

# T.1.3.1 Rapport et analyse diagnostique pour la conversion GNL de moyens existant (moyens portuaires, embarcations, bateaux de pêche)

---

Jan/2020

Università degli Studi di Pisa – DESTEC  
(Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei  
Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni)

# 1. Introduction

Les perspectives pour le développement de l'utilisation du gaz naturel liquéfié (GNL) comme carburant maritime, pour les utilisations auxiliaires dans les ports ainsi que pour la logistique dans la Méditerranée nord-occidentaux dépendent largement des perspectives plus générales de développement du trafic maritime sur l'ensemble du bassin, notamment après le doublement du canal de Suez. L'évolution des prix du GNL pèse également en comparaison avec les carburants concurrents et les politiques environnementales mondiales, européens et côtiers. Enfin, les choix des transporteurs maritimes et terrestres sont importants, compte tenu, et dans certains cas surtout, de l'évolution de la sensibilité écologique des clients.

Dans un contexte global de forte évolution des systèmes de transport dans le cadre de la soi-disant "transition énergétique", avec les incertitudes qu'elle entraîne, la disponibilité des infrastructures d'approvisionnement techniquement et temporellement cohérentes avec l'arrivée des navires à approvisionner devient essentielle. S'agissant principalement de choix d'investissements privés, il n'est pas facile de maintenir le développement des infrastructures énergétiques des véhicules en parallèle avec la pénétration des véhicules eux-mêmes, notamment sur un continent articulé comme l'Europe.

Malgré les efforts et la réglementation, ainsi que les financements mis en place par l'Union européenne, de graves inadéquations sont toujours présentes tant pour le secteur des transports maritimes que terrestres. Néanmoins, le grand avantage potentiel du GNL par rapport aux carburants à base de pétrole concurrents, segmenté par domaines d'utilisation, tandis que le méthane liquide peut être utilisé tel quel pour tout type de moyen de transport (navires, camions, trains, etc.). La pluralité d'engagements augmente la demande relative ce qui facilite le retour sur investissement.

Les avantages environnementaux connus du GNL (réduction significative du CO<sub>2</sub>, des NO<sub>x</sub>, élimination des particules pauvres et des oxydes de soufre), non affectés par le fait que le CH<sub>4</sub> est en tout cas un élément fossile avec un impact climatique temporaire, sont aujourd'hui renforcés par l'évolution technologique (bioGNL,

méthanisation, mélange avec de l'hydrogène produit à partir de sources renouvelables et soustraction de CO2 de l'environnement) et sensibilité sociale à l'économie circulaire, dépassement de la pétrochimie pétrolière, remplacement du plastique par des produits biodégradables similaires.

La mer Méditerranée, et en particulier la zone allant du golfe de Suez au détroit de Gibraltar, supporte déjà aujourd'hui le trafic maritime le plus important du monde, environ 20%, et est également la région dont on prévoit le plus grand développement démographique, comparaison avec l'Europe centrale et septentrionale, où la population devrait stagner. Le développement économique ordonné et durable des zones les moins avancées de la région méditerranéenne investit pleinement les responsabilités des pays de la rive nord.

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

Les premiers ministres de la France, de l'Espagne, de l'Italie, du Portugal, de la Grèce, de Chypre et de Malte, qui se sont réunis le 14 juin à Malte pour la sixième réunion, "South EU Summit" (pays SEUS) des pays d'Europe du Sud ont été les derniers à promouvoir l'utilisation du GNL pour les transports en Méditerranée. La "Déclaration de La Valette", qui a conclu les travaux, confirme l'engagement pour la coopération régionale sur la promotion des carburants alternatifs, en particulier l'utilisation du GNL pour la production d'énergie, le transport et pour améliorer la performance environnementale de ces secteurs.

La déclaration reconnaît le potentiel et les défis des îles de l'UE dans le secteur de l'énergie et la nécessité de soutenir des solutions sur mesure et l'engagement de veiller à ce qu'aucun État membre ne reste isolé des réseaux électriques et gaziers de l'UE.

Ce sont les engagements énergétiques dans le cadre de la lutte commune contre les effets de l'accélération du changement climatique dans le bassin méditerranéen, en

intensifiant les travaux sur la stratégie climatique de l'UE, en tenant compte des spécificités régionales, afin de mettre en œuvre les objectifs de l'Accord de Paris.

Il a été réaffirmé l'attachement à l'objectif de neutralité climatique, qui devrait être atteint d'ici 2050, en tenant compte des différentes spécificités nationales. Il a été réaffirmé l'engagement de continuer à soutenir le rôle de l'UE en tant qu'acteur mondial de premier plan dans la mise en œuvre du programme 2030 a été réitéré.

La déclaration n'a pas manqué de souligner à quel point une Afrique prospère est la clé de la stabilité de la région méditerranéenne et de l'Union Européenne dans son ensemble. Nous soutenons pleinement l'Alliance UE-Afrique comme moyen de renforcer notre partenariat. Nous nous engageons à maximiser le potentiel du plan d'investissement extérieur de l'UE pour contribuer à la transformation socio-économique de l'Afrique, en particulier par l'éducation, la santé, les infrastructures, l'innovation, la numérisation et l'autonomisation des femmes.

## **Impact environnemental du transport maritime Recommandations**

### **Directive sur le soufre**

#### Trafic maritime mondial et méditerranéen

Comme indiqué dans le sixième rapport annuel "Économie maritime italienne" pour 2019 du centre d'études RSM de Naples, la "guerre" des droits de douane entre les États-Unis et la Chine commence à manifester ses effets. En 2018, la croissance du commerce maritime a ralenti, enregistrant un plus de 3,1% par rapport à l'année précédente, tandis qu'en 2017, la croissance a été plus soutenue avec un plus de 4,2%. Les échanges ont atteint 10,7 milliards de tonnes. Dans l'ensemble, les prévisions pour le commerce maritime sont toujours positives, avec un taux de croissance annuel attendu de 3,8% entre 2019 et 2023 (entre 2005 et 2017, il a augmenté à un taux moyen de 3,5 %).

Quant aux marchandises transportées, un peu moins de 30% concerne le vrac liquide, comme le gaz, le pétrole brut et les dérivés du pétrole (en 1995 cette part était de 44%), 53,5% est constitué de vrac solide et 17% il est inhérent au transport sur porte-conteneurs (part plus que doublée par rapport à 1995). Les économies émergentes continuent de représenter la part la plus importante du transport maritime, en particulier l'Asie représente 42% des exportations et 61% des importations.

La part du transport de conteneurs, en tonnes, est passée de 8% en 1995 à 17% en 2017; en termes de valeur, ce segment pèse beaucoup plus car il représente 60% du commerce maritime mondial, ce qui représentait en 2017 environ 12 billions de dollars.

Conformément à la tendance du transport maritime total, l'Asie domine l'activité de manutention de conteneurs, représentant près des deux tiers du commerce mondial. Environ 240 millions d'EVP (unités de mesure de conteneurs, correspondant à environ 40 mètres cubes) sur les 752,2 millions traités dans le monde qui ont été enregistrés en Chine, à Hong Kong et à Taiwan.

Les prévisions de la CNUCED, l'Agence des Nations Unies pour le développement et le commerce, suggèrent que le conteneur sera le segment qui, au cours de la période de cinq ans 2018-2023, enregistrera la plus forte croissance: + 6,4% par rapport à la moyenne de 3% des transports maritime dans son ensemble. D'autres analystes de l'industrie estiment que le transport conteneurisé augmentera plus modérément de 4% en 2019. Cependant, il s'agit d'une croissance importante car elle correspond à environ 30 millions d'EVP supplémentaires dans le monde.

La croissance du commerce des conteneurs s'est renforcée sur toutes les principales routes commerciales Est-Ouest, à savoir l'Asie-Europe, la Transpacifique et la Transatlantique.

Dans l'ensemble, la route transpacifique est restée la plus fréquentée, avec des volumes totaux atteignant 27,6 millions TEU, suivis de 24,7 millions TEU sur la route Asie-Europe et de 8,1 millions TEU sur la route transatlantique. Les volumes sur la route transpacifique ont augmenté de 3,8%, ceux sur la route transatlantique (est et ouest) ont augmenté de 6,6%, tandis que l'Asie-Europe circule dans les deux sens de 2,9%.

En raison de la guerre commerciale entre les États-Unis et la Chine, le total des exportations conteneurisées de la Chine vers les États-Unis a diminué de 8,2% au premier trimestre de 2019. Les volumes ont considérablement ralenti après le boom de la fin de 2018, lorsque les marchandises ont été chargés à l'avance sur les navires pour remédier à la hausse des taux attendue, enregistrant ainsi un + 19,1% au 4ème trimestre 2018.

Les estimations indiquent qu'une nouvelle escalade de la guerre commerciale américano-chinoise, y compris une éventuelle taxation de nouveaux tarifs sur environ 300 milliards de dollars d'exportations chinoises vers les États-Unis d'ici la fin de 2019, pourrait entraîner une nouvelle réduction de 8% des volumes transpacifiques vers l'est.

L'ère du gigantisme se poursuivra également à l'avenir. Au cours des trois prochaines années, 133 nouveaux navires seront inaugurés dans la gamme 10,000-23,000 EVP et 45 d'entre eux seront dans la gamme 18,000-23,000. Le phénomène ne concerne pas seulement les porte-conteneurs mais aussi Ro-Ro; au cours des 10 dernières années, la taille moyenne des navires Car-Carrier (voitures neuves) a augmenté de 20%.

La tendance à la concentration des routes est également forte: en 1998, les 4 premiers opérateurs détenaient près de 20% du marché mondial, en 2018 ce pourcentage est passé à 57-58%. Si l'on considère le top 10, le chiffre passe de 40% en 1998 à plus de 80% en 2018.

Sur les routes Asie - Europe du Nord et Asie - Med, les trois alliances navales (2M, Océan et THE) détiennent près de 100% des maintenir la capacité. La part des terminaux contrôlés par les transporteurs maritimes est passée de 18% en 2001 à 38% en 2016. 2M et Ocean Alliance disposent toutes deux d'un «portefeuille» composé d'environ 90 terminaux d'une capacité de 50 millions d'EVP.

La Méditerranée représente une voie de transit privilégiée pour le trafic maritime mondial, reliant les zones asio-pacifiques du golfe Persique et de l'Afrique de l'Est à celles de l'Atlantique et de l'Europe du Nord, ainsi qu'au trafic généré à l'intérieur. 20% des expéditions mondiales se font en Méditerranée avec une tendance croissante. Centrale pour le trafic de conteneurs avec 27% des 487 services réguliers dans le monde et est une zone très importante également pour le trafic court-courrier, dans le sens Nord-Sud, en particulier en mode Ro-Ro.

Le canal de Suez est confirmé comme plaque tournante stratégique du trafic maritime marchand mondial; 9 à 10% du commerce international mondial utilisent cette excellente façon. La croissance des marchandises en transit enregistre des valeurs importantes, également confirmées en 2018, année au cours de laquelle le double record a été marqué, en termes de nombre de navires (plus de 18 mille, + 3,6%) et de fret transporté (983,4 millions de tonnes + 8,2%).

Le nouveau record a été établi grâce aux marchandises sur les navires en direction du nord au sud, qui s'élevaient à 524,6 millions de tonnes (+ 9,8%), tandis que du sud au nord, elles s'établissaient à 458,8 millions de tonnes (+ 6,6%).

Grâce à l'élargissement de 2015, déjà en 2018, la taille moyenne des navires qui ont traversé le canal a augmenté de 12% (porte-conteneurs de 24%) par rapport à 2014, soulignant que la nouvelle infrastructure répond aux besoins du gigantisme, phénomène qui couvre tous types de navires. 2019 confirme ces tendances. Au cours des 5 premiers mois de l'année, le canal a été traversé par un total de plus de 7.600 navires, avec une augmentation de + 5,2% par rapport à la même période de 2018. Ils

ont transporté environ 420 millions de tonnes de marchandises, soit une augmentation de 7,4% par rapport à 2018.

Le canal de Suez est également confirmé comme la troisième route au monde pour le transport du pétrole et du gaz naturel qui partent du Golfe vers l'Europe et l'Amérique du Nord. Ces deux routes représentent environ 9% du commerce mondial du pétrole par voie maritime. En 2018, le pétrole brut (y compris les dérivés) et le gaz naturel liquéfié représentent respectivement 24% et 3% des marchandises en transit.

La tendance du trafic montre également que le doublement du canal modifie progressivement les dispositions maritimes du monde, en particulier sur la route Est-Ouest; le trafic de l'Asie du Sud-Est vers la Méditerranée a augmenté de 37% au cours des 11 dernières années, étant donné qu'il doit être lu conjointement avec la croissance du trafic à destination et en provenance du Golfe (+ 77%). Selon l'indice de connectivité maritime de la UNCTAD - CNUCED, les ports du sud de la Méditerranée (Afrique du Nord et Turquie) depuis 2004 ont considérablement réduit l'écart de concurrence avec les ports du nord de la Méditerranée. L'indicateur montre un écart qui était précisément de 26 points en 2004 et aujourd'hui seulement de 8. La croissance du trafic maritime mondial est de plus en plus affectée par les nouvelles technologies telles que la numérisation qui affecte à la fois les navires et les opérations de manutention et la gestion portuaire. Par numérisation, nous entendons, en termes généraux, une combinaison de technologies et l'industrie du transport maritime les utilise de plus en plus pour améliorer les systèmes et les processus.

Comme indiqué par la UNCTAD - CNUCED, la technologie pourrait permettre à moyen et à long terme d'économiser 300 dollars en frais de dédouanement pour chaque livraison et pourrait donc générer 5,4 millions de dollars d'économies sur le chargement d'un navire d'une capacité de 18 000 TEU (étant donné que la totalité du chargement peut être dédouanée).

D'autres technologies pertinentes pour le commerce maritime comprennent la robotique, l'intelligence artificielle et la fabrication additive ou l'impression tridimensionnelle qui peuvent faciliter la production régionalisée et remplacer la main-d'œuvre bon marché.

## **Disponibilité du GNL**

Impact environnemental des ports CLIMEPORT

Entre 2007 et 2013, le projet CLIMEPORT (Mediterranean Ports' Contribution to Climate Change Mitigation - Contribution des ports méditerranéens à l'atténuation du changement climatique) a été développé dans le cadre du programme MED de l'Union Européenne coordonné par l'Autorité portuaire de Valence avec les partenaires de l'Autorité portuaire de Livourne, de l'Autorité portuaire de la baie d'Algésiras, de l'Autorité portuaire de Marseille, de l'Autorité portuaire du Pirée, du Port de Koper, l'ITE (Institut technique Valencian Electric), de l'Agence régionale de l'énergie de Valence, de l'Agence locale de l'énergie de Goriska (Slovénie).

Le projet, cofinancé par le Fonds européen de développement régional, avait pour objectif général l'évaluation de l'impact environnemental des ports méditerranéens sur le changement climatique et l'analyse de la possibilité d'alignement sur les politiques européennes et nationales en la matière. Ils ont été également prévu des études et analyses sur tout plan d'action axé sur les activités critiques affectant l'environnement et la société, l'évaluation des coûts et des avantages découlant des plans d'action adoptés ; l'étude des technologies les plus avancées et le développement d'initiatives pilotes pour des systèmes énergétiques efficaces; la diffusion des résultats obtenus.

Pour le projet, les différents intervenants ont élaboré une évaluation détaillée de la situation des ports par rapport aux sources spécifiques de gaz de chauffage climatique, à leurs caractéristiques et aux conditions dans lesquelles ils opèrent. A cet effet, il a été jugé nécessaire de prendre en considération: les opérations réalisées dans les différents terminaux; le transport terrestre à l'intérieur du port; les activités industrielles et logistiques; la production d'énergie portuaire; les mesures d'efficacité énergétique déjà adoptées; la consommation de ressources; la génération et le traitement des déchets.

Le développement du projet a été jugé très utile car il a initié une large réflexion des institutions et des opérateurs portuaires sur l'impact environnemental des activités portuaires, non limité aux émissions des navires, et sur la difficulté de leur mesure. Le principal résultat a été l'identification de toute une série de paramètres et d'indicateurs pour le développement d'une méthode d'évaluation de "l'empreinte carbone" spécialement développée pour les ports, qui a conduit à l'adoption des normes UNI ISO 14064.

## GREENBERTH

Terminé le projet CLIMEPORT a été lancé par la suite, un projet MED appelé GREENBERTH avec le but de promouvoir plus spécifiquement l'efficacité énergétique et les sources renouvelables dans les ports, ainsi que l'accès des petites et moyennes

entreprises au secteur énergétique des communautés portuaires. Ce projet avait également pour chef de file l'autorité portuaire de Valence et comme partenaire le Grand Port Maritime de Marseille, l'autorité portuaire de Livourne, l'autorité portuaire de Venise, le port de Koper, l'autorité portuaire de Rijeka – Fiume et en tant que partenaires techniques, la Fondation de l'Institut portuaire d'études et de coopération de la Communauté de Valence (FEPORTS), le Centre de recherche et de technologie Hellas / Institut hellénique des transports (CERTH / HIT) et l'Université de Cadix.

L'objectif principal du projet était la réalisation de projets spécifiques et l'échange ultérieur d'expériences et d'informations, en accordant une attention particulière à l'interaction entre les institutions chargées de coordonner les activités portuaires, en canalisant la participation commune des petites et moyennes entreprises actives dans le domaine de l'énergie et de l'environnement et grands opérateurs portuaires, transfert de connaissances et de compétences sur la gestion, le contrôle et la maintenance de solutions d'efficacité énergétique.

Par exemple, lors du congrès international "Énergie et environnement 2014 - nouvelles technologies dans l'ingénierie énergétique et la protection de l'environnement", qui s'est tenu à Opatija (Croatie) du 21 au 24 octobre 2014, l'autorité portuaire de Venise a illustré les résultats de l'efficacité énergétique sur la mobilité des passagers dans le secteur des croisières; le port de Koper a exposé les objectifs d'environnementalisation des activités portuaires; l'Autorité portuaire de Rijeka – Fiume a illustré les mesures relatives à l'utilisation de l'énergie solaire; l'autorité portuaire de Valence a enfin présenté des résultats tangibles sur des terminaux intelligents, économes en énergie et adaptables au secteur maritime.

## **L'engagement de l'UE en faveur des transports durables**

Les projets européens sur l'impact environnemental des ports et la possibilité de les rendre plus efficaces grâce à l'utilisation de techniques d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables et de GNL, se sont développés dans le cadre de la publication par l'Union européenne d'une série d'études et de recommandations visant à orienter le développement du continent vers une croissance durable, avec un engagement particulier dans le secteur des transports, identifiées parmi celles qui ont le plus grand impact sur le changement climatique.

La Commission européenne a présenté des mesures visant à améliorer la compétitivité et à assurer la sécurité énergétique lors de la communication du 3 mars 2010. Après il a été présenté le Livre blanc du 28 mars 2011 intitulé «Feuille de route

vers une zone unique européenne des transports - Pour une politique de transport compétitive et durable» qui exhorte les États-nations à réduire leur dépendance au pétrole dans le secteur des transports .

Pour le Livre blanc, il était nécessaire d'atteindre cet objectif grâce à une série d'initiatives stratégiques, notamment l'élaboration d'une stratégie durable pour les combustibles alternatifs et les infrastructures connexes. Le document proposait une réduction de 60% par rapport aux niveaux de 1990 des émissions de gaz à effet de serre dans le secteur des transports, à atteindre d'ici 2050. Dans l'intervalle, la directive 2009/28 /CE du Parlement européen et du Conseil pour le développement des sources renouvelables, avait fixé un objectif de 10% pour la part de marché des énergies renouvelables présentes dans les carburants de transport.

Sur la base de la consultation des parties prenantes et des experts nationaux et des compétences acquises, fusionnées dans la communication de la Commission du 24 janvier 2013, intitulée "Énergie propre pour les transports, une stratégie européenne pour les carburants alternatifs", électricité, hydrogène, biocarburants, gaz naturel et gaz de pétrole liquéfié ont été identifiés comme les principaux carburants alternatifs ayant un potentiel à long terme en termes d'alternative au pétrole, également à la lumière de leur utilisation simultanée et combinée possible à travers, par exemple, des systèmes qui utilisent une technologie à double alimentation.

Le 6 juin 2012, le rapport du groupe de haut niveau CARS 21 a indiqué l'absence d'une infrastructure pour les carburants alternatifs harmonisée au niveau de l'Union, principal obstacle à l'introduction sur le marché de véhicules propulsés par des carburants alternatifs et retardant les avantages pour l'environnement. Dans la communication finale du 8 novembre 2012 intitulée «CARS 2020: plan d'action pour une industrie automobile compétitive et durable en Europe», la Commission a approuvé les principales recommandations du groupe de haut niveau et présenté un plan action basée sur eux.

## **Directive DAFI**

C'est ainsi qu'on est arrivé à la directive 2014/94/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur la création d'une infrastructure de carburants de remplacement (DAFI) comme principale action de l'UE pour éviter la fragmentation du marché intérieur en raison de l'introduction non coordonnée de carburants alternatifs sur le marché.

La coordination des cadres stratégiques envisagés par la directive aurait dû assurer la sécurité à long terme nécessaire pour encourager les investissements publics et privés dans les technologies des véhicules et des carburants et pour la construction des infrastructures, afin de poursuivre le double objectif de minimiser la dépendance au pétrole et atténuer l'impact environnemental des transports.

Les États membres ont été invités à élaborer des cadres politiques nationaux dans lesquels ils exposent leurs objectifs nationaux et leurs actions de soutien au développement des marchés pour les carburants de remplacement, y compris le développement de carburants alternatifs.

La directive DAFI a soutenu les lignes directrices du Réseau transeuropéen des transports (TEN T RTE-T) dont les lignes directrices exigeaient, en ce qui concerne les nouvelles technologies et innovations, de permettre la décarbonisation de tous les modes de transport par l'efficacité énergétique et l'introduction de systèmes de propulsion alternatifs et la fourniture de l'infrastructure correspondante. Les lignes directrices TEN T RTE-T exigeaient également que les ports, aéroports et routes internes et maritimes du réseau central (établi par le règlement 1315/2013 du Parlement européen et du Conseil central des réseaux) rendent disponibles des carburants de remplacement.

