisateurs	Durabilité A court terme	Durabilité à long terme
Grande installation de stockage (>10 000m ³)								
Entrepôt de taille moyenne (10 000 m ³)								
Dépôt portuaire de petite taille (<500m ³)								
Bio - Usine de GNL (liquéfacteur)								
Système de port de connexion multi-simultané TTS								
Petit navire de soutage (1 000 à 3 000 m ³)								
Navire ravitailleur de GNL (5.000-7.500 m ³)								

Tableau 125 - Analyse qualitative de la faisabilité des différentes options adoptables dans le contexte ligurien

8 Analyse des scénarios en France

8.1 Provisions en France

8.1.1 Gas Infrastructure Europe (GIE)

Créé en mars 2005, le GIE est une association indépendante à but non lucratif représentant 70 entreprises membres de 26 pays. Les parties prenantes comprennent principalement les opérateurs d'infrastructures gazières en Europe dans les trois piliers opérationnels suivants, à savoir les terminaux GNL, les gazoducs et les installations de stockage.

La mission du GIE est de faire face à la part croissante du gaz naturel dans le mix énergétique européen en favorisant l'interopérabilité des systèmes gaziers européens afin d'améliorer le commerce transfrontalier du gaz. Ses objectifs comprennent la définition d'un cadre politique qui reste compétitif pour les principaux acteurs et qui favorise les meilleures solutions du marché.

Une liste complète des membres du GIE est disponible en annexe A.



Tableau 126 - Carte du GIE

Ce chapitre vise à présenter le cadre général de la chaîne d'approvisionnement en GNL et ses principes clés. À cette fin, les données sont présentées selon les axes de l'investissement, des services et du stockage.

8.1.2 Investissement dans le GNL en France

La base de données sur les investissements dans le GNL présente l'évolution des capacités de regazéification et de stockage des terminaux GNL à grande échelle à partir de 2005. Le Tableau 127 fournit la capacité annuelle de regazéification exprimée en milliards de m³ ainsi que la capacité de stockage exprimée en m³ de GNL pour les quatre installations de GNL en France pour les années 2020 et 2025.

Plante	Opérateur	Statut	Investissement	Année de création	2020		2025	
					Milliards de m ³	m ³ de GNL	Milliards de m ³	m ³ de GNL
Terminal GNL de Montoir-de-Bretagne	Elengy	prévu	expansion	2021			2,5	
Terminal GNL de Montoir-de-Bretagne	Elengy	prévu	expansion	2023				190.000
Terminal de Fos LNG Cavaou	Fosmax LNG	prévu	expansion	2021			2,75	
Terminal de Fos LNG Cavaou	Fosmax LNG	prévu	expansion	2023			5,5	220.000

Tableau 127 - Données cartographiques du GIE pour le GNL avec année de référence 2020 et projections 2025 (Source: GIE)

Le Tableau 128 inclut tous les terminaux GNL et FSRU à grande échelle, qu'ils soient existants, c'est-à-dire opérationnels, en construction ou planifiés, ce qui signifie que la décision finale d'investissement n'a pas été prise.

Statut	2020		2025	
	Milliards de m ³	m ³ GNL	Milliards de m ³	m ³ GNL
Prévu	47	1	84	2
En cours de construction	3	0.3		
Opérationnel	229	11.4	231	11.7

Tableau 128 - Capacité de regazéification et de conservation selon l'état des installations à grande échelle (Source GIE)

La tendance de la capacité de regazéification sur une base annuelle est également illustrée dans la Figure 106.