Le Mécanisme pour l'interconnexion en Europe (CEF) est l'outil de financement de la mise en œuvre de la politique européenne en matière d'infrastructures de transport et vise à soutenir les investissements dans la construction de nouvelles infrastructures ou dans la restauration et la modernisation des infrastructures de transport TEN T RTE-T. Des ressources pour les nouvelles technologies et innovations, y compris les infrastructures de carburant propre de remplacement, ont également été mises à disposition.

L'absence d'un développement harmonisé des infrastructures de carburants alternatifs dans l'UE empêche les économies d'échelle du côté de l'offre et la mobilité généralisée au sein de l'UE du côté de la demande. Des nouveaux réseaux d'infrastructure doivent être construits, par exemple pour l'électricité, le gaz naturel, le gaz naturel liquéfié (GNL) et le gaz naturel comprimé (GNC) et peut-être l'hydrogène.

DAFI considère le GNL comme un carburant alternatif attrayant pour permettre aux navires de satisfaire aux exigences de réduction de la teneur en soufre des carburants marins dans les zones de contrôle des émissions de SOx, affectant la moitié des navires opérant dans le transport maritime européen court-courrier, comme le

prévoit la directive 2012/33/UE du Parlement européen et du Conseil sur la teneur en soufre des carburants maritimes.

La directive exigeait donc qu'un réseau de points d'approvisionnement en GNL soit disponible d'ici la fin de 2025 et 2030 respectivement pour les navires opérant dans les ports maritimes et les ports maritimes intérieurs. Les points de ravitaillement en GNL doivent comprendre, entre autres, des terminaux, des réservoirs et des conteneurs mobiles de GNL, ainsi que des navires et des barges-citernes. Toutefois, l'objectif de créer un réseau central ne devrait pas exclure la possibilité que le GNL soit également disponible dans une perspective à long terme dans les ports extérieurs à ce réseau, en particulier dans ceux qui sont importants pour les navires qui n'effectuent pas d'opérations de transport terrestres.

Selon la directive, la décision sur l'emplacement des points d'approvisionnement en GNL dans les ports devrait être fondée sur une analyse coûts-avantages, y compris une évaluation des avantages environnementaux. Les dispositions de sécurité applicables devraient également être prises en compte. Il convient que la mise en œuvre de l'infrastructure de GNL ne nuise pas au développement d'autres carburants de remplacement qui pourraient être introduits dans un proche avenir et qui seraient économes en énergie.

Les États membres devraient garantir un système de distribution adéquat entre les installations de stockage et les points de ravitaillement en GNL.

D'autre part, le transport routier, la disponibilité et l'emplacement géographique des points de chargement pour les méthaniers sont essentiels au développement d'une mobilité économiquement durable basée sur le GNL. Le GNL, y compris le biométhane liquéfié, peut également être une technologie efficace et rentable pour permettre aux véhicules lourds de respecter les limites strictes en matière d'émissions polluantes en vertu des règles Euro VI du Règlement 595/2009 du Parlement européen et du Conseil.

Le réseau central de TEN-T devrait constituer la base du développement de l'infrastructure GNL, car il coïncide avec d'importants flux de trafic et assure les avantages du réseau. En mettant en place leurs réseaux de GNL pour les véhicules lourds alimentés au GNL, les États membres devraient veiller à ce que des points de ravitaillement accessibles au public soient construits, au moins le long du réseau central TEN-T dans une gamme de distances adéquates de véhicules lourds alimentés au GNL.

Par conséquent, par le biais de leurs cadres stratégiques nationaux qui seront communiqués à la Commission, les États membres doivent veiller à ce que, d'ici le 31 décembre 2025, un nombre suffisant de points d'approvisionnement en GNL soient en place dans les ports maritimes pour permettre les navires à GNL ou navires maritimes alimentés au GNL dans le réseau central à TEN-T. En outre, les États membres doivent coopérer, le cas échéant, avec les États membres voisins afin d'assurer une couverture adéquate du réseau central de TEN T RTE-T.

Toujours par le biais de leurs cadres stratégiques nationaux, les États membres s'assurent que, d'ici le 31 décembre 2030, un nombre suffisant de points d'approvisionnement en GNL seront construits dans les ports de navigation intérieure s'ils permettront aux navires maritimes alimentés au GNL de circuler dans le réseau central de TEN-T. Dans ce cas également, les États membres coopèrent avec les États membres voisins dans ce cas pour assurer une couverture adéquate du réseau central de TEN T RTE-T.

Pour le secteur du transport terrestre, à voir en ligne avec ce qui est organisé pour les ports, compte tenu de la prépondérance du fret terrestre, les États membres s'assurent que, d'ici le 31 décembre 2025, un nombre suffisant de points de ravitaillement en GNL, y compris les installations de chargement des pétroliers, qui sont accessibles au public au moins le long du réseau central du RTE-T, assurent la circulation des véhicules lourds alimentés au GNL dans l'ensemble de l'Union.

Les États membres voisins, dans le cadre de leur cadre stratégique national, peuvent également former un groupement afin de se conformer aux exigences en matière d'infrastructure, en respectant toujours les obligations de déclaration.

La directive, émise alors qu'un très petit nombre de camions de GNL circulaient encore, a également posé la condition qu'il y ait une demande et que les coûts ne soient pas disproportionnés par rapport aux avantages, y compris ceux pour l'environnement. En outre, la Commission devrait être en mesure d'évaluer les cadres politiques nationaux et, le cas échéant, de soumettre une proposition visant à modifier le DAFI d'ici le 31 décembre 2027. Comme nous le verrons, il a été décidé de commencer la procédure dès 2018.

## Résultats DAFI

Le 13 février 2019, la Commission a publié le rapport sur l'évaluation des cadres politiques nationaux des États membres, qui a été communiqué au titre de l'DAFI (article 10, paragraphe 2). En général, la Commission a constaté de grandes

différences entre les États membres et l'adoption de véhicules à carburant de remplacement n'a pas été à la hauteur des attentes de nombreux États membres. Par conséquent, compte tenu des développements futurs et des annonces récentes faites par les producteurs de voitures, la planification nationale ne reflète pas adéquatement les développements estimés sur certains marchés, en particulier pour les véhicules électriques et les camions alimentés au gaz naturel liquéfié. L'analyse de la Commission a donc renforcé les exigences des ministres européens de l'Environnement et des Transports ainsi que du Parlement européen, qui a demandé à la Commission de soumettre une révision de la directive lors de la plénière d'octobre 2018.

En particulier pour les utilisations de GNL, le Conseil note que sept cadres nationaux ne contiennent pas d'objectifs pour les points de ravitaillement en GNL pour les véhicules lourds le long de la route du réseau TEN T RTE-T Core. Six ne contiennent pas d'objectifs pour les points de ravitaillement en GNL pour les ports maritimes, et quatre ne contiennent pas d'objectifs pour les points de ravitaillement en GNL dans les ports intérieurs.

Le GNL des véhicules lourds est fourni par 21 pays et une couverture adéquate du réseau routier TEN T RTE-T Core ne semble pas garantie et plusieurs États membres mentionnent la nécessité de détails techniques supplémentaires pour le développement des véhicules lourds GNL (par exemple, des trajets plus longs). En plus, plusieurs membres prévoient revoir leurs objectifs d'infrastructure de ravitaillement en GNL après avoir effectué d'autres analyses coûts-avantages et d'autres indications du marché. Au total, selon le FNP, un total de 384 points de ravitaillement en GNL seront distribués dans toute l'UE pour les camions.

La pénurie de points de ravitaillement en poids lourds couvre la Bulgarie, Chypre, le Danemark, la Croatie, l'Irlande, l'Italie, la Lettonie, Malte, le Portugal, la Roumanie et la Suède. Cela conduit à une couverture insuffisante des routes TEN T RTE-T que ces États membres traversent et, par conséquent, à des problèmes transfrontaliers avec tous leurs voisins. Il y a de problèmes transfrontaliers en particulier entre les états membres voisins ou avec des liens: Autriche / Hongrie, Autriche / Italie, Belgique / Allemagne / Allemagne, Bulgarie / Roumanie, Allemagne / Danemark / Danemark, Allemagne / Allemagne / Pays-Bas, Danemark / Suède, Grèce / Italie, Estonie / Lettonie, Croatie / Hongrie, Hongrie / Hongrie / Roumanie, Hongrie / Hongrie / Slovaquie, Irlande / Royaume-Uni, Italie / Malte et Lettonie / Lituanie.

Sur la base des objectifs fournis par les États, il est clair que certaines parties de la route TEN T RTE-T Core resteront sans infrastructure de ravitaillement en GNL. En

particulier, l'attention devrait être accordée à la partie sud du corridor atlantique et à la continuité transfrontalière du GNL Espagne/Portugal, à la partie sud du corridor scandinave vers la Méditerranée, à la partie centrale et orientale du corridor méditerranéen, à la partie orientale du corridor Rhin-Danube, à l'ensemble du corridor orient-est-méditerranéen et à la partie baltique du corridor de la mer du Nord. L'analyse maritime montre la suffisance des points d'approvisionnement en GNL dans les ports du réseau central TEN T RTE-T et ceux du réseau central TEN T RTE-T des ports internes. Les plans de distribution du GNL dans les ports maritimes et à l'intérieur des terres varient entre des niveaux d'ambition élevés (Finlande, Hongrie et Italie) et aucune considération, laissant un certain nombre de ports sans solution pour le ravitaillement en GNL. Pour la plupart des corridors fluviaux intérieurs, la couverture de l'approvisionnement en GNL est susceptible d'être insuffisante selon les objectifs des Cadres nationaux. Certains États membres visent à exploiter les synergies entre le GNC, le GNL et le transport routier et fluvial.

Seuls huit des FNP contiennent des prévisions de mesures de soutien pour les véhicules lourds GNL, et seule l'Italie les fournit également pour les navires GNL. De nombreux États membres n'ont défini aucune mesure ou mesure seulement ayant un faible impact probable pour le déploiement des points de ravitaillement en GNL. Cela indique, comme l'indiquent explicitement divers cadres, que de nombreux pays comptent sur les fonds de l'UE (par exemple le mécanisme du CEF) pour le déploiement d'un réseau adéquat de ravitaillement en GNL pour les véhicules lourds et les véhicules de transport.

Sur le plan de la sécurité énergétique de l'UE, l'analyse des programmes nationaux révèle que, d'ici 2020, 0,4 % des carburants pétroliers pourraient être remplacés par des carburants alternatifs dans un scénario sans DAFI. D'ici 2030, ce nombre passerait à 1,4, mais certains pays pourraient réduire leur dépendance au pétrole beaucoup plus, comme l'Autriche, qui le réduirait de 13 %.

En ce qui concerne la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans les transports, étant donné le faible niveau d'ambition global des objectifs de la DAFI, la contribution de la CNLC à la politique énergétique et climatique d'ici 2030 est faible. De nombreux pays ne fournissent pas d'estimations au-delà de 2020. La mise en œuvre de la directive pourrait réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dans les transports de 0,4 % d'ici 2020 et de 1,4 % d'ici 2030.

C'est pourquoi, selon la Commission, des mesures sont nécessaires pour remettre sur les rails la contribution des carburants de remplacement afin d'avoir une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre dans les transports et de minimiser

la dépendance de pétrole de l'UE. Toutefois, les États membres dotés de plans ambitieux à moyen et à long terme peuvent montrer l'exemple pour montrer ce qui est possible.

## **Examen DAFI**

La réunion des ministres de l'Environnement et des Transports du 29 au 30 octobre 2018 à Graz (sous la présidence autrichienne de l'UE) s'est achevée par une déclaration intitulée : « Démarrer une nouvelle ère : une mobilité propre, sûre et économique pour l'Europe » dans le but de mettre en œuvre la « Stratégie proposée pour la réduction à long terme des émissions de gaz à effet de serre dans l'UE » adoptée après l'Accord de Paris.

La "Déclaration graz" encourage la Commission européenne à adopter une approche stratégique globale, y compris une stratégie globale de mobilité propre, sûre, accessible et abordable, ainsi que de renforcer l'innovation, « Il est important de noter qu'il y a un besoin d'infrastructures automobiles alternatives après 2020 », a-t-il dit.

Reconnaissant le rôle des nombreuses initiatives, incitations et réglementations en matière de mobilité afin d'assurer une voie claire pour des transports et une mobilité respectueuse de l'environnement fondés sur le principe de la responsabilité collective, la Déclaration appelle à d'autres politiques ambitieuses en matière de mobilité et de transport propres afin d'atteindre les objectifs ambitieux de Paris.

Les ministres réunis dans la ville autrichienne ont besoin d'une approche politique de transformation holistique, combinant les actions et l'exploitation des synergies, y compris le changement de comportement, le partage de concepts, les véhicules propres et zéro émission et carburants alternatifs, numérisation, gestion de la mobilité, logistique des transports plus propre, mobilité active, sécurité et mobilité inclusive, multimode et infrastructures de transport public avec de nouveaux services de mobilité intéressants et abordables et un système de transport entièrement intégré.

Des investissements constants, des cadres de soutien et des mesures incitatives, ainsi que des recherches et des innovations plus poussées sont essentiels pour que cela se produise. Cette transformation claire de la mobilité donnera également un coup de pouce crucial à la croissance économique verte, tout en assurant la compétitivité de l'industrie européenne des transports et de l'automobile et en créant de nouvelles opportunités pour les entreprises et les emplois verts. Les mesures et le financement des politiques doivent être axés sur la mise en œuvre des objectifs du Programme pour

le développement durable à l'horizon 2030 dans la vision à long terme à l'horizon 2050.

Les États membres sont donc appelés à mettre en œuvre les politiques existantes pertinentes en priorité. Avec les villes, les régions, les entreprises et les acteurs des transports, ils devraient être encouragés et soutenus pour accroître leurs efforts en faveur de la mobilité zéro émission par le biais d'incitations et d'outils de financement, qui devraient être fournis, entre autres, au niveau et par une simplification des règles relatives aux aides d'État.

Le premier objectif majeur de l'UE est de promouvoir l'électromobilité en répondant aux besoins d'électrification dans tous les modes de transport et en développant davantage les options européennes de carburant durable décarbonées pour accroître la part des énergies renouvelables dans les transports, tout en renforçant la sécurité d'approvisionnement et la compétitivité de l'industrie européenne.

Il est donc nécessaire d'évaluer le cadre juridique de promotion de l'infrastructure de carburant de remplacement afin de déterminer si et où une mise à niveau pourrait être nécessaire. Il n'est pas secondaire de poursuivre les efforts de recherche et d'innovation en mettant l'accent sur les technologies innovantes de décarbonisation du secteur des transports, y compris la recherche sur les batteries, et de respecter le principe de neutralité technologique en tenant compte l'analyse du cycle de vie du produit.

Il recommande également des actions pour la conduite écologique dans les programmes d'éducation et le lancement de vastes campagnes de comportement durable des consommateurs pour promouvoir les styles de conduite économes en énergie, l'achat de véhicules à faibles émissions et zéro émission et promouvoir la coopération européenne avec des plates-formes et des partenariats tels que la Plateforme européenne de gestion de la mobilité (EPOMM) et la révision des politiques de plans de mobilité urbaine durable (SUMP).

En outre, les États membres et la Commission européenne sont invités à intensifier leur coopération dans les processus internationaux visant à la mobilité et aux transports à faible émission de carbone et respectueux de l'environnement, tels que l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), l'Organisation maritime internationale et la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (UNECE) /Organisation mondiale de la Santé (OMS) sur les transports sanitaires et environnementaux et contribuent en particulier au transport sanitaire et environnemental et contribuent en particulier à la Commission économique des

Nations Unies pour l'Europe (UNECE)/Organisation mondiale de la Santé (OMS) sur les transports pour la santé et l'environnement et contribuer en particulier au transport sanitaire et environnemental et contribuer en particulier au transport sanitaire et environnemental en préparation de la cinquième réunion ministérielle paneuropéenne de haut niveau sur les transports, la santé et l'environnement à Vienne en octobre 2019.

La Déclaration des ministres de l'Environnement et des Transports conclut en appelant la Commission européenne à s'appuyer sur ces principes et actions proposés et à élaborer et mettre en œuvre la stratégie globale et la voie vers une mobilité durable, propre et sûre, l'Europe, avec des projets adéquats d'ici 2021.

Toujours en octobre 2018, le Parlement a également demandé un examen de Dafi, soulignant l'importance des mesures à prendre pour accélérer l'introduction de véhicules à faibles ou zéro émission sur le marché et la mise en œuvre d'infrastructures adéquates de ravitaillement/recharge.

La Commission européenne a donc entamé le processus d'évaluation de l'efficacité de la DAFI, en lançant une consultation qui s'est terminée en mars 2019, et s'est donné le temps de conclure la vérification et la formulation de toute proposition supplémentaire sur le deuxième trimestre de 2020.

Au cours de la même période, de nombreux producteurs ont fait part de leurs préoccupations - reçues par la Commission - au sujet des retards dans la construction des infrastructures. Selon l'exécutif européen, la planification nationale sur certains marchés ne reflète pas adéquatement les estimations de croissance, en particulier en ce qui concerne les voitures électriques et le GNL. navires alimentés au GNL, en particulier en Méditerranée.

Les contributions reçues par la Commission seront résumées dans un rapport qui expliquera quelles suggestions peuvent être suivies et lesquelles ne seront pas prises en considération, avec leurs raisons. Les résultats seront présentés lors d'un prochain atelier avec les intervenants et un forum ultérieur de la Commission sur les transports durables sera utilisé pour faciliter l'échange d'information entre les intervenants.

Selon la Commission, la stratégie climatique à long terme montre comment l'Europe peut ouvrir la voie à une économie neutre sur le plan climatique d'ici 2050, à commencer par la directive DAFI, qui visait à créer un cadre commun du changement climatique. Les mesures visant à construire un réseau d'infrastructures pour les véhicules et les bateaux visent à réduire la dépendance au pétrole et à atténuer les impacts environnementaux.

## Planification énergétique - environnement portuaire

Le pays qui, plus que d'autres, a mis l'accent stratégiquement sur l'utilisation généralisée du GNL dans le contexte des stratégies portuaires en matière d'énergie et d'environnement est l'Italie, qui a adopté le Décret ministériel 408 du 17 décembre 2018 du Directeur général pour le climat et ministère de l'Environnement, de la Protection des terres et de la mer, en consultation avec le Directeur général pour la surveillance des autorités portuaires, des infrastructures portuaires et du transport maritime et des voies navigables intérieures du Ministère des infrastructures et transports, les "Lignes guide pour la préparation de documents de planification énergie-environnement pour les systèmes portuaires" dont le Journal Officiel de la République italienne 301 du 29 décembre 2018 a été annoncé.

Ce décret ministériel a été prévu par le décret législatif du 13 décembre 2017 qui réglementait les activités des autorités du système portuaire également en matière de durabilité environnementale, stipulant que la planification du système portuaire (qui peut Un ou plusieurs ports nationaux) devrait respecter les critères de durabilité énergétique et environnementale, conformément aux politiques promues par les directives européennes existantes sur le sujet.

Dans ces objectifs, les autorités du système portuaire (AdsP) doivent promouvoir la rédaction du Document de planification énergétique et environnementale (DEASP), dans le but de poursuivre des objectifs appropriés, en mettant l'accent sur la réduction des émissions de Co2. Les DEASP, qui relèvent de la responsabilité des autorités portuaires individuelles, doivent donc être élaborés sur la base de lignes directrices gouvernementales qui définissent les lignes directrices stratégiques pour la mise en œuvre de mesures spécifiques afin d'améliorer l'efficacité l'énergie renouvelable dans la zone portuaire.

Les lignes guide stipulent que dans un délai fixe, des interventions et des mesures à mettre en œuvre, avec une évaluation préalable de la faisabilité technique et économique, également par le biais d'analyses coûts-avantages. Un autre aspect clé est la coordination entre les interventions et les mesures environnementales avec la planification des interventions d'infrastructure dans l'ensemble du système portuaire et enfin les mesures de suivi mises en œuvre, pour l'évaluation de leur efficacité.

Il est important de noter que les DEASP sont des actes formellement indépendants de la planification générale du système portuaire et qu'ils sont adoptés directement par le DEASP, sans avoir besoin d'approbation par des entités apparentées ou parentes. C'est nouveau dans la législation traditionnelle régissant les activités de l'adsP, qui

doit se coordonner avec d'autres autorités territoriales, telles que les municipalités et les régions. Pour cette raison, l'outil « mince et opérationnel » des Lignes guide peut être examiné et peut-être mis à jour tous les trois ans, afin d'assurer sa cohérence avec l'évolution technologique et réglementaire.

Les DEASP sont donc un support technique aux Plans de Régulation du Système Portuaire (PRdSP) où les premiers se réfèrent à la situation réelle des ports, tandis que les seconds prévoient leur développement futur, modifiant également les destinations d'utilisation des zones et les propriétés. Si les plans de réglementation modifient considérablement la structure de référence des DEASP, ils devront être ajustés.

Pour la rédaction du DEASP, deux points semblent les plus qualifiés : l'extension de l'évaluation technique et économique des interventions au "coût global" des interventions, analysés individuellement et dans leur ensemble ; l'évaluation de l'« empreinte charbon » du système portuaire, comme l'exigent l'UNI ISO 14064 et les protocoles de mise en œuvre connexes.

## **Le GNL dans le DEASP**

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'un des plus grands avantages de l'utilisation du GNL est qu'il peut être utilisé dans une variété d'activités, ce qui rend l'infrastructure d'approvisionnement et de distribution plus économiquement viable. En outre, étant en mesure de l'utiliser à tous les stades de la logistique portuaire et au-delà, il étend ses avantages environnementaux dans des zones industrielles plus larges au point de former des couloirs de transit à longue distance et à faible impact.

Conformément au décret législatif DAFI, le DEASP prévoit dans les stratégies d'adaptation énergétique et environnementale des ports la fourniture de grands navires avec du GNL, et donc la construction de l'infrastructure nécessaire pour les approvisionnements et n'exclut pas mesures incitatives pour les armateurs qui souhaitent adapter eux-mêmes les navires. Ce qui est nouveau, c'est que le DEASP ne se limite pas à l'utilisation du GNL comme carburant maritime, mais qu'il devrait être utilisé « pour l'équipement et les véhicules de service » dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique des installations et des installations, lorsqu'il n'est pas possible ou pratique électrifier la consommation.

Les Lignes guide exigent que la Conférence nationale des autorités portuaires coordonne les politiques à adopter dans les différents DEASP concernant l'infrastructure électrique des navires méthaniers et toutes les autres utilisations de

ce carburant. Dans tous les cas, il est essentiel de réserver l'espace nécessaire dans la zone portuaire pour les usines de GNL, en privilégiant les navires qui utilisent ce carburant.

Les lignes guide soulignent également que bien que l'utilisation du GNL garantisse des réductions significatives des émissions polluantes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM), elle présente certains points critiques concernant les émissions de changement climatique dans la phase de stockage, tant dans les usines tant dans les véhicules.

Entre autres possibilités de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, le document rappelle les centres intermodaux et les connexions qui permettent une plus grande utilisation de modes de transport plus économes en énergie que le transport routier (par exemple le terminal ferroviaire s'est installé, la construction de nouvelles ventes aux enchères ferroviaires sur des plates-formes spécifiques, des liaisons ferroviaires avec des centres intermodaux situés à l'extérieur du port).

À cet égard, il convient de mentionner le projet en cours en Espagne du « corridor Ménas maritime » qui reliera le port de Huelva par chemin de fer, aux locomotives GNL, et au port interport ADIF de Majorabique, dans l'arrière-pays de Séville, il y aura également une station de GNL pour les camions. Pour ce faire, le stockage du rameur Huelva sera adapté aux activités du GNL à petite échelle.

Pour les opérations de chargement/déchargement des navires ayant un meilleur indice d'efficacité énergétique (les Lignes guide pour ces activités suggèrent la méthodologie de l'indice de conception de l'efficacité énergétique (EEDI), rappelant les expériences déjà faites avec l'utilisation du GNL dans les chariots élévateurs pour le déchargement des marchandises et des conteneurs, mais aussi pour les proxénètes, les empileurs, les tracteurs, les grues mobiles en général.

Il s'agit également d'une référence à la récupération et à la réutilisation directe des réfrigérateurs à partir de procédés cryogéniques, comme dans le cas du GNL, conservé à -162 degrés.

Dans le domaine de la logistique portuaire, compte tenu des moyens de manutention et de transport, les interventions de remplacement comprennent également les véhicules GNL. Dans ces cas, les externalités environnementales typiques des transports : émissions, bruit, accidents, embouteillages doivent être évaluées.

Les lignes guide accordent également une attention particulière au dragage, à la complexité de l'analyse coûts-avantages. Les dragueurs utilisent du carburant pour la navigation et le travail. En outre, les émissions d'un dragueur dépendent, mais de nombreux facteurs, tels que les distances parcourues, le type de fond marin et les matériaux traités, l'efficacité des pompes. Les lignes directrices rappellent les orientations de l'AuDA, l'association européenne du secteur, qui, après une première suggestion de passage des carburants traditionnels à haute teneur en soufre aux carburants à faible teneur en soufre, est passée au GNL. Dragage à GNL sont déjà actifs et en construction dans le monde entier.

Étant donné la nécessité de fournir des systèmes de fourniture d'électricité aux navires arrêtés dans les ports (repassage à froid ou alimentation électrique à terre), les Lignes guide font écho à une proposition contenue dans les Lignes directrices pour la rédaction des plans de réglementation du système portuaire publié par le MIT en mars 2017, il étend l'idée de la gestion portuaire unique comme "portgrid", avec une refonte complète du système de transport, de distribution et d'utilisation de l'électricité.

Les deux documents ne mentionnent pas les risques d'une alimentation insuffisante de la part des réseaux électriques pour faire face à la nouvelle demande, et les coûts de leur remise à neuf, ainsi que la possibilité d'avoir une production à partir de sources renouvelables, mais il pourrait difficilement être possible pour combler les lacunes du réseau électrique existant. Toutefois, compte tenu de l'évolution réglementaire de la mise en œuvre de systèmes d'autoproduction et d'autoconsommation fermés, l'idée d'un port autosuffisant en énergie pourrait être plus facilement mise en œuvre avec l'utilisation du GNL.

L'hypothèse de microturbines alimentées par du GNL à certains quais a été formulée à plusieurs reprises dans le passé, et une hypothèse explicite a été formulée pour le port de Vado Ligure. Pour le moment, cependant, il n'y a aucun rapport de réalisations. En outre, la propagation du GNL comme carburant maritime, en particulier pour les navires de croisière, ceux qui s'arrêtent au port ont plus d'émissions, et qui pourraient continuer à se nourrir même pendant les arrêts.

En outre, la croissance de la capacité de stockage d'énergie des batteries électrochimiques (par rapport à leur poids et leur taille) pourrait bientôt permettre leur utilisation lors des arrêts. Des expériences sont déjà en cours, grâce aux innovations technologiques qui permettent de mettre en marche les batteries pendant la navigation.

## Conclusions

Dans les années de la gestation de la directive DAFI, on a estimé que le développement du GNL dans le secteur maritime suivrait l'intérêt économique des armateurs, compte tenu de l'accessibilité des prix par rapport aux dérivés pétroliers et de la perspective d'une plus grande réglementation de la protection de l'environnement. La directive sur la teneur en soufre des carburants n'avait pas encore été mise en œuvre par les États membres, mais la mesure avait déjà été décidée par l'IMO et on savait que l'UE la transmettrait dans une directive.

On pensait donc que le plus grand coup de pouce proviendrait des ferries, étant donné le coût relatif plus élevé du carburant par rapport aux autres activités de transport maritime. L'activité des traversiers semblait également avoir un autre avantage, la destination ponctuelle, un point qui réduit le besoin de points d'approvisionnement.

La chute des prix du pétrole, en revanche, semble avoir ralenti les choix des propriétaires de traversiers, tandis que la sensibilité aux questions environnementales s'est considérablement accrue, ainsi que dans le domaine du transport terrestre, ce qui a mis en évidence les choix des propriétaires de croisières, plus sensibles à l'humeur des clients. Il convient d'ajouter que le coût du carburant pour l'activité de croisière est également relativement moins important que dans d'autres secteurs.

Le choix fort pour les navires de croisière, couplé avec le phénomène de « géantisme » des navires, a également nécessairement affecté les perspectives pour les installations de ravitaillement, qui se sont concentrés davantage sur "navire à navire" plutôt que de ravitaillement " camion à expédier " à partir du bord de la jetée. La première est essentielle car l'approvisionnement des navires de croisière nécessite des milliers de mètres cubes de GNL, tandis que pour les ferries des centaines sont suffisantes, et donc reconstitués par un petit nombre de pétroliers.

Dans le même temps, l'enthousiasme initial pour la construction rapide d'infrastructures et, par conséquent, les prévisions des Cadres stratégiques nationaux sur le GNL dans le cadre de la directive DAFI - se sont estompés, en particulier en Méditerranée, où les ports sont presque tous les citoyens et saturés d'activité. Cela a accru l'importance des grands gisements « primaires » de GNL associés aux rameurs, mieux s'ils sont à terre.

Grâce à l'augmentation de la capacité d'organisation et de planification des pays du nord de l'Europe et à la disponibilité d'espaces portuaires, les activités maritimes du GNL se sont développées principalement dans la Baltique et la mer du Nord. La création de la zone ECA a également joué un rôle important dans ces domaines, avec une limite de teneur en soufre de 0,1 % depuis janvier 2015. L'incertitude régnait toutefois sur cette zone géographique, et le secteur ne s'est pas développé comme initialement avait été supposé.

Dans les choix des armateurs, y compris pour le nouveau navire, l'introduction d'épurateurs a prévalu, malgré leur poids, ce qui augmente la consommation de navigation, la gestion complexe des boues d'épuration et le risque de prix des dérivés pétroliers dans un Le marché, cependant, se contractera en raison de la réglementation environnementale de plus en plus stricte, qui avec une détermination croissante l'objectif de remplacer le pétrole dans toutes ses utilisations.

Dans le sud de l'Europe, le plus grand développement a été dans le transport terrestre de GNL, et encore en raison de la prédominance des aspects environnementaux sur les aspects économiques. En effet, les principaux acteurs de la distribution alimentaire ont demandé aux transporteurs de minimiser l'impact environnemental du transport afin de pouvoir associer les conditions de commercialisation à la qualité du produit avec la qualité du transport.

Les fabricants de camions ont réagi rapidement, en particulier dans les pays où le transport du gaz naturel est plus traditionnel, comme les Pays-Bas et l'Italie, ou avec une disponibilité accrue du GNL, comme l'Espagne. Aujourd'hui, le marché du GNL pour les transports lourds semble avoir décollé pour de bon et, depuis la région du Sud, il s'étend également à l'Europe du Nord. Des centaines de stations-service fonctionnent actuellement et environ 6000 camions circulent déjà à travers l'Europe.

Un coup de pouce majeur à ce développement est le doublement des réservoirs de camions, qui vous permet de parcourir jusqu'à 1500 km sans avoir à faire le plein. Cela a considérablement réduit le besoin de stations-service, même si leur relocalisation, qui a eu lieu la plupart du temps spontanément, laisse des zones ouvertes à l'intérieur et transfrontalières, comme l'analyse de la Commission de la première phase de mise en œuvre du DAFI l'a noté.

L'analyse du transport terrestre de GNL est soulignée ici parce que l'expérience de ces dernières années a démontré le lien étroit avec le secteur maritime. En plus de l'expérience de la Sardaigne, un cas particulier parce qu'une grande île n'est pas méthanisée, tous les dépôts côtiers en cours de construction basent leur compte

économique sur la prévalence initiale de ce type de demande, en attendant que les dépôts maritimes se développent.

Enfin, il est partagé à tous les niveaux que la réduction de l'impact environnemental des transports dans son ensemble nécessite des politiques d'intermodalité fortes, basées en Europe sur les principaux corridors de TEN T RTE-T. Cela signifie que les marchandises arrivant à n'importe quel port doivent pouvoir être déplacées vers des véhicules qui utilisent également du GNL (ou électrique si de sources renouvelables).

L'idée que, dans une telle stratégie, toutes les autres activités portuaires qui nécessitent une force motrice d'adopter le GNL semble être une trivialité, mais jusqu'à présent l'attention nécessaire n'a pas été consacrée au niveau local, mais aussi centrale à l'Europe. En témoigne la rareté des adresses et des prévisions à cet égard dans les plans stratégiques de développement énergétique et environnemental et de renouvellement des ports, en particulier méditerranéens.

Si, dans les années à venir, le ravitaillement de navire à navire prévaudra dans les dépôts qui ne sont pas nécessairement situés dans les ports, il y aura certainement une station-service capable de fournir du GNL aux camions arrivant et partant, les autres moyens de transport dans le port, turbines pour la production intermittente d'électricité ainsi que la trigénération (électricité, chaleur et froid) pour les bâtiments.

Non pas qu'il n'y ait pas d'expériences individuelles sur des activités spécifiques, mais ce qui semble encore manquer, c'est la vision d'ensemble et la volonté stratégique. Plus de six mois après sa promulgation, le décret ministériel italien de l'ASP n'a encore été examiné par aucune autorité portuaire ou autre administration chargée de la planification des activités portuaires.

## 2. Environnement de marché du GNL

Nord-Ouest de la Méditerranée, ports principaux dans la région



- Barcelone
- Marseille
- Gênes
- Livourne

La Méditerranée du Nord-Ouest se compose des eaux qui sous-tendent la côte continentale européenne entre Barcelone et Orbetello comprenant les côtes de la Corse et de la Sardaigne occidentale.

Dans cette zone, les principaux ports en termes de trafic maritime et de services de sécurité sont Barcelone, Marseille, Gênes et Livourne.

### **Consommation en Méditerranée et dans les principaux ports de la région (Mt/a)**

Ces dernières années, la consommation de produits pétroliers destinés au transport maritime en Méditerranée a

18 Mt/a tant en termes de ventes que de volumes par niveau de navigation. La consommation de conteneurs, de mésausiers et de cargos prévaut (74 %), tandis que la consommation de passagers et de véhicules pèse 22 %.

Les ventes de bunkers en Méditerranée, dans les ports d'Espagne, d'Italie et de France, pèsent environ 45%. Le rôle des ports stratégiques de la Méditerranée occidentale tels que Gibraltar 21% et Malte (11%).

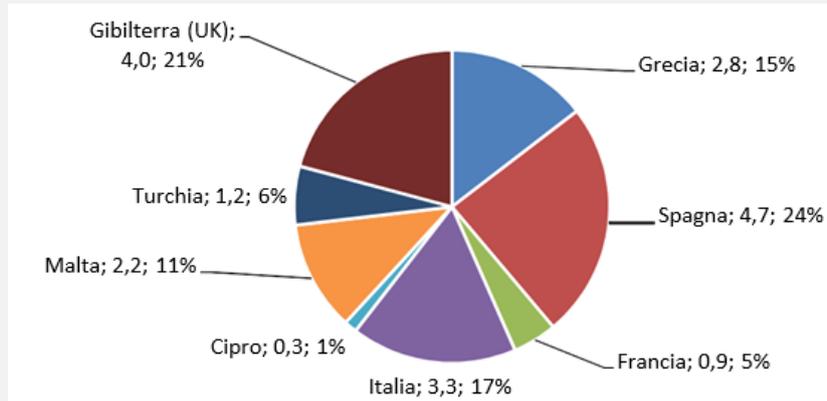
Vente de produits pétroliers pour le bunkering dans les ports de la région

Marseille-Fos 0,6 Mt/a

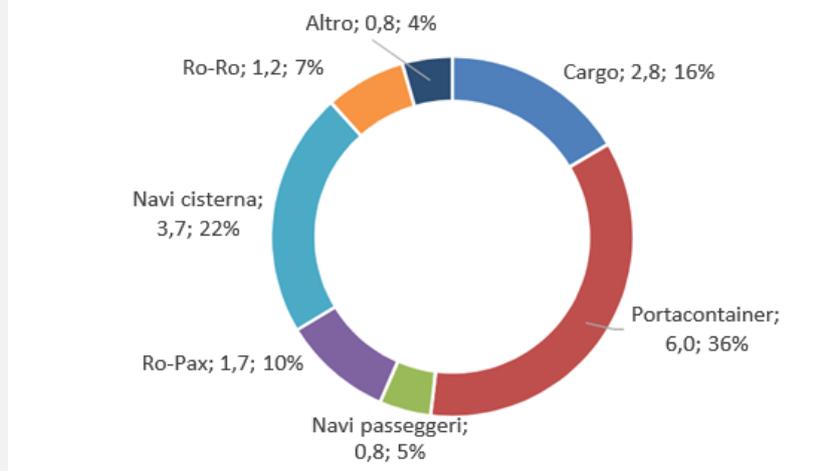
Barcelone 0,9 Mt/a

Gênes 0,9 Mt/a

Livourne 0,5 Mt/a

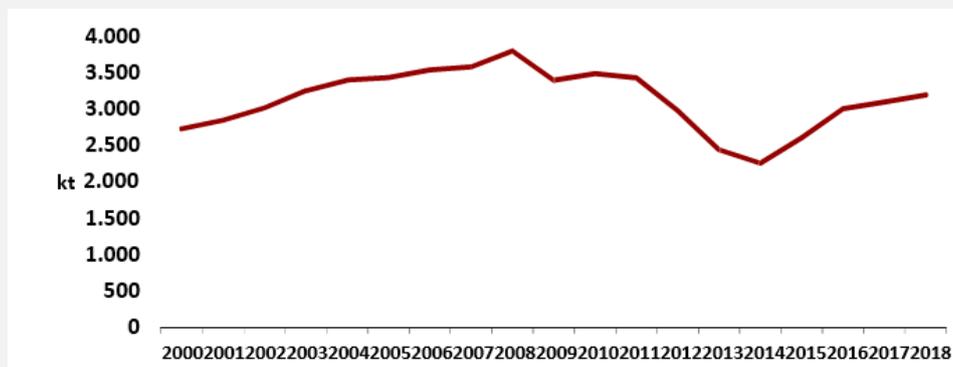


Fonte: elaborazioni e stime REF-E su dati Eurostat

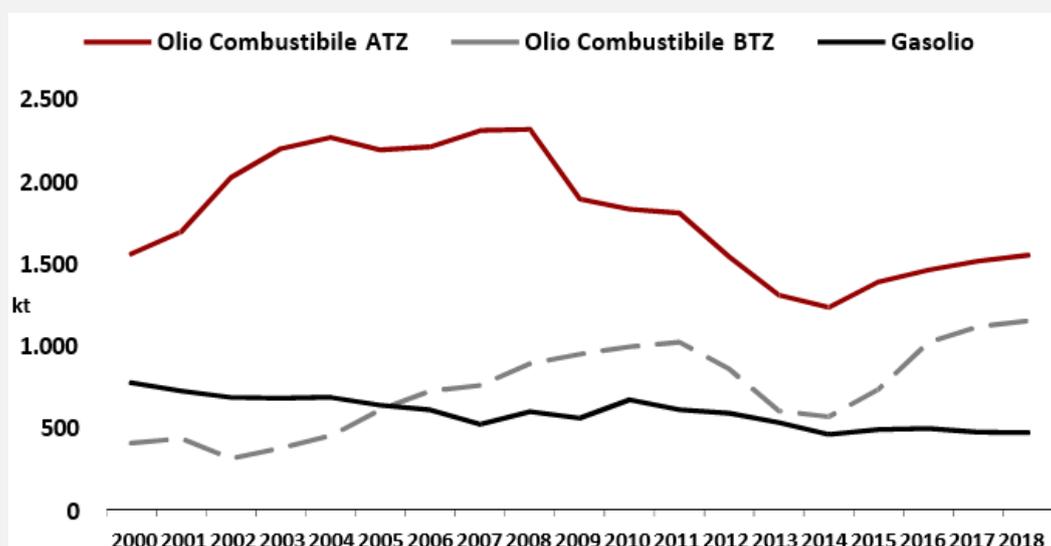


Fonte: elaborazioni REF-E su dati IIASA

La consommation totale de produits pétroliers enregistrée par l'ESM pour 2018 s'est élevée à environ 3 189 000 tonnes, soit une augmentation de 3 % par rapport à 3 091 tonnes en 2017. En tant que moyen, la tendance à la croissance de ces dernières années s'est poursuivie, bien qu'avec un ralentissement par rapport aux augmentations de 2015 (hausse de 16 %) 2016 (hausse de 15 %). La consommation par bunkering en 2014 avait atteint son plus bas niveau depuis 2000. Toutefois, le niveau actuel est toujours inférieur aux niveaux enregistrés entre 2003 et 2011.



Le fioul lourd le plus largement utilisé est le fioul lourd ATZ (haute teneur en soufre), qui représente en moyenne 60 % du total des bunkers au cours de la période considérée, qui a représenté 50 % de la consommation en 2018. Toujours en 2018, le fioul lourd BTZ (faible teneur en soufre) pesait 35 %, tandis que le diesel représentait environ 15 % des approvisionnements des soutes (figure x). En vertu de la réglementation actuelle, la teneur maximale en soufre autorisée dans les carburants maritimes est de 3,5 % pour le fioul lourd ATZ; 1 % pour le fioul lourd BTZ; 0,1 % pour le diesel marin. À partir du 1er janvier 2020, selon la décision finale de l'IMO, la nouvelle limite de 0,5 teneur maximale en soufre dans les carburants maritimes entrera en vigueur à l'échelle mondiale.



### Prix des carburants maritimes dans les ports italiens

"Au cours des neuf premiers mois de 2018, il y a eu une tendance significative à la croissance des prix des produits pétroliers pour les bunkers enregistrés dans les ports italiens, qui a été radicalement inversée dans les derniers mois de l'année, avec des prix en Décembre retour aux niveaux de la fin 2017. Au premier semestre 2019, les prix du carburant de mer se sont redressés mais ne se sont pas redressés par rapport aux niveaux de fin 2018.

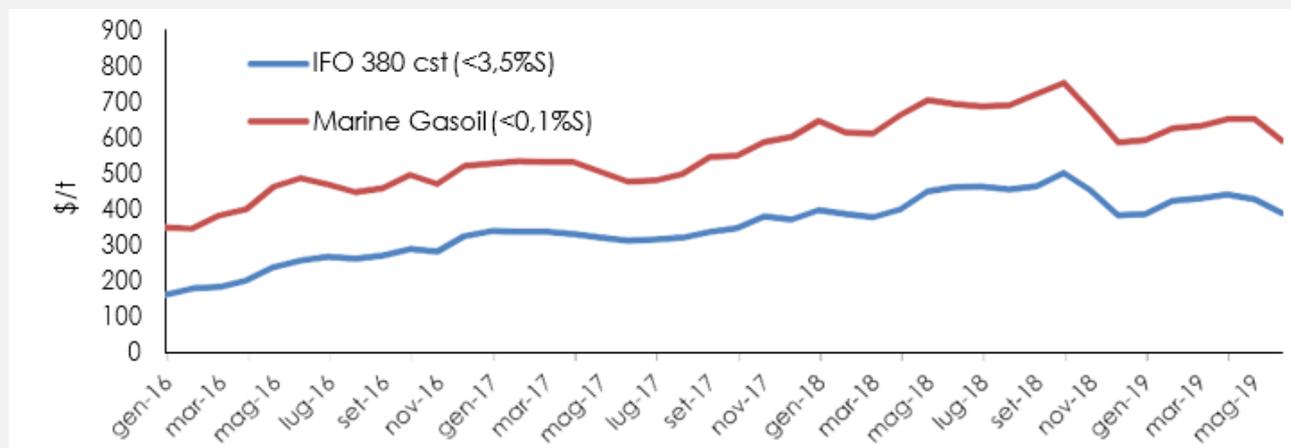
"En juin 2019, le prix du diesel marin a atteint 686 \$/t, en hausse de 12% par rapport à décembre 2018. L'IFO 380 < 3,5%S à la fin du premier semestre 2019 a enregistré une hausse de 17% par rapport au prix de janvier 2018.

« Au premier semestre 2019, l'écart de prix entre le diesel marin et les fioul lourd s'est élevé en moyenne à environ 226 \$/t, soit une légère augmentation par rapport au semestre précédent.