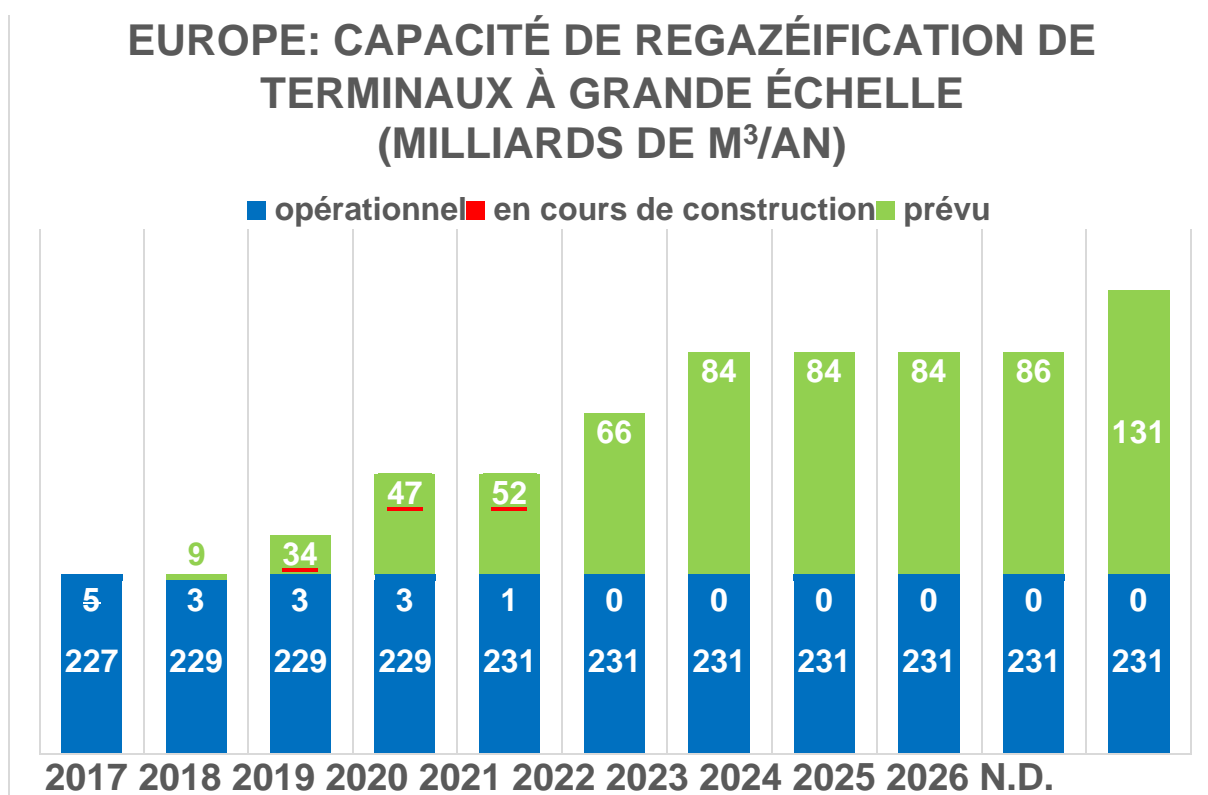


Figure 106 - Capacité de regazéification des terminaux à grande échelle en Europe (Source: GIE)

8.1.3 Services GNL en France

Les services de GNL en France sont offerts par les terminaux disponibles, à savoir Dunkerque GNL, Montoir-de-Bretagne, Fos Tonkin et Fos Cavaou. Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique le portefeuille de services, actuels et prévus pour les années 2017 et 2018. Les données sont présentées par terminal et les nouvelles fonctionnalités sont mises en évidence en rouge.

Società		Dunkerque LNG		Elengy		Elengy		Fosmax LNG	
Impianto		Dunkerque LNG		Montoir-de-Bretagne		Fos Tonkin		Fos Cavaou	
Anni di riferimento		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Servizi base	Scarico	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stoccaggio operativo	x	x	x	x	x	x	x	x
	Rigassificazione e consegna	x	x	x	x	x	x	x	x

Tableau 129 - Liste des services GNL par terminal en France.

Une liste de définitions pour chacun des services de GNL ci-dessus est disponible à l'annexe B.

8.1.4 Stockage de GNL en France

Les données de cette partie importante du processus représentent des données opérationnelles pour le GNL telles que le volume de gaz de travail, la capacité d'entrée et de sortie des installations de stockage en France. Les installations de stockage en cours de construction ou prévues ont également été prises en compte.

Opérateur	Usine/Lieu	Statut	Investissement	Année de démarrage	Type
Storengy	Salines: Étrez	opérationnel	existant	1980	Grotte de sel