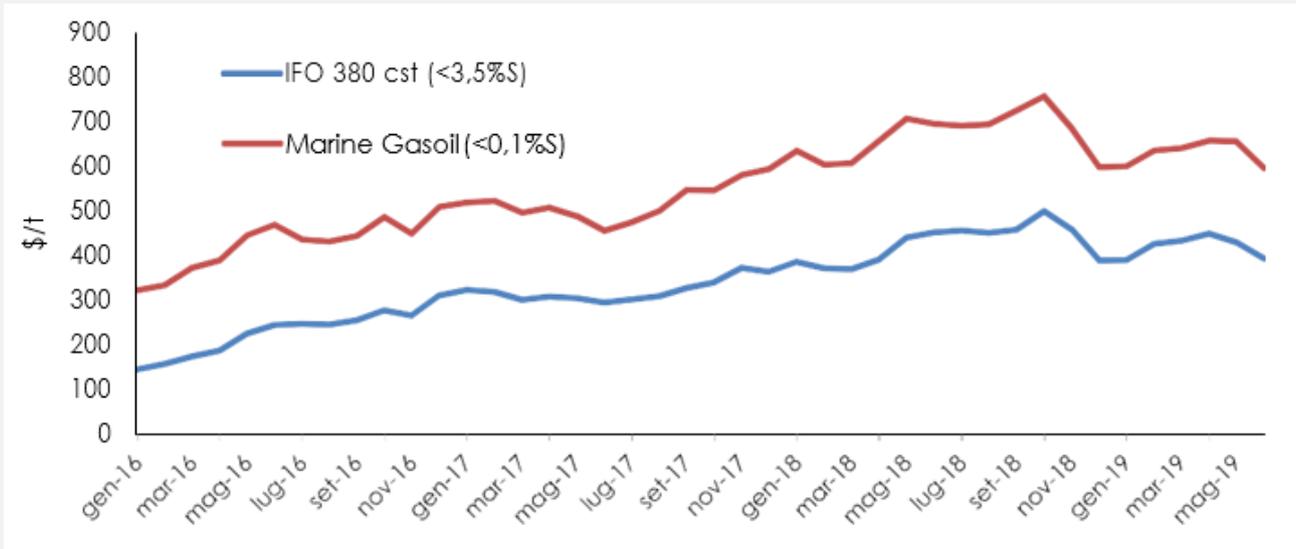


## Prix du carburant de mer dans les ports de la région 2016-2019

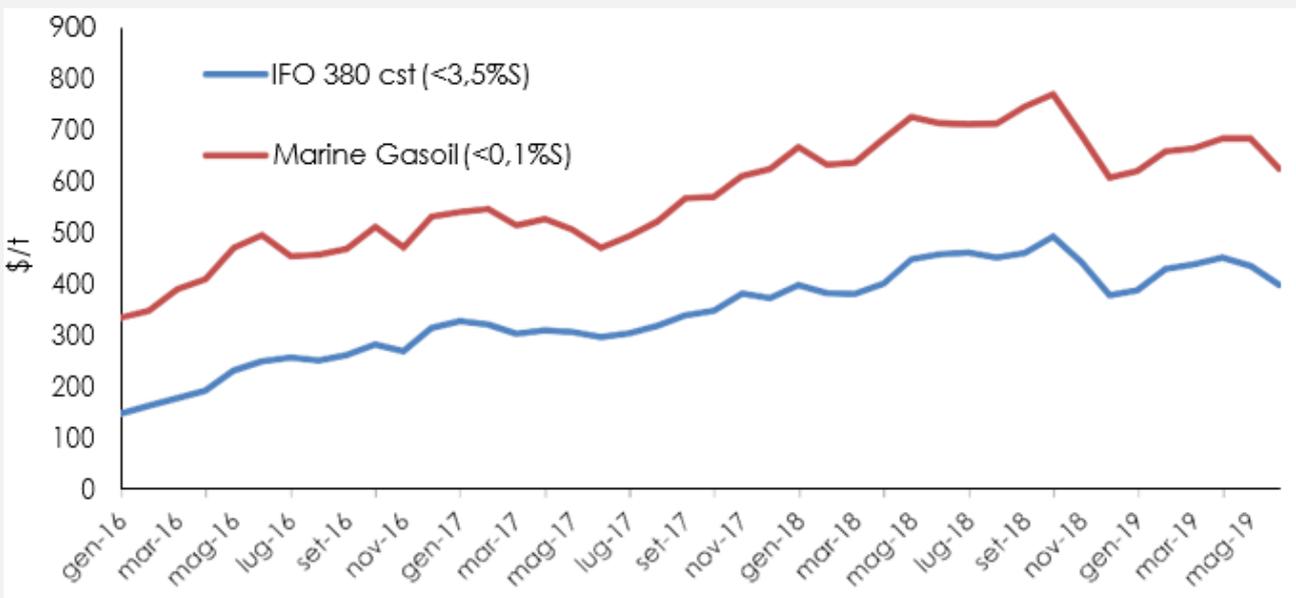
### Barcelone



### Fos\_Marseilles



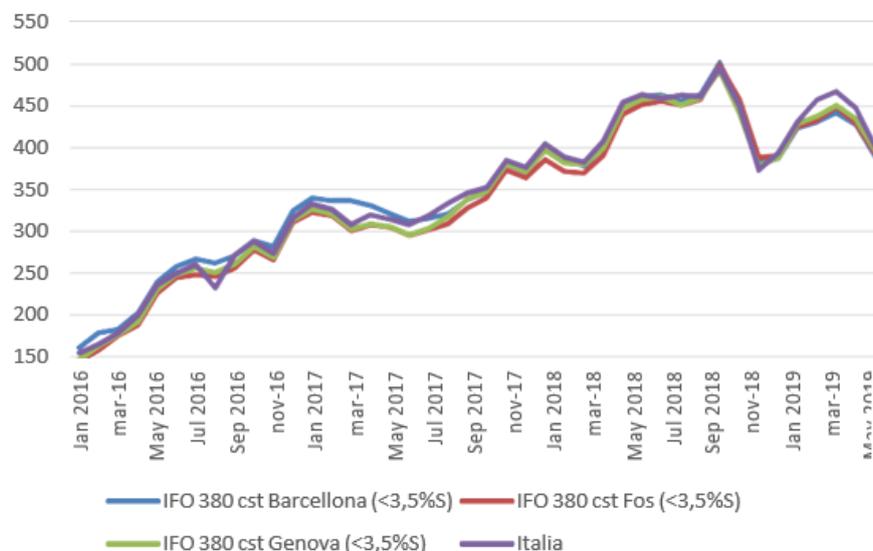
## Gênes



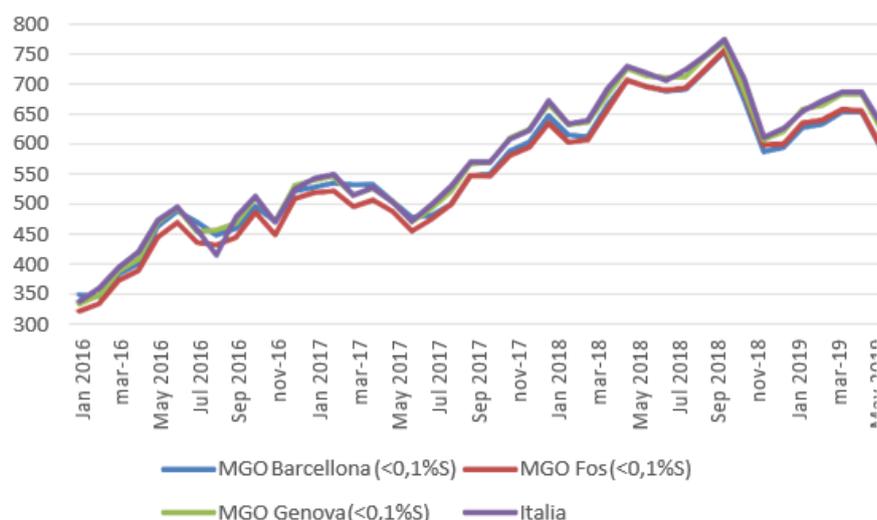
## Différences dans les prix du carburant maritime dans les ports de la région

- L'analyse de l'évolution des prix des deux principaux types de produits pétroliers utilisés pour le bunkering montre dans les trois principaux ports de la Méditerranée du Nord-Ouest (et aussi par rapport aux prix moyens du marché italien dans son ensemble), montre des tendances qui sont largement alignés avec des différences très limitées.

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



### MGO < 0,1% S



Navires à GNL opérationnels en août 2019

- Le premier navire à moteur GNL dans les ports italiens, le ferry "Elio" de Caronte & Tourists, qui navigue entre Messine et Villa San Giovanni, est entré en service en novembre 2018. Le navire est équipé de deux réservoirs de GNL de 150 mc chacun. À l'heure actuelle, le navire est propulsé par MDO.

« Depuis le début de 2019, le navire de croisière « Aidanova » du Groupe Carnival opère en Méditerranée, faisant escale dans les ports italiens et fait opérations de bunkering au GNL dans le port de Barcelone ou dans les ports de Canaries.

« Entre janvier et juillet 2019, deux nouveaux traversiers méthaniers de la société Baleària, construits dans les chantiers navals de Visentini, sont entrés en service. Les deux navires 'Hypatia de Alejandria' et Marie Curie opèrent sur les routes de Barcelone et Valence vers les îles Baléares respectivement. Dans le même temps, Baleària a modernisé deux ferries de GNL sur la route de l'Atlantique entre Huelva et les îles Canaries.

#### Nouveaux navires méthaniers attendus en Méditerranée

- Le premier navire MéThan de Costa Cruises (Carnival Group), "Emerald Coast", arrivera dans le port de Savona début novembre. Le deuxième navire de croisière "Costa Toscane", la sœur de la "Côte d'émeraude", est prévue pour la livraison en 2021.
- MSC Croisières, basée dans le port de Gênes, a officialisé en 2017 la commande à STX France pour la construction de quatre navires de plus de 200.000 tonnes, propulsés par GNL, dont le premier, "MSC Grandiosa" sera livré fin 2019.

« Entre la fin de 2019 et 2021, 5 autres ferries de GNL Baleària devraient entrer en service sur les routes méditerranéennes, y compris un nouveau navire construit dans des chantiers navals armon en Espagne et 4 avec retrofit.

« Début 2018, le contrat conjoint avec les chantiers navals chinois GSI de quatre ferries à double combustible GNL/diesel par Great Fast Ships (GNV) et le groupe Onorato a été annoncé. Fin 2018, GNV a annoncé que les premiers nouveaux ferries commandés ne pourront pas être alimentés au GNL en raison du manque d'infrastructures de bunkering dans le port de Gênes.

"Corsica Ferries a annoncé fin juillet 2019 la commande d'un ferry GNL aux chantiers navals de Visentini qui devrait être opérationnel d'ici 2022

En août 2019, l'image des navires alimentés au GNL opérant en Méditerranée montre une réalité très limitée qui met en évidence le manque d'infrastructures pour l'approvisionnement en GNL dans un domaine crucial pour le trafic maritime mondial.

Le symptôme de cette question est le Caronte & Tourist Dual Fuel Ferry "Helium" qui exploite actuellement le diesel en l'absence de conditions d'approvisionnement en GNL jugées acceptables par la Société.

L'Aidanova est fourni en mode Ship to Ship par Shell via le bunker "Coral Methane" dans les ports des îles Canaries et de Barcelone. Coral Methane fournit du GNL aux installations terminales de LNG Gate dans la région du port de Rotterdam aux Pays-Bas. À l'heure actuelle, des installations de chargement en alliage SSLNG avec des capacités de bunkering sont actuellement disponibles aux terminaux méthaniers du Terranean.

Les deux ferries Baleària opérant en Méditerranée sont fournis par Naturgy (anciennement Natural Fenosa Gas) en mode Camion à Navire depuis les quais des ports de Barcelone et De Valence.

## **Consommation de GNL pour le bunkering en Méditerranée (I Sem. 2019)**

### Résumé I semestre 2019

- Au premier semestre 2019, la première consommation de GNL en Méditerranée a été enregistrée pour l'activité de deux navires régulièrement opérationnels ('Aidanova' et 'Hypatia de Alejandr'a') qui peuvent être estimés à environ 15.000 m<sup>3</sup> (6.450 t), dont les deux tiers sont destinés à la navigation et un tiers pour la navigation par ferry.

«Il est à noter que les opérations de bunkering (à la fois camion à expédier et navire à expédier) à ce stade ont lieu dans le port de Barcelone situé dans le nord-ouest de la Méditerranée, où une partie de l'exploitation des navires concernés tombe.

Du point de vue de la chaîne d'approvisionnement du GNL, il ressort que :

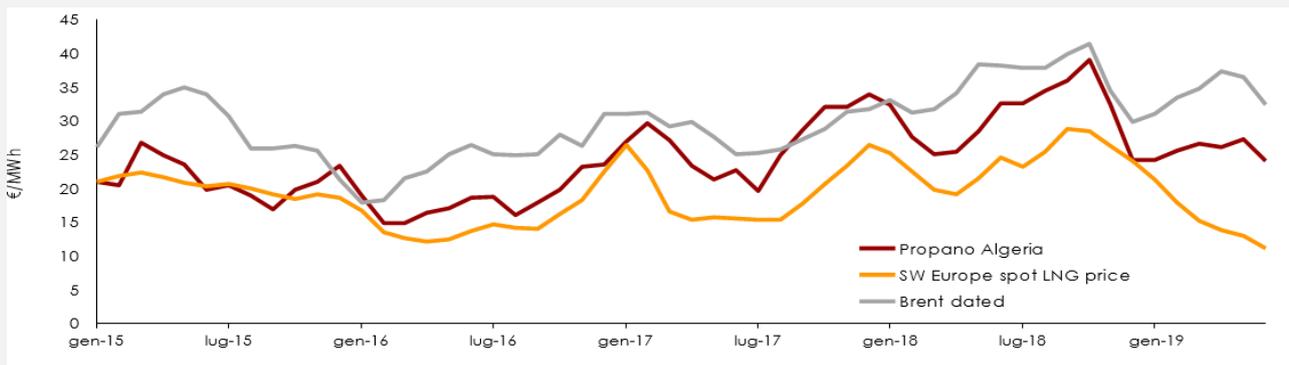
- dans le cas de la fourniture de camions pour expédier le ferry 'Hypatia de Alejandr'a' cela relève entièrement du nord-ouest de la Méditerranée étant donné que les

opérations de chargement de camions de pétroliers ont eu lieu dans les installations de la Terminal de résification de Barcelone;

Dans le cas de la fourniture d'Aidanova, l'installation GNL du bunker « Coral Méthane » se déroule actuellement en dehors de la Méditerranée et seule une partie des opérations debunkering navire-navire a lieu dans les eaux du port de Barcelone.

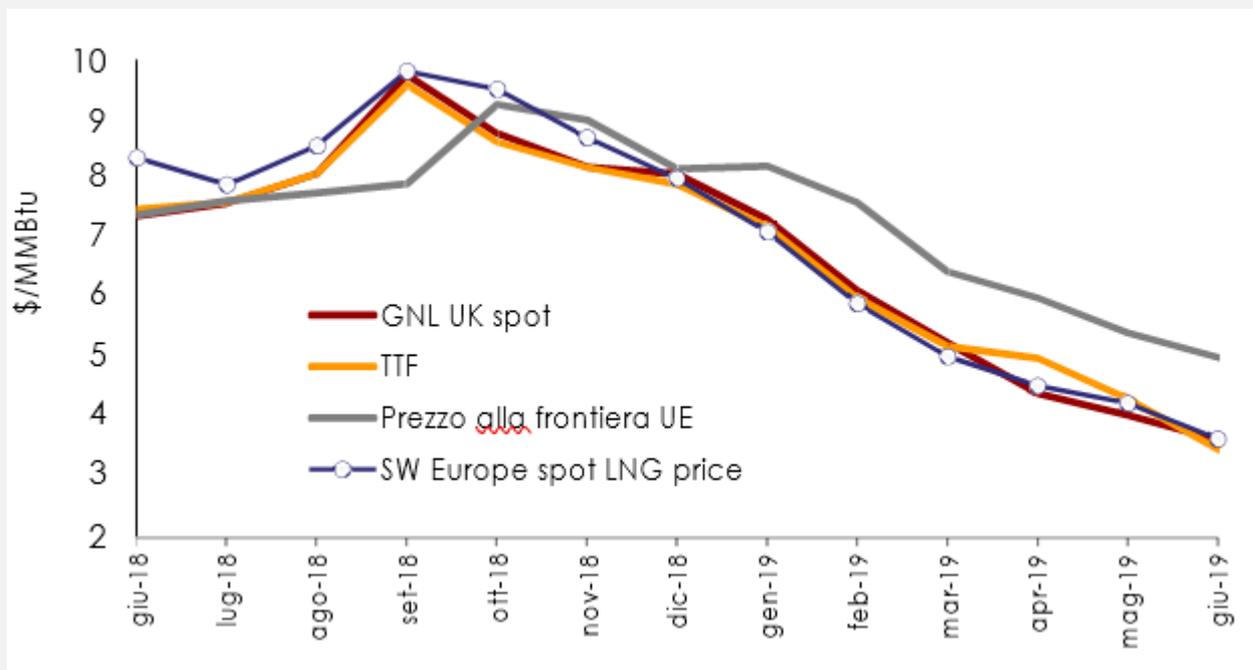
## Compétitivité du GNL dans le transport maritime

- Après avoir chuté au cours des derniers mois de 2018, au premier semestre 2019, le prix du pétrole, mesuré par l'indice Brent, a été sur une tendance à la hausse jusqu'en avril, quand il a inversé la tendance et a diminué pour atteindre 32,35 euros/MWh en Juin, en ligne avec les valeurs du premier trimestre de 2018.
- Au premier semestre 2019, le prix des contrats de GNL au comptant en Méditerranée a suivi sa propre tendance à la baisse amorcée à la fin de 2018. Malgré la hausse du prix du pétrole, les prix du GNL ont poursuivi leur tendance à la baisse, atteignant une valeur de 11/MWh en juin, le plus bas de la série depuis 2011.
- Même au cours des six premiers mois de 2019, la performance des contrats pro-Algérie a suivi celle du Brent, même si la tendance haussière des premiers mois a été moins intense que celle du pétrole.
- La propagation des prix du pétrole et du GNL a considérablement augmenté au cours du semestre. En effet, la tendance haussière qui a caractérisé le Brent jusqu'en avril a été contrastée avec une baisse rapide des prix du GNL qui a maintenu la tendance à la baisse amorcée à la fin de 2018. L'écart de prix est ainsi passé de 5,75 USD/Mwh en décembre 2018 à plus de 21 euros/Mwh en juin 2019. Bien qu'avec moins d'intensité, l'écart entre Brent et propano Algérie a également augmenté, passant de 5,61 USD/Mwh en décembre 2018 à plus de 8 euros/MWh en juin, après avoir atteint un maximum d'environ 11/MWh en avril, lorsque le Brent a atteint son pic du semestre.



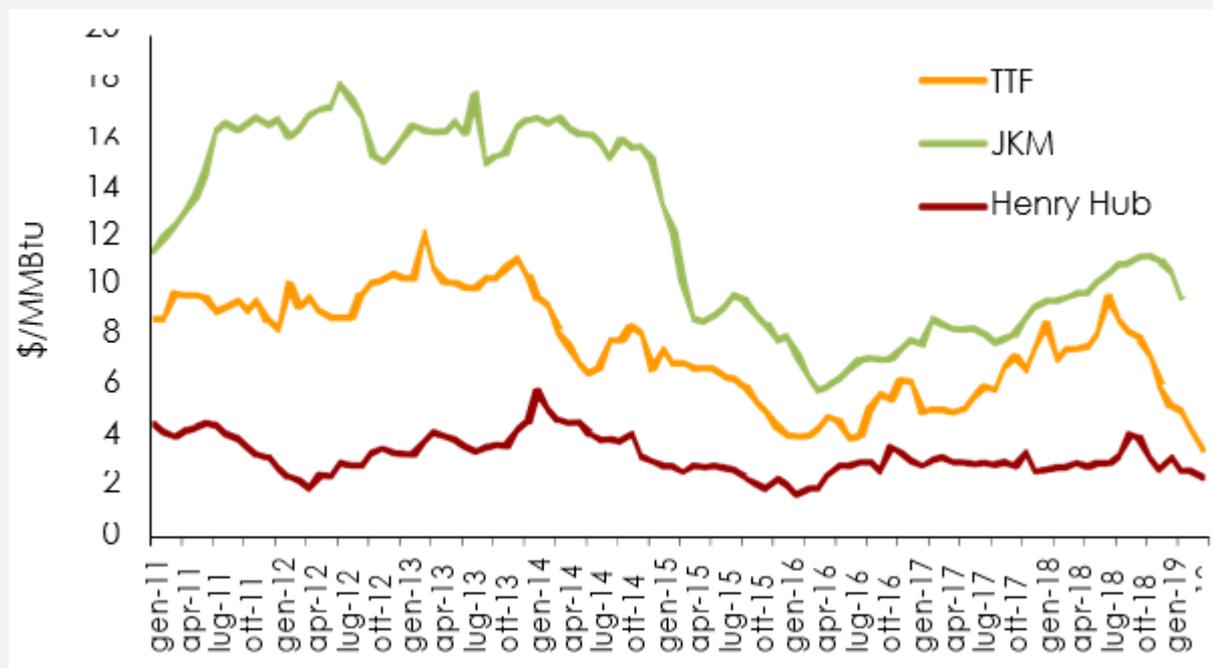
## Prix du gaz et du GNL

Au cours de l'année écoulée, les prix du GNL en Europe ont suivi une tendance à la baisse rapide et constante, liée à celle du gaz naturel. Depuis décembre 2018, le prix au comptant du GNL dans le sud-ouest de l'Europe s'est aligné sur celui du gaz naturel de la TTF, atteignant les valeurs les plus basses de la dernière décennie (3,7/MMBtu),



Jusqu'en 2014, les prix dans les trois grandes régions du monde étaient caractérisés par des différences de prix significatives. Depuis 2015, les écarts dans les indices de référence européens et asiatiques ont progressivement diminué par rapport à l'indice de référence américain. En raison de fortes indexations du pétrole et de l'augmentation de la demande, bien qu'ils aient connu un redressement au cours de l'année, les prix asiatiques ont suivi la tendance du Brent : les écarts avec les prix européens ont augmenté au cours du premier semestre 2019, passant d'environ 2/MWh à 6/MWh. Au cours de cette période, la baisse rapide du prix du TTF en 2019

a permis de réduire considérablement l'écart entre les indices de référence européens et américains.



Différenciant entre les prix ponctuels du GNL et les prix des carburants pour le transport maritime

La forte baisse des prix du GNL au comptant dans les terminaux méditerranéens au cours du premier semestre 2019 a entraîné une hausse significative de l'écart par rapport aux prix du diesel marin, qui ont atteint 33,2 euros/MWh en juin. Même dans le cas des huiles combustibles utilisées pour le bunkering, ce différentiel, qui en décembre 2018 était de 2,9 euros/MWh, en décembre, a connu une forte croissance allant jusqu'à 18,3 euros/MWh à la fin du premier semestre 2019.

Ces valeurs confirment la compétitivité du GNL en tant que combustible maritime qui augmentera à partir du 1er janvier 2020 car les fioul lourdes actuels ne sont plus utilisables. Avec l'entrée en vigueur de la limite mondiale de 0,5 % de soufre, on s'attend à un coût de 30 à 50 % de plus pour les produits pétroliers de bunkering qui sont conformes à la nouvelle réglementation. Une augmentation de seulement 20 % rendrait également l'utilisation du GNL plus compétitive sur le plan structurel que l'utilisation de produits pétroliers < 0,5% S.



### 3. Consommation portuaire, exemples d'efficacité et de réduction des émissions

#### Estimation des besoins énergétiques du port de Livourne

L'estimation de la consommation est basée sur les données fournies par l'Autorité du système portuaire de la mer Tyrrhénienne du Nord, en particulier sur les réponses

aux questionnaires destinés aux opérateurs. L'évaluation a été divisée en trois sections principales :

Consommation due à la manutention des marchandises sur les quais et les remorqueurs.

Consommation due à l'arrêt des navires.

Consommation électrique et thermique pour d'autres utilisations des opérateurs (p. ex. bureaux, entrepôts).

Consommation pour la manutention des marchandises et des remorqueurs

Pour obtenir une estimation globale de l'ensemble du port, la consommation annuelle de tous les véhicules de tous les opérateurs a été ajoutée (l'Administration portuaire signale que le diesel est le carburant principalement utilisé pour les véhicules quai). Voici les opérateurs dont vous n'avez pas de données: Moorers Group, Intercontainers Livourne, Bartoli, Mariter, Commercial Port, Livourne East. Pour estimer la consommation de ces opérateurs manquants, le nombre et le type de moyens à partir de références en ligne ont été obtenus et multipliés par la consommation unitaire de chaque type de moyens dérivés des questionnaires présents des autres opérateurs. En conséquence, l'estimation est très approximative et est d'environ 3 millions de litres de diesel par an (environ 30 GWh), pour l'ensemble du port.

Dans la figure ci-dessous, vous pouvez voir la consommation réelle des opérateurs indiqués et les estimations des opérateurs manquants.

| Mezzi                | Operatori (movimentazione merci ed rimorchiatori/ormeggiatori) |                         |                |                         |                         |                         |               |                         |        |                         |                         |
|----------------------|--|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|--------|-------------------------|-------------------------|
|                      | Terminal Darsena Toscana                                       |                         | Lorenzini & Co |                         | Terminal Calata Orlando |                         | Fratelli Neri |                         | Aferpi |                         |                         |
|                      | Numero   | Consumi totali 2017 [!] | Numero         | Consumi totali 2017 [!] | Numero                  | Consumi totali 2017 [!] | Numero        | Consumi media 16/17 [!] | Numero | Consumi totali 2017 [!] | Totale consumi anno [!] |
| Gru                  | 8  | elettriche              |                |                         | ?                       | 79000                   | 1             | 4185                    | 3      | elettriche?             | 83185                   |
| Reach stacker        | 20   | 710531                  |                |                         |                         |                         |               |                         |        |                         | 710531                  |
| Ralle                | 6  | 42319                   |                |                         |                         |                         |               |                         |        |                         | 42319                   |
| Locomotori           |  |                         |                |                         |                         |                         |               |                         | 5      | 76426                   | 76426                   |
| Mezzi pesanti        |  |                         |                |                         | ?                       | 105000                  | ?             | 105000                  | 2      | 8866                    | 218866                  |
| Fork lift            | 8  | 9599                    |                |                         |                         |                         | 1             | 542                     |        |                         | 10141                   |
| RTG                  | 13   | 342110                  | 4              | 172000                  |                         |                         |               |                         |        |                         | 514110                  |
| GOTT                 |  |                         | 5              | 355000                  |                         |                         |               |                         |        |                         | 355000                  |
| FAN.115              |  |                         | 1              | 12000                   |                         |                         |               |                         |        |                         | 12000                   |
| Flotta rimorchiatori |  |                         |                |                         |                         |                         | 10            | 159235                  |        |                         | 159235                  |
| TOT                  |  | 1104559                 |                | 539000                  |                         | 184000                  |               | 268962                  |        | 85292                   | 2181813                 |

Consommation de carburant traditionnelle pour chaque opérateur et demi.

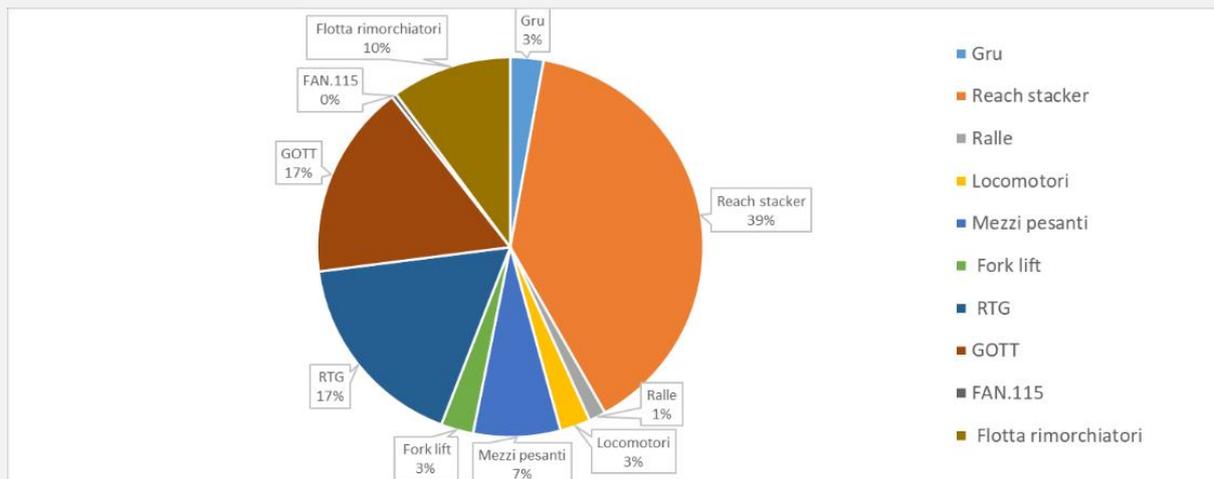
| Mezzi                | STIMA MANCANTI      |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             | Totale consumi anno [l] |             |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------------------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                      | Gruppo ormeggiatori |             | Intercontainers Livorno |             | Bartoli |             | Mariter |             | Porto commerciale |             | Livorno Est |                         |             |
|                      | Numero              | Consumi [l] | Numero                  | Consumi [l] | Numero  | Consumi [l] | Numero  | Consumi [l] | Numero            | Consumi [l] | Numero      |                         | Consumi [l] |
| Gru                  |                     |             |                         |             |         |             |         |             | 3                 | elettriche? |             |                         |             |
| Reach stacker        |                     |             | 5                       | 177632.75   | 1       | 35526.55    |         |             | 6                 | 213159.3    | 1           | 35526.55                | 461845.15   |
| Ralle                |                     |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         |             |
| Locomotori           |                     |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         |             |
| Mezzi pesanti        |                     |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         |             |
| Fork lift            |                     |             |                         |             | 23      | 20031.5625  | 13      | 11322.1875  | 37                | 32224.6875  | 9           | 7838.4375               | 71416.875   |
| RTG                  |                     |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         |             |
| GOTT                 |                     |             |                         |             | 2       | 142000      |         |             |                   |             |             |                         | 142000      |
| FAN.115              |                     |             |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         |             |
| Flotta rimorchiatori | 9                   | 143311.5    |                         |             |         |             |         |             |                   |             |             |                         | 143311.5    |
| TOT                  |                     | 143311.5    |                         | 177632.75   |         | 197558.113  |         | 11322.1875  |                   | 245383.9875 |             | 43364.9875              | 818573.525  |

Estimation de la consommation traditionnelle de carburant pour chaque opérateur et demi.

[A titre de comparaison, ils ont été rapportées les données de deux terminaux à conteneurs du port de Rotterdam et d'un port de Valence (Geerlings et Van Duin 2011; Martinez-Moya, Vazquez-Paja, et Gimenez Maldonado 2019): ]

| Terminal           | Année                 | Votre     | Diesel [l] | Électricité [kWh] | [l <sub>Diesel</sub> /TEU] | [kWh <sub>el</sub> /TEU] |
|--------------------|-----------------------|-----------|------------|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| Port de Livourne   | 2016-2017<br>(médias) | 767.280   | 3.000.387  |                   | 3,91*                      |                          |
| Delta et Rotterdam | 2006                  | 4.300.000 | 17.654.322 | 47.142.857        | 1,42                       | 10,96                    |
| Shortsea Rotterdam | 2006                  | 1.200.000 | 1.900.000  | 11.000.000        | 1,58                       | 9,17                     |
| NCTV - Valence     | 2011                  | 1.915.000 | 6.103.408  | 19.203.800        | 3,19                       | 10,03                    |

\*La consommation n'est probablement pas seulement due à TEU, mais aussi à d'autres types de marchandises (p. ex. vrac liquide, vrac sec, etc.). Au total, TEU devrait avoir le pourcentage le plus élevé de la consommation.



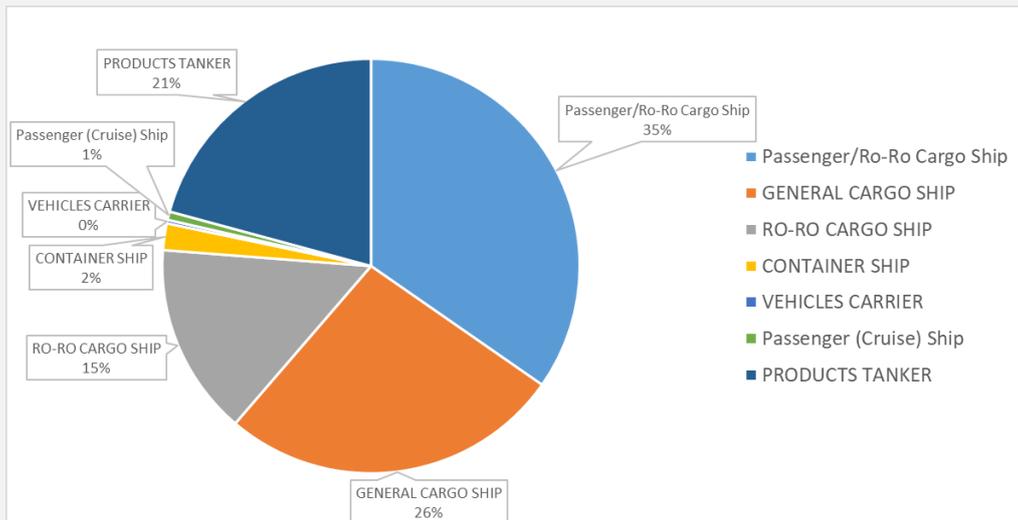
Contribution à la consommation totale pour chaque type de milieu.

### Consommation de navires dans le parc

Quant à l'arrêt des navires, dans le port de Livourne il y a un quai électrifié, mais il n'est pas utilisé. Les données fournies se réfèrent aux principales catégories de navires en exploitation et la consommation d'énergie pendant l'arrêt est basée sur une estimation faite en utilisant les temps d'arrêt réels des navires et les pouvoirs installés à bord. Vous n'êtes pas au courant des types de carburant (principalement des fioul lourd) et des quantités consommées parce qu'il s'agit de données confidentielles que les armateurs ne partagent pas. Le *tableau* suivant résume la consommation d'arrêts estimés. Comme vous pouvez le voir en rouge, la consommation annuelle totale est d'environ 12,3 GWh. En supposant une performance du moteur de 30%, la consommation d'énergie primaire est d'environ 41 GWh.

| Dati navi in sosta con potenza massima dei generatori ausiliari inferiore a 1500 kW |               |             |                  |                 |                                |                               |                               |                              |
|---|---------------|-------------|------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Tipo nave   | Numero arrivi | Numero navi | Totale ore sosta | Media ore sosta | Totale potenza generatori (kW) | Media potenza generatori (kW) | Energia totale in sosta (kWh) | Media energia in sosta (kWh) |
| Passenger/Ro-Ro Cargo Ship  | 338           | 1           | 3617             | 11              | 399747                         | 1183                          | 4278196                       | 12657                        |
| GENERAL CARGO SHIP  | 94            | 63          | 4519             | 48              | 70976                          | 755                           | 3274361                       | 34834                        |
| RO-RO CARGO SHIP  | 61            | 3           | 1313             | 22              | 84023                          | 1377                          | 1843671                       | 30224                        |
| CONTAINER SHIP  | 11            | 4           | 374              | 34              | 6619                           | 602                           | 255638                        | 23240                        |
| VEHICLES CARRIER  | 4             | 2           | 27               | 7               | 4804                           | 1201                          | 34129                         | 8532                         |
| Passenger (Cruise) Ship   | 5             | 5           | 74               | 15              | 5796                           | 1159                          | 80724                         | 16145                        |
| PRODUCTS TANKER   | 1118          | 4           | 2885             | 3               | 991679                         | 887                           | 2558881                       | 2289                         |
| <b>Totale</b>   | <b>1631</b>   | <b>82</b>   | <b>12809</b>     |                 | <b>1563644</b>                 |                               | <b>12325600</b>               |                              |

Caractéristiques et consommation de navires stationnés.



Contribution à la consommation totale au repos pour chaque type de navire.

On suppose que les quelque 12,33 GWh par an sont produites avec des moteurs à combustion interne avec des rendements d'exploitation moyens de 33 %, donc avec une consommation de diesel de 37 GWh.

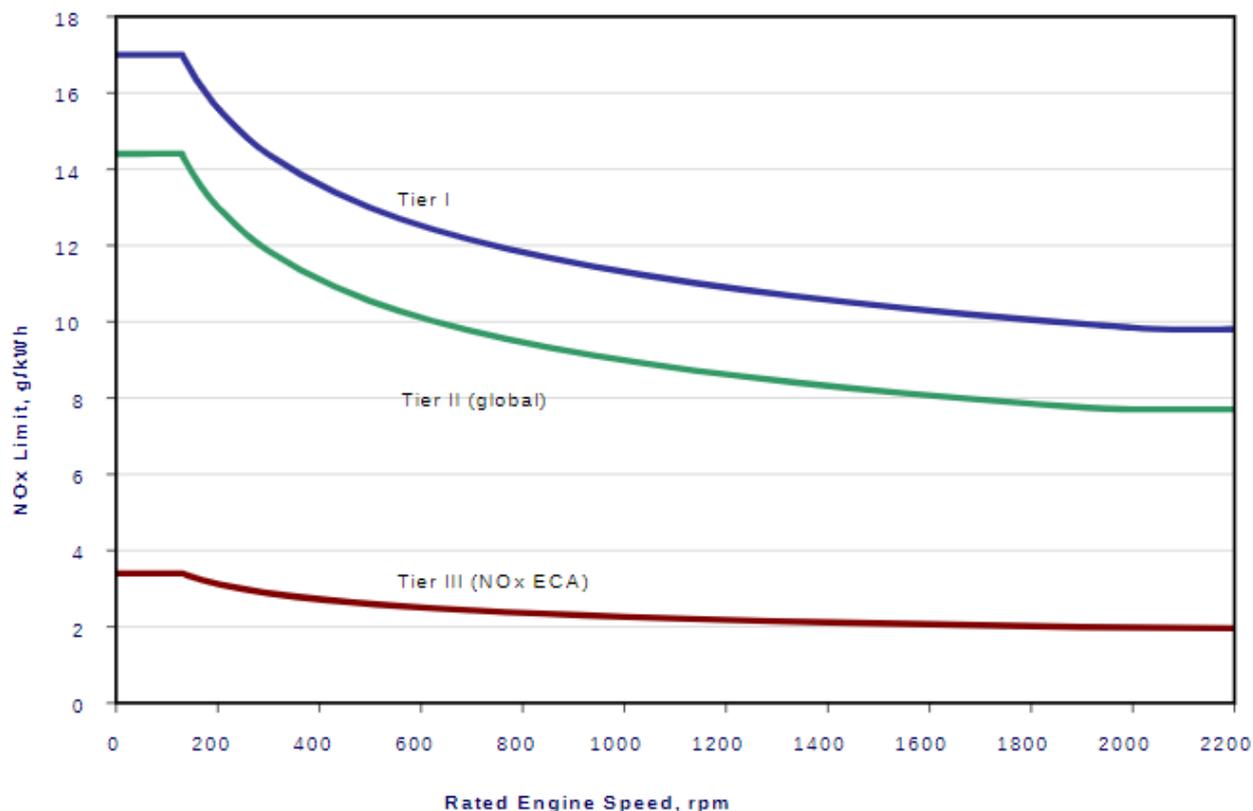
Considérant le facteur diesel ou émissiv de 2,67 kg de CO<sub>2</sub> par litre (Source: U.S. Environmental Protection Agency. Faits d'émission : Émissions moyennes de dioxyde de carbone résultant de l'essence et du carburant diesel) à cette consommation correspondent à 9879 tonnes de CO<sub>2</sub> et de masse.

D'autres polluants tels que les NO<sub>x</sub> et les SO<sub>x</sub> sont réglementés par l'IMO à l'annexe VI et ont connu des réductions significatives au cours des dernières décennies. En ce qui concerne les NO<sub>x</sub>, cependant, les règlements s'appliquent au moment de la construction du navire, de sorte qu'aujourd'hui, ils arrivent dans les ports de navires avec des générateurs à bord à forte émission.

MARPOL Annex VI NO<sub>x</sub> emission limits

| Tier     | Date  | NO <sub>x</sub> Limit, g/kWh |                         |          |
|----------|-------|------------------------------|-------------------------|----------|
|          |       | n < 130                      | 130 ≤ n < 2000          | n ≥ 2000 |
| Tier I   | 2000  | 17.0                         | 45 · n <sup>-0.2</sup>  | 9.8      |
| Tier II  | 2011  | 14.4                         | 44 · n <sup>-0.23</sup> | 7.7      |
| Tier III | 2016† | 3.4                          | 9 · n <sup>-0.2</sup>   | 1.96     |

† In NO<sub>x</sub> Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).



Dans le cas de l'énergie du quai, bien sûr, les émissions de CO<sub>2</sub>, ainsi que celles d'autres polluants, seraient réduites localement et globalement réduites compte tenu du mix de production d'énergie actuel de moins de 300 gCO<sub>2</sub>/kWh.

*Fattore di emissione di gas serra del settore elettrico per la produzione di elettricità (g CO<sub>2eq</sub> / kWh) nei principali Paesi europei e in EU28. Dati in ordine decrescente del valore del 2017.*

|                    | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 2010  | 2015  | 2016  | 2017  |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>EU28</b>        | 484,7 | 439,7 | 400,6 | 386,1 | 341,8 | 312,1 | 294,5 | 289,3 |
| <b>Polonia</b>     | 822,5 | 788,3 | 768,2 | 742,3 | 716,2 | 666,3 | 651,0 | 641,4 |
| <b>Germania</b>    | 640,3 | 606,1 | 535,7 | 499,8 | 468,9 | 450,1 | 446,7 | 413,2 |
| <b>Italia</b>      | 575,9 | 546,9 | 497,8 | 477,7 | 391,0 | 324,6 | 311,9 | 307,7 |
| <b>Spagna</b>      | 438,9 | 468,5 | 444,2 | 407,3 | 239,8 | 304,3 | 258,9 | 302,6 |
| <b>Regno Unito</b> | 696,0 | 562,4 | 488,8 | 507,4 | 468,0 | 371,9 | 295,0 | 263,4 |
| <b>Francia</b>     | 111,3 | 75,4  | 76,5  | 80,0  | 76,5  | 55,0  | 60,2  | 68,4  |
| <b>Svezia</b>      | 12,0  | 23,5  | 22,9  | 23,4  | 34,1  | 17,4  | 19,1  | 18,8  |

En général, cependant, l'électrification du quai et la prédisposition des navires à se nourrir en courant alternatif à partir du sol est une bonne chose. Une alternative d'infrastructure à moindre coût peut donc être envisagée : l'électricité à partir du quai via des groupes mobiles de production d'électricité alimentés au GNL. Dans ce cas, il est supposé fournir le 12.33 GWh avec des moteurs à combustion interne optimisés avec un rendement moyen plus élevé, ca. 40%, consommant alors 30,8 GWh de GNL, soit 2 217,626 kg de GNL (puissance calorifique de méthane 13,9 kWh/kg) avec des émissions de CO<sub>2</sub> de 6098 tonnes (2,75 kg de CO<sub>2</sub> par kg de méthane); donc une

réduction des émissions de CO2 de 40% par rapport à la production embarquée avec des groupes diesel.

En ce qui concerne les NOx, malgré des réglementations de plus en plus strictes, le GNL garantit une forte réduction des émissions, de plus de 80%.

Le GNL réduit également considérablement les émissions de SOx et de particules.