Opérateur	Usine/Lieu	Statut	Investissement	Année de démarrage	Type
Storengy	Salines: Manosque	opérationnel	existant	1993	Grotte de sel
Storengy	Salines: Tersanne/Hauterives	opérationnel	existant	1970	Grotte de sel
Storengy	VGS Storengy Saline	opérationnel	existant		Grotte de sel
Storengy	SIEGE: Beynes Profond	opérationnel	existant	1956	Aquifère
Storengy	Sièges: Beynes Supérieur	opérationnel	existant	1956	Aquifère
Storengy	SIEGE: Saint-Illiers-la-Ville	opérationnel	existant	1965	Aquifère
Storengy	VGS Storengy Sediane	opérationnel	existant		Aquifère
Storengy	VGS SEATS B: Gournay-surAronde	opérationnel	existant	1976	Aquifère
Storengy	SIÈGES LITTORAUX: Céré-la-Ronde	opérationnel	existant	1993	Aquifère
Storengy	PRÉSIDENTS LITTORAUX: Chémery	opérationnel	existant	1968	Aquifère
Storengy	VGS Storengy SEDIANE LITTORAL	opérationnel	existant		Aquifère
Storengy	SERENE Nord: Cerville	opérationnel	existant	1970	Aquifère
Storengy	SERENE Nord: Germigny-sous-Coulombs	opérationnel	existant	1982	Aquifère
Storengy	SERENE Nord: Saint-Clair-sur-Epte	opérationnel	existant	1982	Aquifère
Storengy	SERENE Nord: Trois-Fontaines l'Abbaye	opérationnel	existant	1970	Gisement épuisé
Storengy	VGS Storengy Serene North	opérationnel	existant		Aquifère
Storengy	SERENE SUD: Céré-la-Ronde	opérationnel	existant	1993	Aquifère
Storengy	SERENE SUD: Chémery	opérationnel	existant	1968	Aquifère
Storengy	VGS Storengy SERENE SOUTH	opérationnel	existant		Aquifère
Storengy	Alsace Sud	prévu	nouvelle usine	2022	Grotte de sel

Opérateur	Usine/Lieu	Statut	Investissement	Année de démarrage	Type
Storengy	Étрез	prévu	expansion	2022	Grotte de sel
Storengy	Hauterives	prévu	expansion		Grotte de sel
TERÉGA	Izaute	opérationnel	existant	1981	Aquifère
TERÉGA	Lussagnet	opérationnel	existant	1957	Aquifère
TERÉGA	TERÉGA (groupe de stockage)	opérationnel	existant		Aquifère

Tableau 130 - Installations de stockage de gaz naturel en France

Les caractéristiques des installations de stockage doivent être définies et mesurées. Plusieurs mesures volumétriques ont été mises en place à cet effet; elles sont présentées ci-dessous:

- La **capacité totale de stockage de gaz** est le volume maximal de GN qui peut être stocké dans l'installation de stockage. Il est déterminé par plusieurs facteurs physiques tels que le volume du réservoir.
- Le gaz **total** stocké est le volume total de gaz stocké dans l'usine à un moment donné.
- Le gaz de **base** est le volume de gaz destiné à constituer un stock permanent dans un réservoir de stockage afin de maintenir des niveaux de pression et de livraison adéquats pendant la phase de soutirage.
- Le **gaz de travail** est le gaz total stocké moins le gaz de base. Le gaz de travail est le volume de gaz disponible sur le marché à un moment donné.
- La **capacité de travail du gaz** est la capacité totale de stockage du gaz moins le gaz de base. Il est également connu sous le nom de *taux de retrait* ou de *capacité de retrait*.

Le volume de la capacité de soutirage est exprimé en millions de tonnes de gaz par jour qui peuvent être livrées. Aux fins du présent rapport, les données ont été converties en giga wattheures/jour.

Sur la base des clarifications ci-dessus, et au 1er juillet 2018, les terminaux terrestres existants en France ont un volume de gaz utile (VGA) de 133,11 milliards de mètres cubes

(bcm), tandis que l'installation de stockage de gaz prévue devrait ajouter 4,10 milliards de mètres cubes (bcm) à ce chiffre ⁵⁰.

Le gaz naturel est généralement stocké sous terre. Les trois principaux types de stockage sont:

- Aquifères
- Grottes de sel
- Réservoirs de gaz épuisés

En outre, le gaz naturel peut être stocké sous forme de gaz naturel liquéfié (GNL).

Les installations de stockage dans les aquifères sont similaires aux réservoirs naturels. Grâce à l'injection de gaz naturel à de grandes profondeurs sous pression, le gaz déplace l'eau en constituant un réservoir naturel. D'autre part, la structure d'une grotte de sel est créée en introduisant de l'eau pour dissoudre le sel qui est ensuite extrait sous forme de saumure. Le gaz naturel est ensuite injecté et stocké sous forme gazeuse à haute pression. Ces grottes ont l'avantage d'être imperméables; toutefois, le stockage dans des grottes salines présente des limites importantes en termes de taille, car les grottes salines ne peuvent occuper qu'un centième de la surface occupée par un réservoir de gaz épuisé. **En France, les** installations de stockage souterrain de gaz sont soit des aquifères, soit des grottes salines, avec un VGP déclaré de 120,91 milliards de m³ et 16,30 milliards de m³ respectivement.

En ce qui concerne les investissements prévus dans le secteur du gaz naturel, une vision globale de l'ensemble de l'Europe, et pas seulement des États membres de l'UE, est fournie dans le Tableau 131 et le Tableau 132

TOTAL	2018	2020	2025
Opérationnel	1.543,58	0	0
En cours de construction	24,58	11,69	0
Prévu	0	27,26	6,98

Tableau 131 - Aperçu des investissements de l'UE dans le domaine du stockage du gaz (Source: GIE)

⁵⁰ Source : <https://www.gie.eu/index.php/gie-publications/databases/storage-database>

TOTAL	2018	2020	2025
Opérationnel	1.543,58	1.543,58	1.543,58
En cours de construction	24,58	39,36	42,42
Prévu	0	29,80	168,50

Tableau 132 - Aperçu des investissements de l'UE dans le stockage du gaz - Données agrégées (année de référence 2018).

8.1.5 Nouveaux services GNL - France

La présente section présente les nouveaux services offerts par les opérateurs de terminaux GNL en réponse aux besoins du marché.

L'accent a été mis sur le GNL à petite échelle, y compris même le chargement par camion, en liaison avec le chapitre précédent sur la chaîne de distribution générale et plus large du GNL, du puits au réservoir.

Pour une référence facile, les définitions suivantes sont décrites pour les services offerts:

- Le réapprovisionnement est le transfert de GNL des réservoirs de GNL du terminal vers un navire.
- Le transbordement est le transfert direct de GNL d'un navire à un autre.
- Le chargement de navires-citernes est le chargement de GNL sur des navires-citernes transportant du GNL en plus petites quantités pour approvisionner les navires alimentés au GNL ou les installations de soutage de GNL pour les navires.
- Le chargement par camion est le chargement de GNL sur des camions-citernes transportant du GNL en plus petites quantités.
- Le chargement ferroviaire est le chargement du GNL sur des wagons (pas encore proposé en Europe).

Dans le cadre de ce rapport, les **nouveaux services de GNL en France** sont présentés sur la base des données du GIE 2017.⁵¹ Les données sont par terminal et indiquent la taille minimale des navires et la capacité horaire.

⁵¹ Plus de détails à l'adresse suivante : <https://www.gie.eu/index.php/gie-publications/databases/gie-Ing-services-inventory>

Les tableaux suivants étayent l'étude de cas des hypothèses de GNL à petite échelle réalisées dans les lots 2 et 4, afin que la région PACA et le port de Toulon puissent recevoir facilement et efficacement du GNL à partir des principaux terminaux existants, ainsi que les services déjà offerts.

Entreprise		GNL de Dunkerque	Elengy	Elengy	Fosmax LNG
Plante		GNL de Dunkerque	Montoir-deBretagne	Fos Tonkin	Fos Cavaou
Ravitaillement en carburant		oui	oui	oui	oui
Taille minimale du navire: m ³ GNL		5.000	20.000	7.500	15.000
<i>commentaire</i>			5 000 ou moins à l'étude	5 000 ou moins à l'étude	5 000 m ³ à partir de 2019 (réalisé par FID)
Capacité: (GNL) m ³ /h		4.500	4.000	1.000	4.000
<i>commentaire</i>		Augmentation à 9 000 m ³ /h à partir de novembre 2018			
2017	N.		10	0	5
	m ³ GNL		1.350.000	0	750.000

Tableau 133 - Nouveaux services GNL en France - Offre

Entreprise	GNL de Dunkerque	Elengy	Elengy	Fosmax LNG
Plante	GNL de Dunkerque	Montoir de Bretagne	Fos Tonkin	Fos Cavaou
Ravitaillement en carburant	oui	oui	oui	oui
Taille minimale du navire: m ³ GNL	5.000	20.000	7.500	15.000

<i>commentaire</i>			5 000 ou moins à l'étude	5 000 ou moins à l'étude	5 000 m ³ à partir de 2019 (réalisé par FID)
Capacité: (GNL) m ³ /h		4.500	4.000	1.000	4.000
<i>commentaire</i>		Augmentation à 9 000 m ³ /h à partir de novembre 2018			
2017	N. m ³ GNL		10 1.350.000	0 0	5 750.000