### Consommation électrique et thermique pour d'autres utilisations de l'opérateur

À ce stade, les données de nombreux opérateurs sont toujours manquantes. Ci-dessous, nous ne rapportons que la consommation moyenne d'électricité (2016-2017) connue.

|   | Énergie électrique [kWh] |
|---|--------------------------|
| <b>Terminal de dock toscan</b>                | 8.714.461                |
| <b>Lorenzini et C</b>                         | 1.104.663                |
| <b>D'Alesio et Toscopetrol côtiers</b>        | 2.497.358,5              |
| <b>Terminal Calata Orlando</b>                | 48.272,5                 |
| <b>Grands moulins italiens</b>                | 100.000                  |
| <b>NERI BROTHERS SPA</b>                      | 588.247                  |
| <b>Masol Continental Biocarburant srl</b>     | 7.518.000                |
| <b>Aferpi (Piombino)</b>                      | 795.199,5                |
| <b>LIVORNO PORT PORT PORT (siège détaché)</b> | 72.256,5                 |
| <b>LIVORNO PORT PORT PORT (siège social)</b>  | 81.572,5                 |
| <b>Gaz côtier Livourne</b>                    | 1.997.086,5              |
| <b>Solvay Solutions Italie</b>                | 10.093.178               |
| <b>UP à [kWh]</b>                             | <b>33.610.295</b>        |

Opérateurs de consommation électrique (PARTIEL).

### PCT's TYPICAL EQUIPMENTS

1. STS, Ship-to-Shore Gantry Crane
2. RTG, Rubber Tyred Gantry Crane
3. SC, Straddle Carrier
4. RS, Reach Stacker
5. TT, Terminal Tractor



Deux actions principales sont prévues pour l'efficacité énergétique et la réduction des composantes émissives locales:

- Remplacer le porte-énergie par l'adoption du GNL et/ou du transporteur électrique
- Adoption de systèmes hybrides pour le traitement des dispositifs logistiques à quai

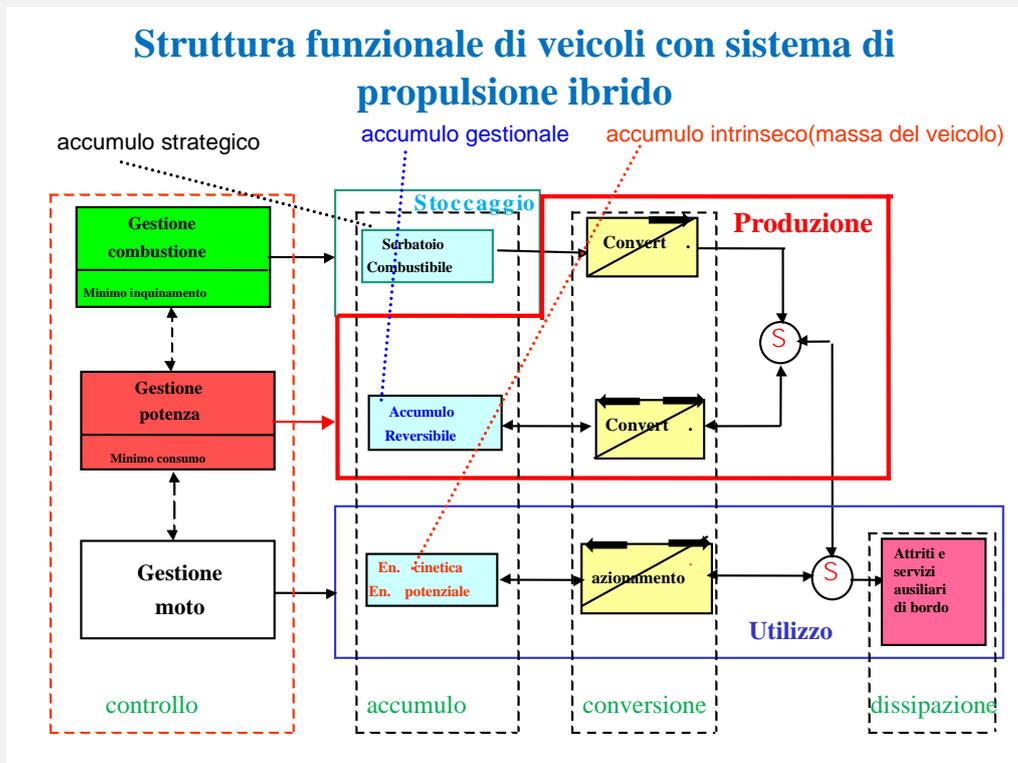
### Véhicules avec systèmes de propulsion hybrides.

Les systèmes de propulsion hybride électrique peuvent être distingués dans les hybrides de série, où la traction est au moyen de moteurs électriques et toute la puissance doit être convertie en énergie électrique avant d'être utilisée pour la traction, et les hybrides parallèles, dans le quels, au lieu de cela, une partie de l'énergie est transférée de la source primaire au système de propulsion sans conversion en électricité.

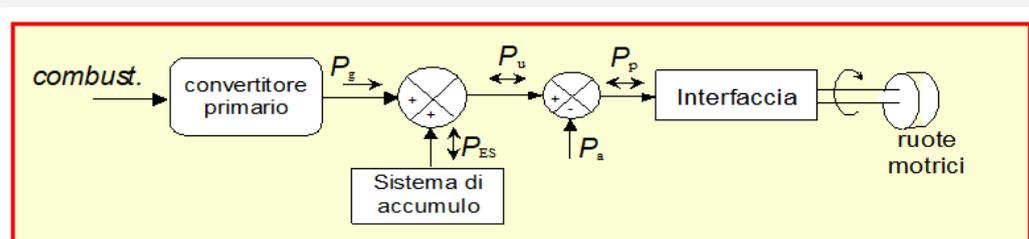
Dans tous les cas, un système hybride fournit un système de stockage, à la fois pour optimiser les performances et récupérer l'énergie de freinage, et pour répondre à la

demande instantanée de puissance dans les phases d'accélération. Le moteur principal, en fait, généralement dimensionné sur la puissance moyenne et non la puissance de pointe, fonctionne à des régimes presque constants et dans la zone à faible émission assurant l'équipement du véhicule dans les phases à vitesse constante, tandis que le système de stockage fournit l'énergie nécessaire dans les phases d'accélération. Les systèmes de stockage d'énergie les plus couramment utilisés sont de nature électrochimique (batteries).

Dans les systèmes de propulsion hybrides, la présence de multiples sources d'énergie pour la traction crée la nécessité de gérer adéquatement les flux d'énergie entre eux et entre les sources et le système de propulsion. La figure ci-dessous montre un schéma de propulsion hybride général avec les relations fonctionnelles entre les différentes composantes du système mis en évidence.



### Gestion énergétique d'un véhicule hybride



$$P_u(t) = P_g(t) + P_{ES}(t)$$

$$P_p(t) = P_u(t) - P_a(t)$$

$P_a$  potenza assorbita dagli ausiliari

NOTA: Lo schema è generale e vale sia per gli ibridi serie che parallelo

## RTG hybride

Malgré l'accent croissant mis sur la réduction de la consommation et des émissions polluantes, il n'est pas rare que des machines industrielles soient encore utilisées par rapport aux solutions actuellement disponibles sur le marché. Des exemples de cela sont présents dans la zone portuaire et dans leurs conteneurs respectifs où il y a souvent amplement place à l'amélioration du point de vue de l'efficacité énergétique et des émissions polluantes/acoustiques.

Au cours des dernières années, plusieurs ports et terminaux ont commencé à se restructurer et à rénover, en raison à la fois de raisons d'atténuation de l'impact environnemental et de raisons plus strictement économiques.

Le secteur du transport et du transport des conteneurs est celui qui a suscité le plus d'intérêt en raison de sa contribution aux émissions polluantes sur le terrain et des marges économiques résultant d'éventuelles améliorations.

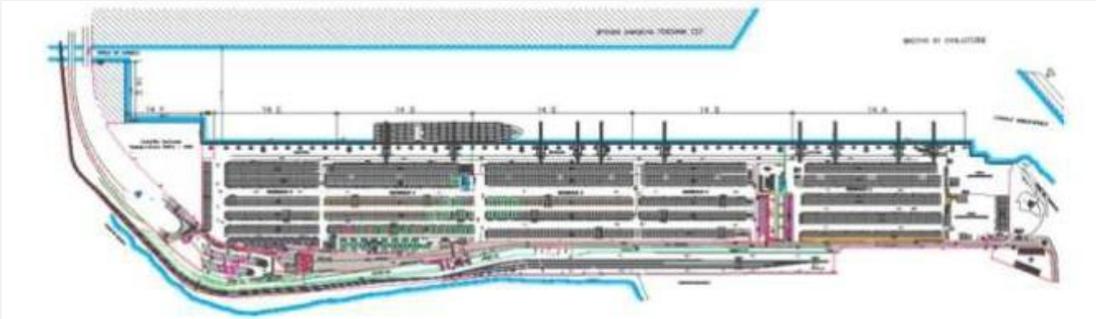
On trouve des exemples d'innovation sur ce front dans de nombreux grands ports, de la Chine à l'Amérique en passant par l'Europe du Nord.

Une grande partie de la consommation d'énergie d'un terminal est liée au carburant nécessaire pour alimenter tous les dispositifs de manutention non connectés à l'électricité : grues à portail (RTG), chariots à bras avant, camions de manutention internes/externes et usines de levage de conteneurs vides. Une augmentation de l'efficacité de ces véhicules permettrait, en plus d'économiser sur la consommation de carburant, une réduction appréciable des émissions polluantes et acoustiques sur place.

### Exemple Terminal Darsena Toscane

Le Terminal Darsena Toscane est la société qui a actuellement la zone de concession du port de Livourne pour le trafic de conteneurs de fret. Les conteneurs sont déplacés à l'intérieur du terminal grâce à l'utilisation de divers moyens de transport et de levage. Le type de système choisi pour la manutention du conteneur unique est lié à la logistique de la gestion du même conteneur et donc au fait qu'il doit être temporairement stocké ou immédiatement envoyé hors du port par train de marchandises, camion, etc... Cependant, comme il est souvent nécessaire de stocker temporairement les conteneurs en attente d'une manutention ultérieure, le TdT est équipé d'un parvis de 386000m<sup>2</sup> où ces conteneurs sont empilés.

Le parvis sert donc à compenser les différentes capacités des flux maritimes et terrestres qui ne coïncident pas toujours.



Terminal Plant Darsena Toscane



Dock du Terminal Darsena Toscane

Pour la bonne façon de déplacer les différents conteneurs, le TdT est équipé de différents types de grues et de dispositifs de levage

- 9 Grue à quai (STS)
- 14 Dec a portails (RTG)
- 20 Chariots de bras avant

En outre, certains chariots à bras avant spécialement conçus pour la manutention de conteneurs vides et de nombreux camions qui répondent aux besoins de manutention horizontale à l'intérieur du parvis sont également utilisés.

En schématisant, le système terminal peut être divisé en quatre sous-systèmes différents.

- sous le système de déchargement
- sous le système de stockage sur le parvis

- sous le système de livraison et de réception
- sous système de transport horizontal

Chacun de ces sous-systèmes a ses propres spécificités en termes de processus et de machines utilisées, mais en même temps interagit de façon cohérente avec les autres.



a) Grue STS (b) atteindre l'empileur(c) grue RTG

### Système de déchargement

Le système de chargement et de déchargement comprend les huit grues navire-terre (STS) qui transportent le fret des navires vers le quai. De là, les conteneurs sont déplacés à travers des systèmes de transport horizontaux (camions ou autres). Ces grues STS sont alimentées électriquement et sont responsables d'une part très importante de la consommation d'électricité du terminal.

### Système de stockage sur le parvis

C'est le plus grand sous-système d'un point de vue physique, couvrant la quasi-totalité des 386 000 m<sup>2</sup> du terminal. Il est essentiel pour la bonne gestion de la manipulation des marchandises et sa logistique est gérée en détail par le biais d'un logiciel spécial qui traite de la planification des mouvements des conteneurs individuels. En fait, sans une planification minutieuse, il serait impossible de gérer correctement le flux de marchandises entrantes.

Il faut considérer que lorsque les navires arrivent, ils transportent des milliers de conteneurs qui doivent être déchargés et triés correctement le plus rapidement possible. Une mauvaise gestion peut entraîner des retards qui ne sont pas autorisés tout au long du cycle de travail, ce qui pourrait sérieusement nuire à l'exploitation de l'aérogare dans son ensemble. Il est donc clair qu'il est extrêmement important de gérer les espaces du parvis, qui, bien que grands, ne sont pas surdimensionnés par rapport au flux de fret du TdT.

## Système de transport horizontal

Ce système est celui qui traite de relier les deux mentionnés ci-dessus en allant déplacer les conteneurs horizontalement dans les différentes zones du terminal. Des camions et des chariots à bras avant sont utilisés.

## Système de livraison et de réception

Dans ce domaine, qui peut être considéré plus comme une phase qu'un véritable sous-système, les conteneurs sont déplacés de l'intérieur vers l'extérieur du terminal (ou vice versa) par l'utilisation d'une ligne de chemin de fer spéciale ou d'un camion. La même machinerie est utilisée pour le chargement des conteneurs sur ces deux véhicules.

## Consommation d'énergie du TdT

### Consommation électrique

Le TdT a une forte consommation d'électricité. Ceux-ci sont principalement dus à quatre types de charges :

- Réfrigérateurs contenant
- Gru STS
- Tours de phare et éclairage de parvis
- Bureaux

Voici un tableau avec consommation pour l'année 2015 des quatre groupes mentionnés ci-dessus.

### Consommation d'électricité TdT pour l'année civile 2015

|                     | [MWh] | %     |
|---------------------|-------|-------|
| Conteneur réfrigéré | 3.623 | 45.57 |
| Gru STS             | 2.551 | 32.08 |
| Éclairage           | 1.135 | 14.27 |
| Bureaux             | 642   | 8.08  |
| Total               | 7,952 |       |

Comme prévu, la consommation électrique du terminal est élevée et est d'environ 8000 MWh par an. De l'onglet, il est clair qu'une grande partie de cette consommation est due à la connexion au réseau de conteneurs réfrigérés qui doivent être constamment alimentés même pendant les phases de stockage, et la puissance requise par les grues STS pour décharger et charger des conteneurs sur les navires.

#### Consommation de carburant

L'autre partie de la consommation d'énergie du terminal et celle liée au carburant nécessaire pour alimenter tous les dispositifs de manutention des marchandises non connectés au réseau électrique, puis les RTG, les chariots à bras avant, les camions pour la manutention interne et les moulins pour soulever les conteneurs vides. Toutes les émissions polluantes à l'intérieur du terminal résulteraient de l'exploitation et, par conséquent, une augmentation de l'efficacité du terminal entraînerait, en plus d'économiser sur la consommation de carburant, une réduction des émissions polluantes sur le site.

Le tableau montre la consommation de carburant divisée par les différents dispositifs qui déplacent les marchandises.

Consommation de carburant TdT pour l'année civile 2015

|                       | [L]       | %  |
|-----------------------|-----------|----|
| Gru RTG               | 380.850   | 28 |
| Camion                | 394.159   | 29 |
| Chariots à bras avant | 573.532   | 43 |
| Total                 | 1.348.571 |    |

Dans ce cas, les quotas de consommation sont répartis assez uniformément entre les différents moyens utilisés.

#### Grues RTG

Les grues RtG ne sont pas l'élément le plus énergétique de tous, mais elles se caractérisent par une efficacité moyenne très faible : le moteur à combustion interne est en fait dimensionné pour couvrir toutes les charges qui sont basées sur le levage

350kW mais avec une puissance moyenne beaucoup plus faible requise par le système (de l'ordre de 10kW). Pour cette raison, le moteur à combustion interne se trouve souvent à travailler dans des conditions de forte partialisation résultant en une consommation spécifique élevée.

À ce jour, ces solutions doivent être considérées comme obsolètes, voire totalement anachroniques, compte tenu de la réduction considérable des prix des systèmes de stockage et de conversion électrique qui permettent aujourd'hui de créer des systèmes intégrés beaucoup plus efficace et rentable. En outre, la mise à niveau de ces systèmes est d'autant plus attrayante que, déjà à l'heure actuelle, la plupart des grues RTG utilisent un freinage électrique lors de la descente du conteneur. L'énergie produite de cette façon, qui s'avère être une part substantielle du total requis, est actuellement dissipée sur un état de freinage, perdant ainsi la possibilité d'une récupération d'énergie.

Il existe trois solutions possibles pour une mise à niveau des grues RTG :

- Électrification complète du système
- Le moteur thermique est jumelé à un système de stockage approprié
- L'utilisation du gaz naturel (GNL ou GnC) dans le moteur à combustion interne (conversion d'un diesel traditionnel en moteur à double carburant ou en moteur à gaz) en combinaison avec le système de stockage

Bien que l'électrification complète implique l'annulation quasi totale des émissions polluantes dans la zone portuaire et un rendement du système vraisemblablement plus élevé, des systèmes de raccordement appropriés à câble ou ferroviaire doivent être mis en place câble ou ferroviaire, ce qui entraîne des problèmes d'investissement logistique et économique. Il rend également le système encore plus dépendant du réseau électrique avec des pannes en cas de panne.

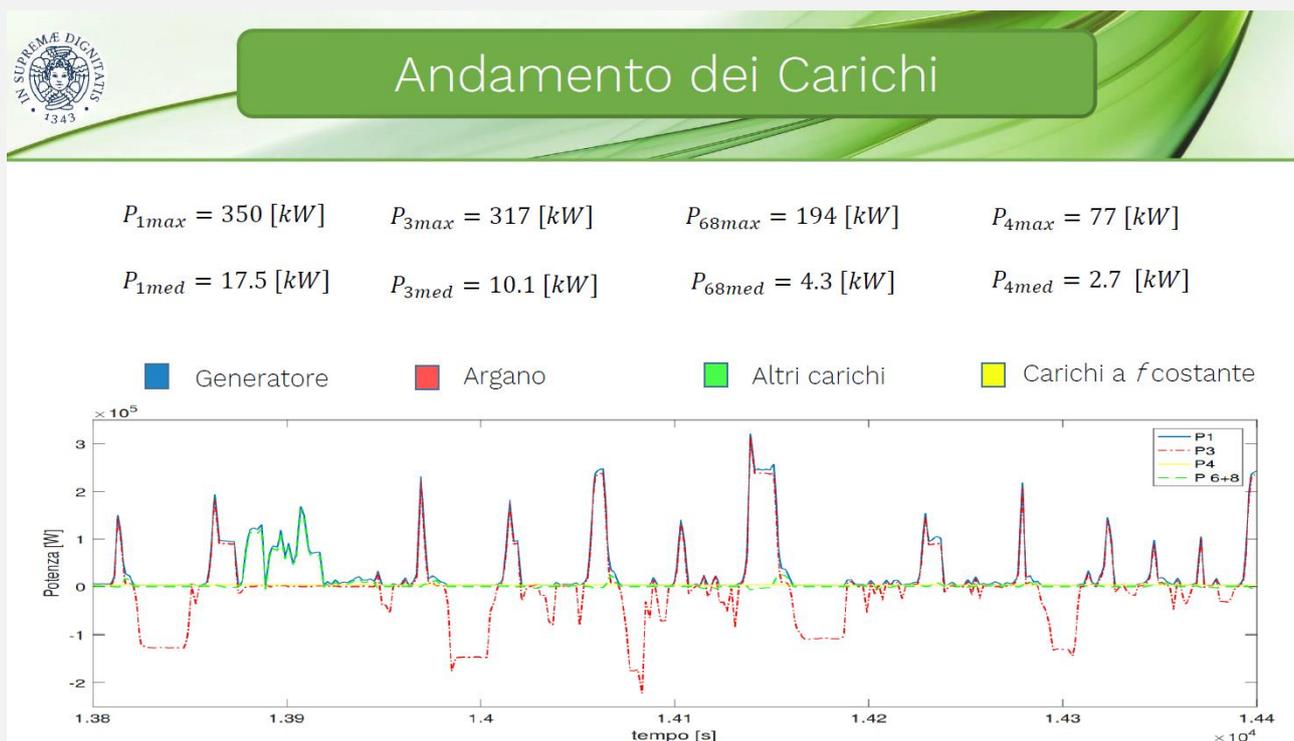
Le choix d'une alimentation hybride, d'autre part, a des avantages différents: l'indépendance du réseau, la même liberté de mouvement de la grue que l'actuel et mineur, pour ne pas dire nul, les coûts d'infrastructure. De toute évidence, d'autre part, il y a des émissions polluantes et acoustiques faibles mais encore résiduelles sur le terrain, une dépendance résiduelle des coûts d'exploitation par rapport au prix du carburant et probablement des coûts d'entretien plus élevés que les coûts d'entretien Électrique.

Dans le cas de la puissance du moteur au gaz naturel, qu'elle soit comprimée ou liquide, monocarburant ou à double carburant, tous les avantages de l'hybridation du système sont maintenus avec de plus grands avantages en termes d'émissions polluantes.

En ce qui concerne l'énergie GNL, il convient de noter que la pénétration de ce carburant dans la zone portuaire augmentera de façon décisive dans les années à venir en raison des règlements sur les émissions qui exigent la mobilité navale pour passer à cette Carburant. Il existe déjà, en construction et en cours de construction, de nombreux dépôts côtiers de GNL dédiés aux navires de ravitaillement qui auront également un impact significatif sur le transport terrestre lourd par le caoutchouc.