Tableau 134 - Nouveaux services GNL en France - Transbordement

Entreprise	GNL de Dunkerque	Elengy	Elengy	Fosmax LNG
Plante	GNL de Dunkerque	Montoir de Bretagne	Fos Tonkin	Fos Cavaou
Petits chargements de navires	oui	oui	oui	oui
Taille minimale du navire: m ³ GNL	5.000	20.000	7.500	15.000
<i>commentaire</i>		5 000 ou moins à l'étude	5 000 ou moins à l'étude	5 000 m ³ à partir de 2019 (réalisé par le FID)
Capacité: (GNL) m ³ /h	4.500	4.000	1.000	4.000
<i>commentaire</i>				
2017	N.		0	0
	m ³ GNL		0	0

Tableau 135 - Nouveaux services GNL en France - GNL à petite échelle

Entreprise	GNL de Dunkerque	Elengy	Elengy	Fosmax LNG
Plante	GNL de Dunkerque	Montoir de Bretagne	Fos Tonkin	Fos Cavaou
Chargement des camions	oui	oui	oui	pas de
Capacité: (GNL) m ³ /h	1 x 90	1 x 100	1 x 100	-
commentaire	2 x 90 à l'étude disponible à partir de 2018	3 x 100 à l'étude	3 x 100 à l'étude	En cours de construction 2 x 100 en 2019
2017	N.	2.031	1.860	
	m ³ GNL	91.400	76.300	

Tableau 136 - Nouveaux services GNL en France - Chargement des camions

8.2 Etudes de cas en France: Port de Toulon

L'étude de cas du port de Toulon suggère que la demande pertinente peut être satisfaite par les opérations de soutage dans le port et qu'aucun stockage n'est nécessaire.

Le Port de Toulon, une fois la décision prise d'accueillir des opérations de soutage de GNL, devra suivre certaines étapes afin que ces opérations puissent être menées de manière sûre, efficace et efficiente, dans les lieux sélectionnés pertinents, après accords, études et évaluations. Une carte du port, dont les terminaux et les zones portuaires sont considérés comme accueillant le soutage du GNL, est présentée ci-dessous.

La norme ISO 20519 est considérée comme le document normatif de base pour cette étude de cas de Toulon et ses principaux paramètres sont suivis étape par étape.

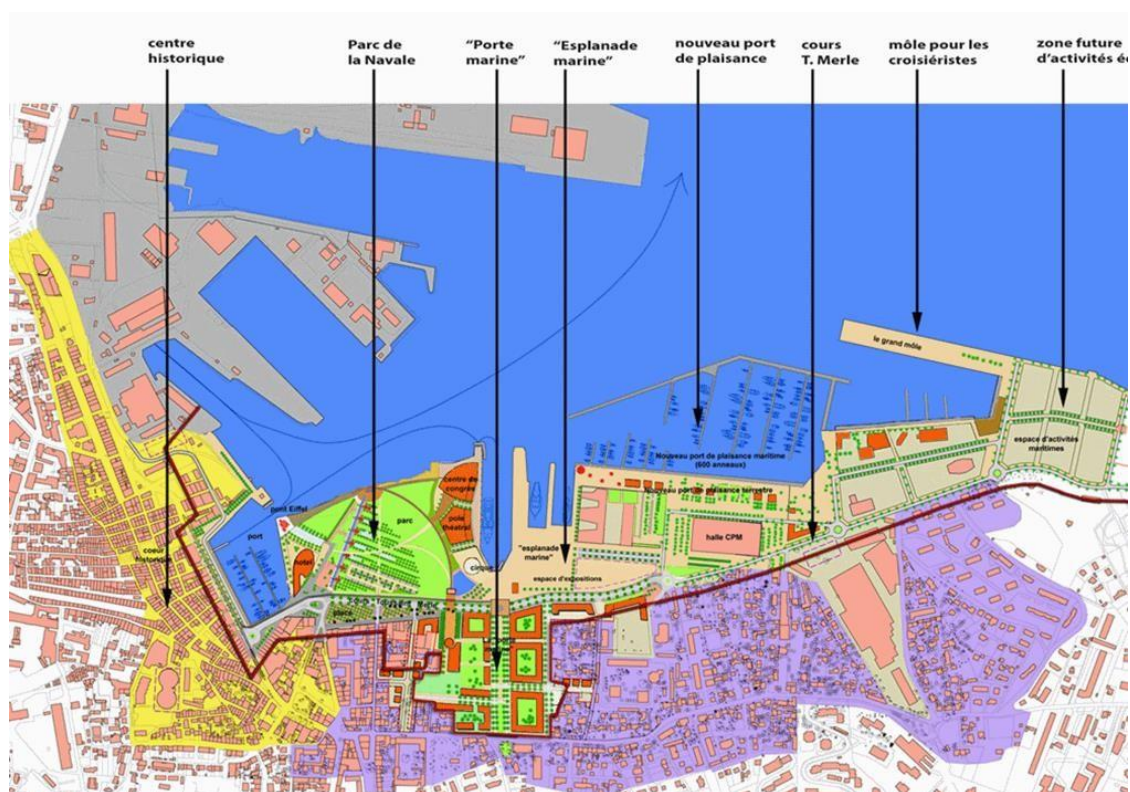


Figure 107 - Carte du port de Toulon

8.2.1 Procédures réglementaires pour le transport, la logistique et le stockage dans le port de Toulon

8.2.1.1 Systèmes de gestion portuaire - Procédures réglementaires pour les études de cas de Toulon

La norme ISO 20519 est un document auquel doivent se conformer tous les ports où sont effectuées des opérations de soutage.

Selon la norme ISO/IS 20519, les organisations portuaires doivent inscrire la conformité à cette norme comme l'un des paramètres de gestion. Les systèmes de gestion qui peuvent être utilisés sont les suivants: ISO 9001, ISO 14001, IMS, ISO/TS 29001 et API Spec Q1 (ISO/IS 20519 - Section 7.1).

Le port autonome de Toulon doit au moins:

- (a) Comprendre ce qui doit être fait pour:
 - Être en mesure de permettre la première opération de soutage de GNL.
 - Incluez les procédures appropriées dans votre système de gestion.
 - Fournir des licences aux fournisseurs de services portuaires (PSP) et des autorisations aux navires récepteurs (RV).
 - Préparer et surveiller le cycle de chaque opération de soutage de GNL à venir.
 - Conservez la documentation comme il convient.
- (b) Respecter tous les critères minimaux de sécurité pour les opérations.
- (c) Utilisez et remplissez les listes de contrôle des autorités portuaires.
- (d) Effectuer des évaluations des risques, le cas échéant.
- (e) Établir un protocole de communication avec les PSP et les VR.
- (f) Mettre en œuvre toute procédure liée aux conditions météorologiques.
- (g) Former le personnel de l'autorité portuaire, le cas échéant, à la compréhension de base des équipements/systèmes et à leurs rôles pertinents.
- (h) Soyez prêt à répondre efficacement aux situations d'urgence et adaptez le manuel de procédures aux procédures d'intervention d'urgence de chaque port.
- (i) Mettre à jour le système de gestion du port selon les besoins.
- (j) Comprendre les problèmes de sécurité associés aux SIMOPS (opérations simultanées) et mettre en œuvre toute mesure de réduction des risques applicable.

- (k) Comprendre les principes de base du transfert de garde.
- (l) Impliquez les parties prenantes si nécessaire.

8.2.1.2 Licences et autorisations

Avant le début des opérations, les prestataires de services du port méthanier de Toulon et les navires de réception de GNL doivent être autorisés et agréés par l'Autorité portuaire de Toulon.

Les exigences minimales pour les licences et autorisations PSP et VR respectivement pourraient être:

- (a) Toutes les opérations de soutage dans la zone portuaire sont soumises à la réglementation portuaire et doivent être conformes au permis environnemental du port.
- (b) Le camion-citerne, le camion et l'usine doivent être autorisés par l'autorité portuaire.
- (c) Les terminaux GNL situés dans les ports doivent fonctionner dans le cadre de l'autorisation/licence convenue.
- (d) Chaque opération de soutage doit être approuvée au préalable par l'autorité portuaire.
- (e) Le processus décisionnel pour les licences et les permis (à l'exception des terminaux GNL) comprendra, outre l'autorité portuaire, toutes les parties intéressées conseillées par l'autorité portuaire.
- (f) L'autorité portuaire doit approuver chaque site/berth où s'effectue le soutage du GNL.
- (g) Les études et la documentation relatives à l'évaluation des risques doivent être soumises, réalisées et examinées.
- (h) Les PSP/ VR doivent respecter les critères de sécurité minimum.
- (i) Tous les navires et camions concernés doivent conserver des certificats de classe et ADR valides et des dossiers de formation du personnel.