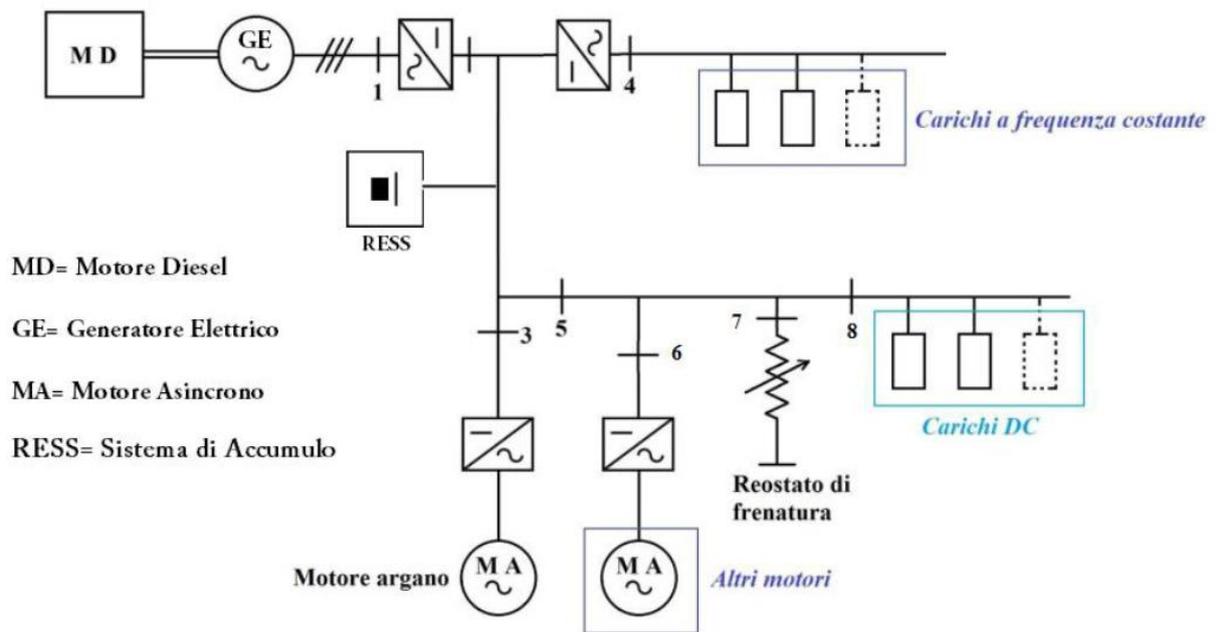
Les hypothèses les plus intéressantes, en raison des faibles coûts d'infrastructure et de l'indépendance du réseau, semblent donc être les deux dernières : le diesel hybride et le gaz hybride-naturel.

Les deux solutions peuvent être faites avec des composants normalement disponibles sur le marché géré par un système de contrôle dédié. La solution hybride avec l'utilisation du GNL comme carburant, semble être celle avec le plus haut taux d'innovation (les études et les prototypes de grues hybrides RTG et grues RTG alimentés par GNL, mais pas de grues hybrides RTG sont connus).



## Charges réelles mesurées sur RTG

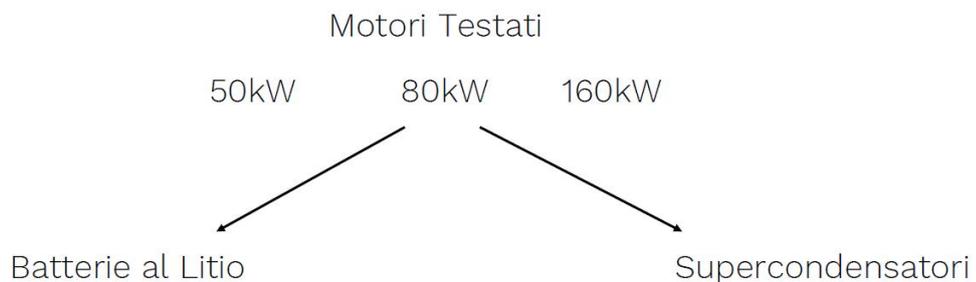
### Architettura Ibrido-Serie



Une proposition possible pour l'architecture du système.



### Configurazioni Ibride Testate

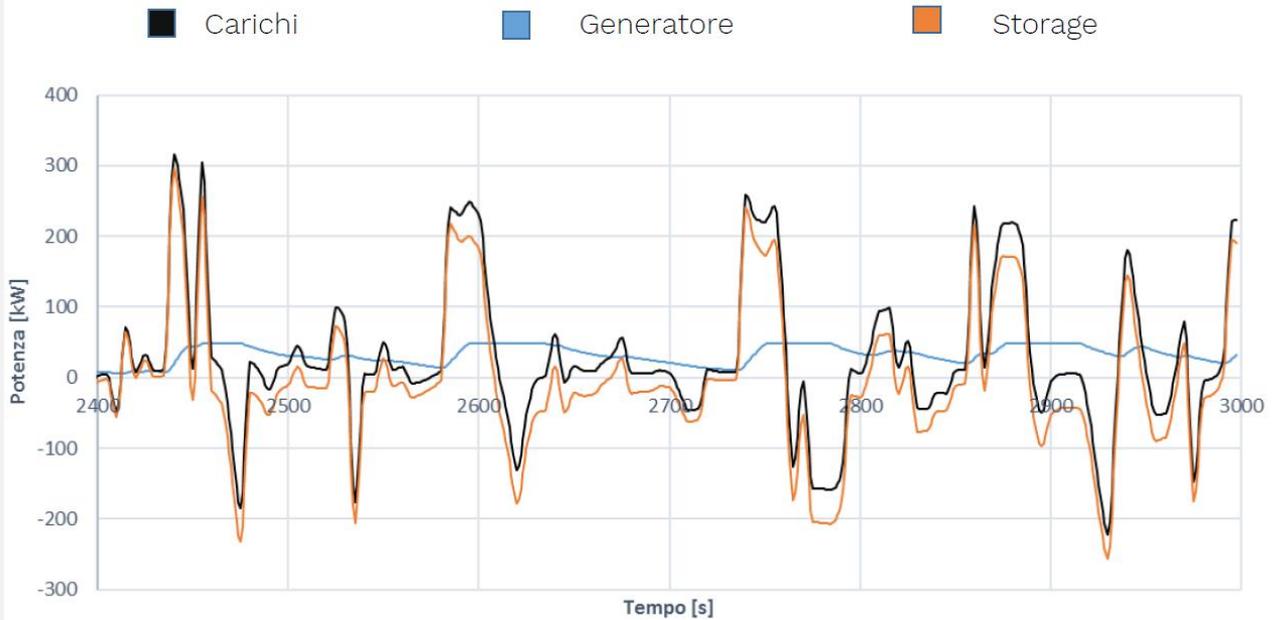


- Elevata densità energetica
- Bassa corrente massima erogabile
- 300.000 cicli con DOD del 2%

- Elevata corrente massima
- Bassa densità energetica
- 1.000.000 cicli con DOD 80%

Différentes configurations simulées aussi avec différents systèmes de stockage.

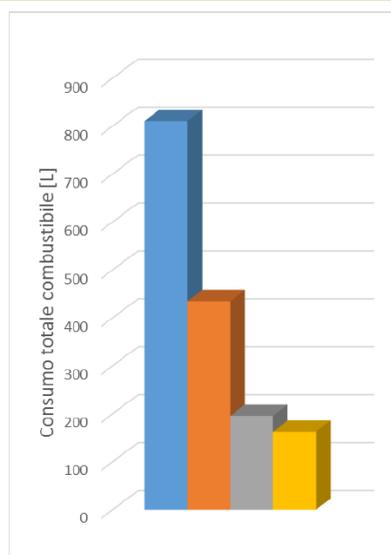
## Potenze con filtro di potenza



En raison d'une configuration hybride, notez la puissance réduite fournie par le générateur (moteur à combustion interne) par rapport à celle requise par les charges.



## Confronto consumi



- Motore attuale      414kW  $\omega$  variabile  
 $\Delta f.c. = 46\%$
- Motore attuale  $\omega$  variabile       $\eta_{ICE} = 26\%$
- Ibrido-serie 80kW-Li, filtro di potenza      Ibrido-serie 80kW-Li filtro P  
 $\Delta f.c. = 76\%$
- Ibrido-serie 160kW-Li (On-OFF)       $\eta_{ICE} = 35\%$
- Ibrido-serie 160kW-Li On-Off      Ibrido-serie 160kW-Li On-Off  
 $\Delta f.c. = 80\%$
- $\eta_{ICE} = 42\%$

Réduire la consommation de carburant pour diverses configurations simulées

## Analyse économique préliminaire RTG

Cost analysis.

|                    | Standard | HEV STD Li-bat | HEV STD SC stack | HEV A Li-bat | HEV B Li-bat | HEV A SC stack | HEV B SC stack |
|--------------------|----------|----------------|------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| <b>Parts</b>       |          |                |                  |              |              |                |                |
| ICE (k€)           | 41.4     | 41.4           | 41.4             | 16.5         | 3.6          | 16.5           | 3.6            |
| EG (k€)            | 62.1     | 62.1           | 62.1             | 24.8         | 5.4          | 24.8           | 5.4            |
| RESS (k€)          | -        | 39.0           | 17.0             | 39.0         | 39.0         | 17.0           | 17.0           |
| Total (k€)         | 103.5    | 142.5          | 120.5            | 80.3         | 48.0         | 58.3           | 26.0           |
| <b>Usage costs</b> |          |                |                  |              |              |                |                |
| Fuel (k€/y)        | 26.1     | 18.3           | 18.3             | 10.5         | 10.5         | 10.5           | 10.5           |

## Atteindre l'empileur

## Activities Developed in Field



*A preliminary activity was to mount back the Cummins engine on Kalmar Reach Stacker.*



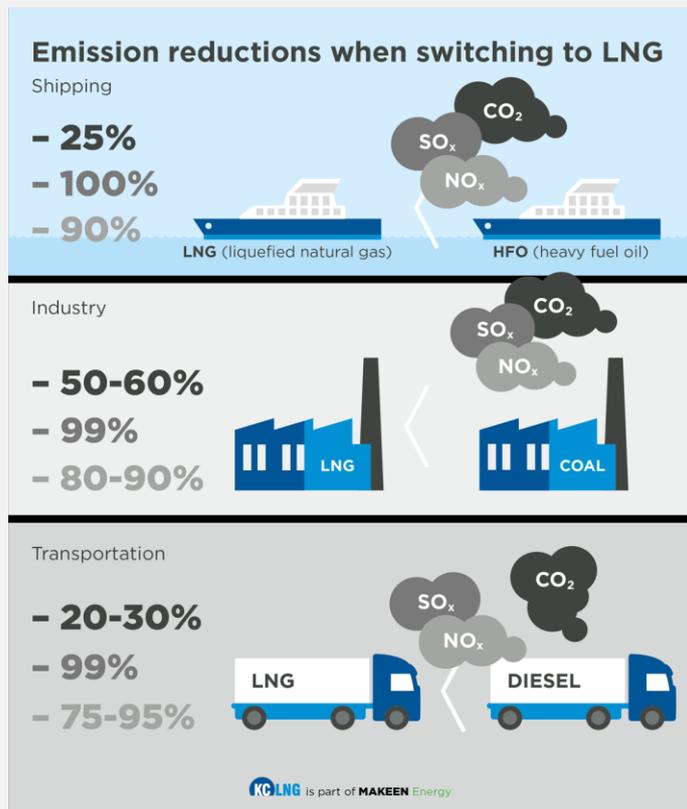
### **Developed Activities in Field**

- DRF450 on board installation of d-gid dual fuel system.
- QSM11 Engine work validation after reassembling on vehicle. (static phase)
- DRF450 Reach Stacker validation test in field. (active work phase)
  - Original Diesel Test
  - Dual Fuel LNG Test
- Data acquisition and comparison.

-20% CO2

-100% de particules

-80% de NOx



## Port Ralla



Il faisait référence au modèle MAFI MT30 YT à étapes courtes existant. Le tableau suivant montre les données utilisées pour le dimensionnement.

|                                   | MAFI MT30 YT |
|-----------------------------------|--------------|
| Masse de charge complète (kg)     | 67500        |
| Masse une fuite (kg)              | 7500         |
| Coefficient de frottement roulant | 0,007        |

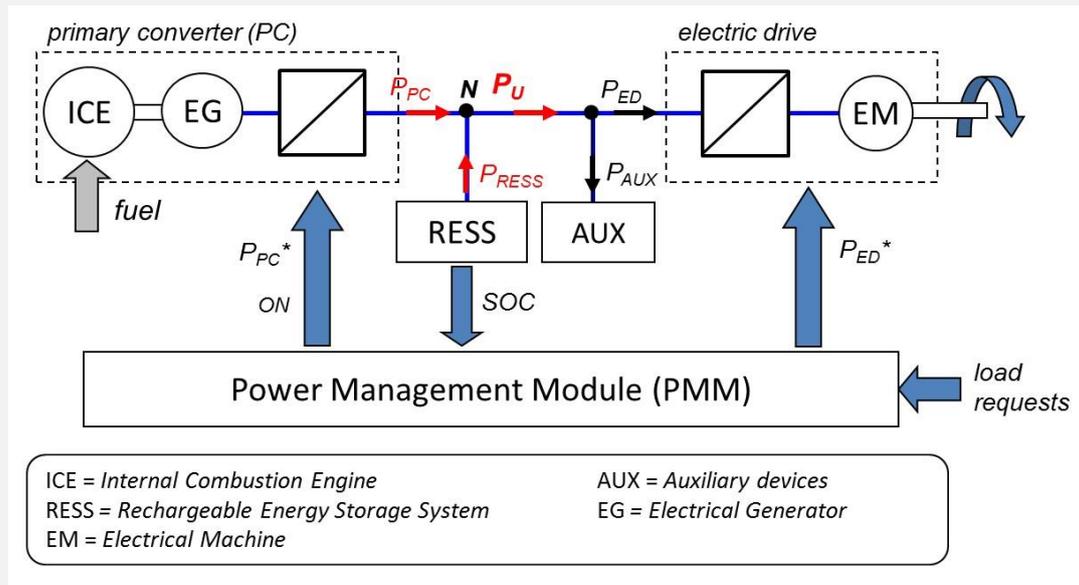
|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Rayon de roulement (m)               | 0,475 |
| Section avant (m2)                   | 7,0   |
| Coefficient de traînée aérodynamique | 0,65  |
| Potenza ICE (kW)                     | 172   |

Les spécifications initiales de performance ont été définies en se référant aux données d'utilisation réelles. En particulier, trois scénarios d'utilisation ont été identifiés, décrits ci-dessous. Pour chacun d'eux, la vitesse, la charge et les contraintes d'élévation au niveau du temps du véhicule ont été prises. Pour le profil de vitesse, les valeurs d'accélération suivantes ont été supposées :

- Accélération 0-20 km/h à pleine charge: 10 s.
- Accélération 0-20 km/h vide: 3 s.
- Décélération 20-0 km/h: 10 s.

En ce qui concerne la pente, cette dernière n'a été examinée que dans le troisième cas examiné. En particulier, il a été supposé qu'il vaudra 7%, à aborder à pleine charge à une vitesse de 20 km/h.

Le schéma propulsif adopté est indiqué dans la figure ci-dessous. Comme on le voit, il y a deux sources d'énergie : un convertisseur primaire, qui produit de l'électricité à partir d'un combustible (PC), et un système de stockage électrochimique (RESS) : les deux contributions s'additionnent dans un nœud électrique (N), composé d'un bus DC. La puissance utile générée est d'alimenter la propulsion, connectée à la transmission mécanique du véhicule, et à certaines charges auxiliaires (AUS). Les principales stratégies de contrôle des entraînements et des convertisseurs sont gérées par un système de gestion de l'énergie (PMM).



### Cas A

- Les besoins énergétiques pour la propulsion et les dispositifs auxiliaires sont les mêmes pour le véhicule hybride et le véhicule conventionnel.
- La consommation spécifique moyenne du moteur du véhicule conventionnel est estimée à 250 g/kWh.
- L'efficacité moyenne de transmission est considérée comme 80%.

Les résultats sont résumés dans le tableau 7.

Tableau de consommation, cas A

|  | Cycle        | Cycle 1      | Cycle 2      |
|--|--------------|--------------|--------------|
|  | Plate-forme  |              |              |
| Consommation de véhicules hybrides (L/h)       | 7,9          | 5,5          | 5,6          |
| Consommation de véhicules conventionnels (L/h) | 10,3         | 6,7          | 6,6          |
| <b>Changement (%)</b>                          | <b>-23,6</b> | <b>-17,8</b> | <b>-15,5</b> |

### Cas B

- Les besoins énergétiques en matière de propulsion sont les mêmes pour le véhicule hybride et le véhicule conventionnel.
- Le schéma de propulsion hybride permet l'électrification de certains dispositifs auxiliaires, réduisant leur absorption par rapport à la version conventionnelle : dans cette perspective, l'absorption moyenne du système de direction a été réduite à 3 kW (-50%), tandis que l'absorption du système de manipulation dans les ruptures a été maintenue inchangée par rapport au conventionnel.
- La consommation spécifique moyenne du moteur du véhicule conventionnel est estimée à 250 g/kWh.
- L'efficacité moyenne de transmission est considérée comme 80%.

Les résultats sont résumés dans le tableau 8.

*Tableau de consommation, cas B*

|  | <b>Cycle<br/>Plate-forme</b> | <b>Cycle 1</b> | <b>Cycle 2</b> |
|--|------------------------------|----------------|----------------|
| Consommation de véhicules hybrides (L/h)       | 7,0                          | 4,7            | 4,8            |
| Consommation de véhicules conventionnels (L/h) | 10,3                         | 6,7            | 6,6            |
| <b>Changement (%)</b>                          | <b>-31,9</b>                 | <b>-29,5</b>   | <b>-27,8</b>   |

Comme on peut le constater, l'électrification des dispositifs auxiliaires hybrides, couplée à une réduction conséquente de l'absorption de puissance, a un impact significatif sur une nouvelle réduction de la consommation par rapport à ce qui a déjà été observé pour le cas A.

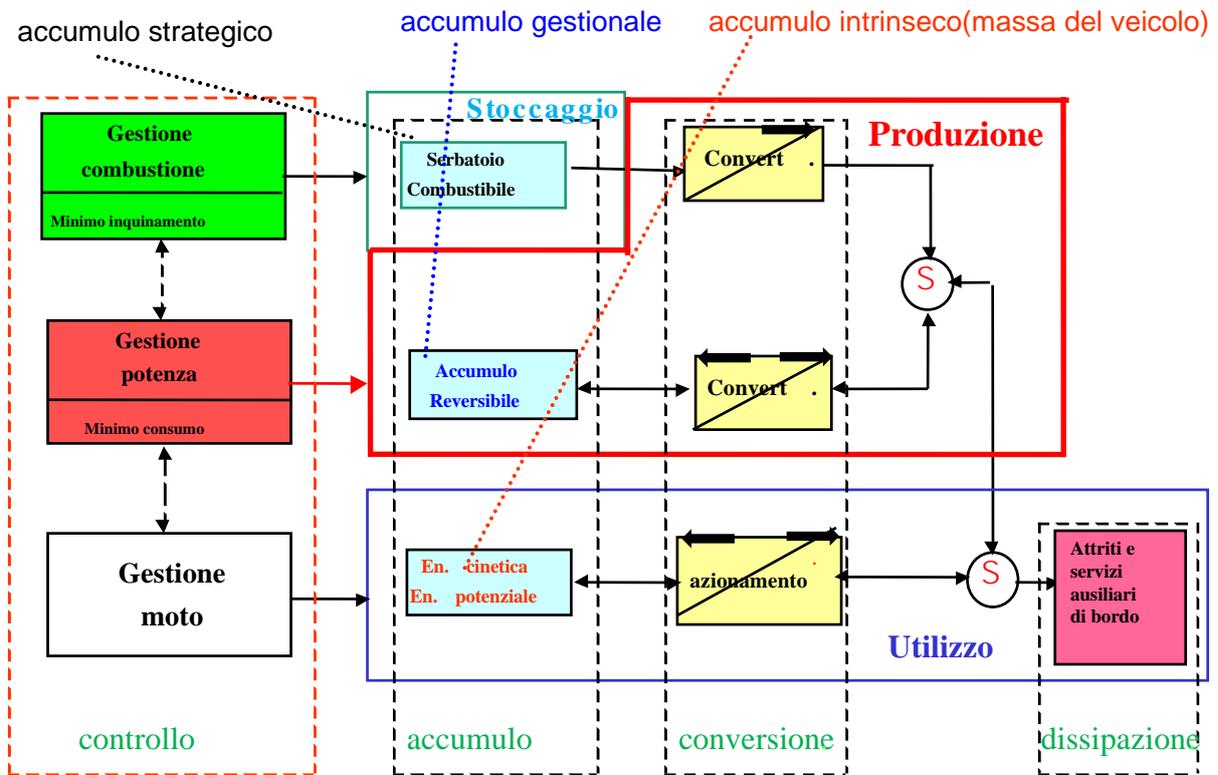
## Véhicules avec systèmes de propulsion hybrides.

Les systèmes de propulsion hybride électrique peuvent être distingués dans les hybrides de série, où la traction est au moyen de moteurs électriques et toute la puissance doit être convertie en énergie électrique avant d'être utilisée pour la traction, et les hybrides parallèles, dans lesquels au lieu de cela, une partie de l'énergie est transférée de la source primaire au système de propulsion sans conversion en électricité.

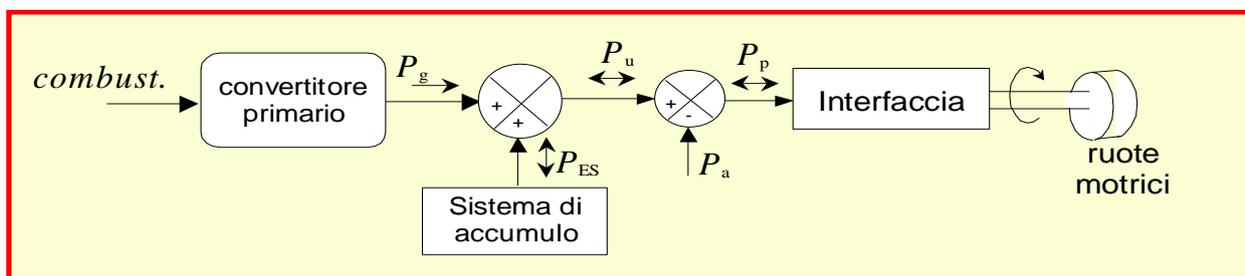
Dans tous les cas, un système hybride fournit un système de stockage, à la fois pour optimiser les performances et récupérer l'énergie de freinage, et pour répondre à la demande instantanée de puissance dans les phases d'accélération. Le moteur principal, en fait, généralement dimensionné sur la puissance moyenne et non la puissance de pointe, fonctionne à des régimes presque constants et dans la zone à faible émission assurant l'équipement du véhicule dans les phases à vitesse constante, tandis que le système de stockage fournit l'énergie nécessaire dans les phases d'accélération. Les systèmes de stockage d'énergie les plus couramment utilisés sont de nature électrochimique (batteries).