8.2.1.3 Autorisations

Prescriptions générales pour l'autorisation de l'installation potentielle du terminal méthanier dans le port de Toulon:

- (a) Autorisation en France et législation pertinente.
- (b) Le guide de l'AESM fait spécifiquement référence au processus d'autorisation et aux domaines critiques sur lesquels il faut se concentrer, ainsi qu'au règlement de

l'UE 2017/352 sur les exigences de consultation. Les critères minimaux et les domaines à prendre en compte sont les suivants:

- Communication, planification et consultations publiques.
- Spécifications de l'équipement.
- Formation du personnel.
- Limites opérationnelles et de navigation et fenêtres de temps pour les infrastructures.
- Résultats de l'évaluation des risques (EQR pour le terminal, l'usine de GNL, etc.).
- Relations et synergies - opérateurs/fournisseurs/port: identifier et établir des relations avec le ministère compétent (infrastructures et environnement) et commencer à travailler et à proposer la voie à suivre pour établir un instrument législatif ou modifier les instruments existants.
- Chargement des camions et des usines de regazéification.
- Lois/règlements (pour): SEVESO III, EIE, examen des études et des demandes, consultations, démarches pour les permis/ministères, etc.
- Approche unique de port à port.

8.2.1.4 Gestion de l'environnement

Les règles suivantes doivent être assurées pour les questions de SME au moins par l'Autorité portuaire de Toulon, le RV et les PSP:

- (a) Aucun dégagement de méthane dans l'atmosphère n'est autorisé, comme l'exige le Harbors Statute.
- (b) Aucune purge ou libération de gaz dans l'atmosphère n'est autorisée dans le port.
- (c) Pour les camions (structure mobile): des précautions particulières doivent être prises lors de la connexion et de la déconnexion du camion-citerne (c'est-à-dire la pré-purge et la post-purge des tuyaux de soute) afin de s'assurer que le dégagement accidentel de méthane est réduit au minimum pendant les opérations normales de soutage. Les camions-citernes ne sont équipés d'aucun système/équipement de purge au moment de la rédaction du présent document et ne comptent que sur des joints étanches pour éviter les fuites de GNL.
- (d) Une fois le transfert de carburant terminé, toutes les conduites et tous les tuyaux doivent être vidés puis purgés à l'azote dans un réservoir dédié jusqu'à ce qu'une lecture de moins de 2% de méthane par volume soit détectée. L'équipement de

transfert de combustible peut alors être déconnecté et éteint. Note: Il est bien connu que certains types de tuyaux composites ont tendance à entraîner de petites quantités de vapeur dans les couches internes du matériau. Il est recommandé d'installer un réservoir de décharge d'azote dédié sur le camion-citerne pour la sécurité du processus de pré-purge et de post-purge.

- (e) Il existe un système de gestion de la vapeur documenté, tant pour le VR que pour les PSP.

8.2.1.5 *Transport - Quantité et qualité*

La mesure, la vérification et le contrôle de la quantité et de la qualité du carburant sont importants pour toutes les parties prenantes du GNL en tant que carburant. Les raisons sous-jacentes comprennent des questions telles que: l'impact sur la santé et l'environnement, l'impact sur la procédure de soutage et le moteur (avec effet de détonation, affectant les niveaux de remplissage et la capacité, les itinéraires et les courbes de charge, la gestion de la vapeur et de l'espace, etc.)

Pour le soutage du GNL dans le port de Toulon, le Port Autonome de Toulon, en tant que service public ayant pour objectif d'assurer la sécurité et la qualité des opérations dans le port, doit assurer les exigences minimales d'intégrité suivantes. Les procédures pertinentes pour les respecter doivent être incluses dans le manuel de procédures du Port Autonome de Toulon.

- (a) L'intéressé remet une lettre de livraison de soutes indiquant les caractéristiques qualitatives et quantitatives du combustible fourni.
- (b) Les spécifications doivent être respectées; si elles ne le sont pas, il doit y avoir un processus clair à suivre.
- (c) La norme ISO/NP 23306 applicable aux spécifications des carburants en consultation jusqu'au 09/03/2018 à suivre.