Dans les systèmes de propulsion hybrides, la présence de multiples sources d'énergie pour la traction crée la nécessité de gérer adéquatement les flux d'énergie entre et entre les sources et le système de propulsion. La figure ci-dessous montre un schéma de propulsion hybride général avec les relations fonctionnelles entre les différentes composantes du système mis en évidence.

## Struttura funzionale di veicoli con sistema di propulsione ibrido



## Gestion énergétique d'un véhicule hybride



$$P_u(t) = P_g(t) + P_{ES}(t)$$

$$P_p(t) = P_u(t) - P_a(t)$$

$P_a$  potenza assorbita dagli ausiliari

12

NOTA: Lo schema è generale e vale sia per gli ibridi serie che parallelo

## Manœuvrer les locomotives.

Les deux principales caractéristiques du cycle d'exploitation typique d'une locomotive de manœuvre sont d'avoir des pics de puissance élevés face à la puissance requise pour les déplacements à basse vitesse et un petit temps de vélo par rapport à celui dans lequel la voiture est stationnaire, mais s'engage tout de même à une puissance de quelques dizaines de kW pour maintenir les auxiliaires en mouvement : compresseur, système de freinage, ventilation, climatisation, etc.<sup>1</sup>

Une et l'autre caractéristique du cycle signifie que la valeur moyenne de la puissance totale requise est inférieure à la puissance maximale installée à bord pour les disques (normalement électriques, dans une moindre mesure la dynamique de l'huile) nécessaire pour le transfert d'objets à déplacer, de sorte que la puissance du générateur primaire (groupe générateur) peut être de l'ordre de 15-20% de la puissance maximale. Les batteries doivent donc être en mesure de fournir la puissance supplémentaire nécessaire pendant les pics de demande.

Un système hybride avec stockage ferroviaire vous permet de :

- améliorer l'efficacité énergétique du système en vous permettant de choisir le point de travail du premier moteur avec une certaine liberté, par exemple en le faisant travailler plus près des conditions de performance maximales que la pleine puissance de livraison nécessaire pour la propulsion permettrait; Cela peut également réduire considérablement les émissions polluantes dans l'atmosphère,
- améliorer l'efficacité énergétique du système en récupérant une partie de l'énergie cinétique stockée dans la masse du véhicule pendant le freinage.
- il peut faire la propulsion électrique seulement, donc zéro polluants et de faibles émissions acoustiques.

L'hybridation des locomotives de manœuvre utilisées dans les gares aujourd'hui, essentiellement pour la composition des trains de marchandises, est particulièrement intéressante.

---

<sup>1</sup> Bien sûr, les missions de sauvetage et l'utilisation comme locomotives de train ne se considèrent pas

## Locomotive de manœuvre



Le service de manœuvre est soumis à une grande variabilité. Par conséquent, pour dimensionner la locomotive de manœuvre hybride, il est commode de se référer à une définition statistique du profil de mission, à partir d'une analyse des principaux paramètres qui peuvent influencer sur la variabilité du profil ci-dessus. On suppose que les paramètres de la grippe ont une distribution gaussienne dans le champ de variabilité défini. L'utilisation d'une définition statistique du profil de mission permet, d'une part, de ne pas surdimensionner le système de stockage des locomotives et/ou la puissance du moteur principal, comme ce serait le cas en prenant les valeurs extrêmes, et d'autre part d'avoir une confiance suffisante que le véhicule est capable de faire face à la plupart des cas qui peuvent se produire en fonctionnement, d'être en mesure, pour les quelques cas restants, d'accepter une réduction des performances en termes de puissance (mais pas en termes de puissance traction).

Une séquence de mouvements élémentaires est définie comme un service de manœuvre qui, en référence à la figure 1, peut être schématisé comme suit :



Figure 1 : Diagramme de la plante.1

- Déplacement d'une colonne de wagons de la voie 1 à la tige de manœuvre.
- Arrêt de la colonne
- Temps d'attente pour la formation d'itinéraire ( $T_1$ )
- Transmettre la colonne en binaire 2
- Temps d'attente pour les opérations d'amarrage/désamarrage et la formation sur les itinéraires pour le prochain mouvement ( $\Delta T_2$ )

On suppose également que le temps d'utilisation de la locomotive, en raison de l'inévitable discontinuité du service de manœuvre, est réparti au hasard au cours de la période de travail quotidienne. Il est donc également incorporé dans la définition du mouvement élémentaire un temps d'attente  $\Delta T_a$  entre un service et l'autre, qui est en plus des temps techniques  $\Delta T_1$  et  $\Delta T_2$  définis ci-dessus'

Les principaux paramètres de la définition du profil de mission sont énumérés ci-dessous.

- Masse totale de train (exemple)
  - Masse totale maximale de colonne (y compris la locomotive) 1600 tonnes
  - Masse minimale (correspondant à la locomotive isolée) 62 tonnes
- Longueur du train:
  - Longueur maximale d'environ 500m
  - longueur minimale (correspondant à la locomotive isolée) 13 m
- Temps d'attente total pour les opérations de formation des trains et des itinéraires :

En supposant que  $\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2$  et que  $\Delta T_1$  et  $\Delta T_2$  varient entre 1 minute et 5 minutes, il apparaît que pour chaque mouvement de manœuvre élémentaire :

$\Delta T_{\max}$  10 minutes

$\Delta T_{\min}$  - 2 minutes

- Le déplacement de la colonne minimale et maximale peut être calculé comme suit :

- Déplacement maximum

$$S_{\max} = (1800 - 50 - L) + (100 + 50) + L + L + (50 + 100 + 50) + (1700 - 50 - L) = 3750 \text{ m}$$

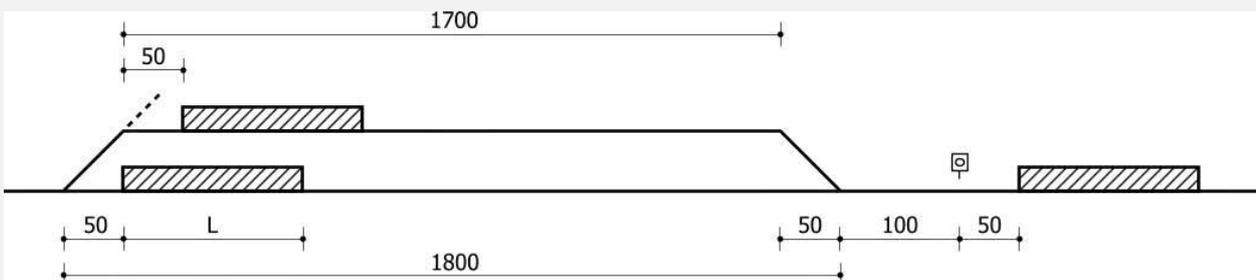


Figure 2 : Déplacement maximal.

- Déplacement minimal

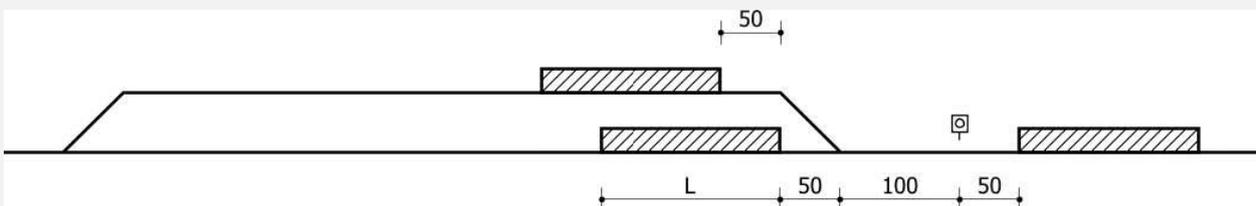


Figure 3 : Déplacement minimal.

$$S_{\min} = (50 + 100 + 50) + L + L + (50 + 100 + 50 + 50) = 450 + 2L \text{ m}$$

Par exemple, si L est de 450 m

$S_{\max}$  3750 m

$S_{\min}$  1350 m

Afin d'évaluer les énergies et les pouvoirs nécessaires à l'exécution d'un cycle élémentaire, tel que décrit ci-dessus, une simulation a été réalisée en référence à l'utilisation d'une locomotive de manœuvre de type D141 (en service dans les chemins de fer de l'état FS) qui effectue le cycle suivant :

- *60 secondes de stationnement initial,*
- *Déplacement d'une colonne de wagons de la voie 1 à la manœuvre pour un espace de 1475m.*
- *Arrêt de la colonne et temps d'attente pour l'entraînement à l'itinéraire : 126 secondes,*
- *Transmettre la colonne en binaire 2 (espace 1475),*
- *Temps d'attente pour l'amarrage/désamarrage et l'entraînement sur l'itinéraire pour le prochain mouvement : 126 secondes,*

avec les caractéristiques suivantes du mouvement:

- *Vitesse maximale de mouvement 30 km/h (la vitesse est limitée par la présence de métiers)*
- *Résistance à la motocyette indépendante de la vitesse : 30N/tonne*
- *Aucune limitation de performance en puissance par rapport à la souche de vitesse caractéristique de la locomotive.*

et avec les paramètres de la grippe indiqués dans le tableau suivant

|                          | Symbole        | unité de mesure | valore max | valeur minimale | Médias |
|--------------------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|--------|
| masse globale du train   | M              | ton             | 1.600      | 62              | 831    |
| longueur de déplacement  | L              | M               | 3.750      | 855             | 2.303  |
| temps d'attente          | T              | ség (ség)       | 600        | 120             | 360    |
| % de temps d'utilisation | P <sub>i</sub> | %               | 30         | 10              | 20     |

Le tableau suivant montre les valeurs totales de flux de puissance kW pour chaque composant du véhicule.

|   |     |
|---|-----|
| Puissance de traction maximale                  | 330 |
| Puissance maximale récupérée de la traction     | 67  |
| Puissance maximale générée par l'accumulation   | 220 |
| Puissance maximale récupérée de l'accumulation  | 167 |
| Puissance générée                               | 120 |
| Puissance maximale dissipée                     | 0   |
| Puissance maximale absorbée par les auxiliaires | 10  |

On peut noter qu'avec une puissance nominale de 1400 kW de la locomotive D141, il peut être utilisé pour l'hybridation de cette locomotive pour manœuvrer un groupe

de générateurs d'environ 200 kW (augmentant un peu la puissance maximale requise dans le cycle considéré comme ayant une marge pour ensuite transférer les convois à la station la plus proche à une vitesse supérieure à 30 km/h).

Le tableau suivant montre les flux d'énergie kWh dans les composants du véhicule pour effectuer le cycle élémentaire décrit, qui dure environ 24 minutes, dont environ 6 minutes sont inactives.

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| Energie de traction                  | 85.4 |
| Energie de stockage nette            | 53.8 |
| Énergie de stockage générée          | 57.5 |
| Énergie de stockage récupérée        | 3.7  |
| Énergie absorbée par les auxiliaires | 4.0  |
| Consommation totale de diesel litre  | 2.2  |
| Consommation de diesel par km        | 7    |

Par rapport à la consommation de la D141 sur ce cycle élémentaire, qui s'élève à 4,5 litres, il y a une réduction de la consommation d'environ 50% en raison, essentiellement, du fait qu'un moteur diesel beaucoup plus petit est en cours d'exécution au point de travail près de la performance maximale tandis que le D141 fonctionne en moyenne à un peu plus de 10% de sa puissance nominale pendant le processus de transfert.

### **Manœuvre de locomotive en électricité bimodale pure.**

Une locomotive électrique bimodale est une locomotive électrique normale alimentée par la ligne pantographique à laquelle s'ajoute un système de stockage d'énergie électrique avec accumulateurs électrochimiques. Ce type de véhicule peut circuler le long de sections de la ligne de chemin de fer sans être alimenté par la ligne de contact, mais en exploitant l'énergie des accumulateurs électrochimiques.

Dans le cas de l'utilisation comme locomotives de manœuvre, ils peuvent fonctionner sur une infrastructure, non fournie par la ligne de contact, reliant les quais aux lignes de transport nationales, en utilisant l'électricité accumulée et en rechargeant ensuite les accumulateurs lorsqu'ils s'intègrent dans l'infrastructure ferroviaire alimentée par la ligne de contact (normalement la gare d'où ils prennent et amènent les convois chargés/déchargés dans le quai).

Ce type de solution de véhicule ne permettrait pas d'utiliser de carburant dans la manutention portuaire avec les trains, l'annulation des émissions de gaz combustibles localement et aussi la réduction de la pollution sonore.

En ce qui concerne le cycle de manœuvre élémentaire pour la formation d'un convoi d'environ 450m illustré ci-dessus, l'électricité nécessaire pour effectuer le cycle serait d'environ 90kWh, considérant que pour le transport du convoi de 1600t pour 8 km jusqu'à la station la plus proche serait utilisé environ 200kWh et de ramener un convoi de wagons vides au port consommerait environ 50kWh, vous aurez besoin d'accumuler environ 340 kWh. À l'aide d'un coefficient de sécurité de 2, environ 700 kWh d'accumulateurs électrochimiques devraient être installés à bord, ce qui, avec les technologies lithium les plus commerciales aujourd'hui, se traduirait par une augmentation du poids d'environ 500 kg (presque aucun effet par rapport à 13t de poids).

Par exemple, en tenant compte du "Livourne-Port de Livourne" vous avez un mouvement annuel d'environ 2400 convois qui ne sont pas formés dans le quai, mais seulement transféré de de la gare de Tombolo au quai normalement toujours à charge totale d'environ 1500t, sur un itinéraire d'environ 8 km, avec une consommation annuelle de 480MWh d'électricité pour la traction. La même activité avec les locomotives actuelles nécessiterait environ 200000 l de diesel.

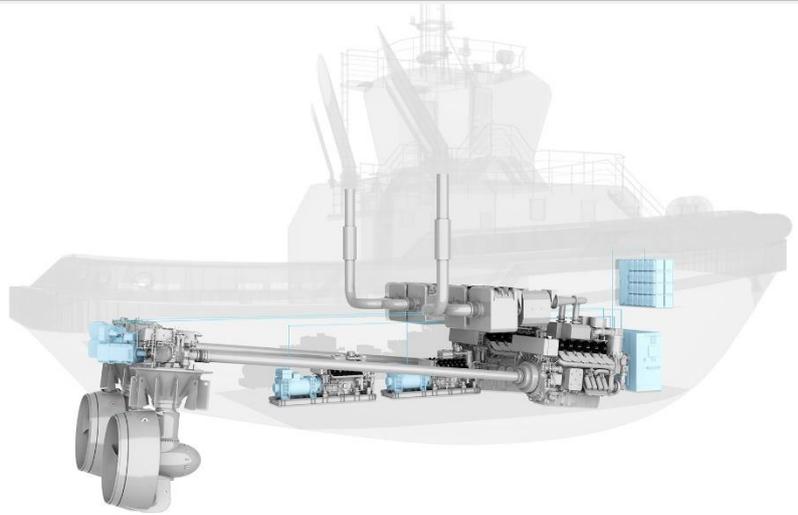
## Remorqueurs

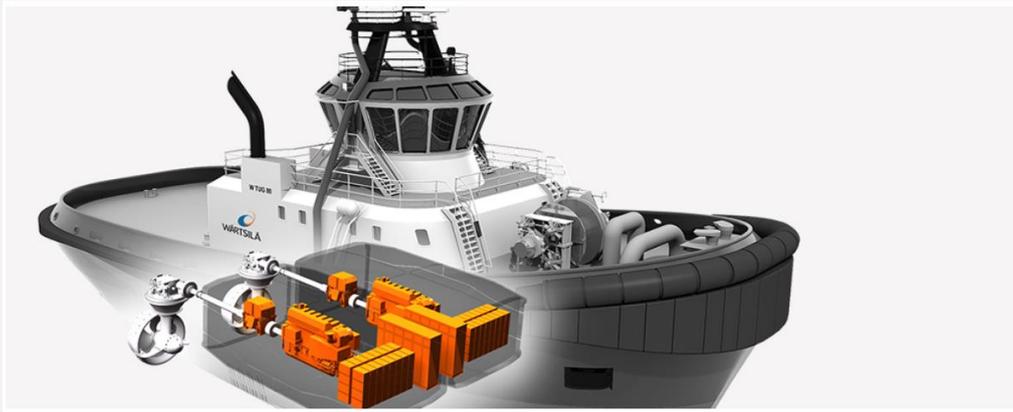
Il existe déjà des exemples commerciaux de remorqueurs hybrides et alimentés à GNL.



**Rule the harbor with hybrid propulsion** **MAN Energy Solutions**  
Future in the making

| EMISSION REDUCTION UP TO                   | POWER RANGE UP TO                            | BOLLARD PULL                 |
|--|--|------------------------------|
| <b>27%</b>                                 | <b>2,5MW</b>                                 | <b>80t</b>                   |
| in CO <sub>2</sub> and savings in fuel oil | per propulsor – based on MAN 12V175D engines | based on MAN 12V175D engines |





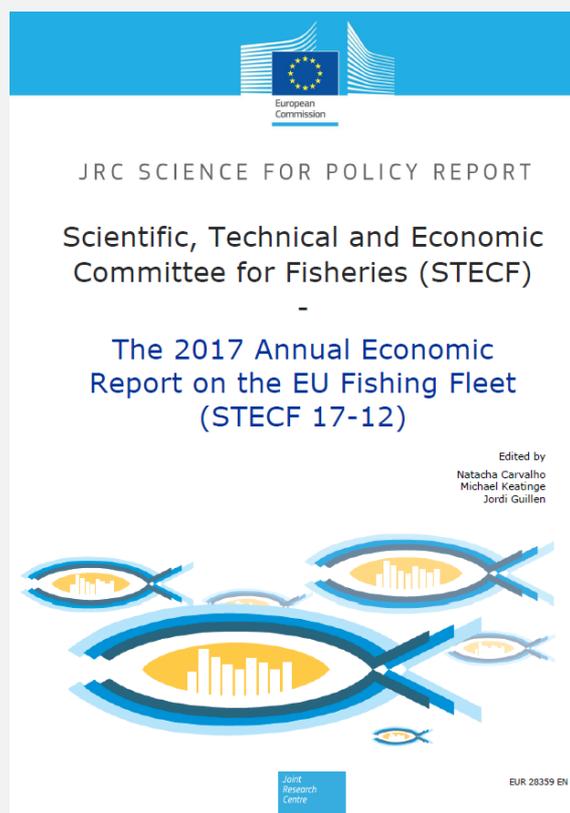
## Wärtsilä HY sets a new benchmark

Wärtsilä HY is the first, integrated hybrid power module in the marine market. An alternative to belching smokestacks, this green and efficient propulsion module was developed by maximising synergies in the group. With Wärtsilä as a single supplier, it is a new benchmark in alternative propulsion.



## Bateaux de pêche

Du Comité scientifique, technique et économique de la pêche (STECF) -Le Rapport économique annuel 2017 sur la flotte de pêche de l'UE (STECF 17-12) a attiré la consommation pour la partie de la flotte italienne qui pourrait être prêtée à une conversion au GNL.



En particulier, l'attention a été concentrée sur la flotte à grande échelle (LSF) figurant dans le tableau 5.54 Italie: statistiques de la flotte nationale et résultats de la performance économique par activité de pêche. (Source des données: soumissions de données des États membres dans le cadre de la flotte économique DCF 2017 (MARE / A3 / AC (2017))); toutes les valeurs monétaires ont été ajustées en fonction de l'inflation; prix constants (2015))

Les dernières données réelles pour 2015 ont donc été traitées, hors projections ultérieures.

|   |                  | LSF    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
|   |                  | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016*  | 2017*  |  |
| <b>Total number of vessels</b>            | (#)              | 4,452  | 4,386  | 4,351  | 4,286  | 4,099  | 3,894  | 3,944  | 3,895  | 3,816  | 3,816  |  |
| <b>Vessel tonnage</b>                     | (thousand GT)    | 164    | 161    | 155    | 149    | 142    | 135    | 136    | 136    |        |        |  |
| <b>Engine power</b>                       | (thousand kW)    | 848    | 832    | 808    | 791    | 753    | 723    | 732    | 732    |        |        |  |
| <b>FTE</b>                                | (#)              | 11,923 | 11,559 | 11,242 | 10,638 | 10,890 | 10,043 | 11,315 | 11,581 | 11,311 | 11,311 |  |
| <b>Total employed</b>                     | (person)         | 15,627 | 15,269 | 14,888 | 14,675 | 14,361 | 13,483 | 13,819 | 13,208 | 12,929 | 12,929 |  |
| <b>Days at sea</b>                        | (thousand day)   | 600    | 630    | 598    | 571    | 523    | 508    | 502    | 484    | 474    | 474    |  |
| <b>Fishing days</b>                       | (thousand day)   | 563    | 600    | 576    | 548    | 505    | 503    | 502    | 494    |        |        |  |
| <b>Number of fishing trips</b>            | (thousand)       | 539    | 567    | 536    | 516    | 477    | 476    | 470    | 454    |        |        |  |
| <b>Energy consumption</b>                 | (million litre)  | 369.7  | 369.0  | 343.4  | 332.3  | 278.2  | 247.8  | 271.9  | 334.0  | 325.6  | 325.6  |  |
| <b>Live weight of landings</b>            | (thousand tonne) | 183.7  | 195.5  | 189.3  | 173.6  | 164.7  | 145.4  | 148.6  | 161.3  | 155.2  | 155.2  |  |
| <b>Value of landings</b>                  | (million €)      | 911.3  | 960.7  | 892.3  | 832.2  | 694.1  | 637.9  | 610.0  | 676.6  | 678.9  | 674.9  |  |
| <b>Income from landings</b>               | (million €)      | 911.3  | 960.7  | 892.3  | 832.2  | 694.1  | 637.9  | 610.0  | 676.6  | 678.9  | 674.9  |  |
| <b>Other income</b>                       | (million €)      | 8.1    | 5.2    | 4.3    | 3.6    | 4.7    | 3.9    | 4.8    | 2.8    | 2.6    | 2.6    |  |
| <b>Direct income subsidies</b>            | (million €)      | 32.7   | 13.5   | 23.5   | 11.6   | 7.3    | 12.5   | 17.0   | -      |        |        |  |
| <b>Income from leasing fishing rights</b> | (million €)      |        |        |        |        |        | 0.5    | 1.2    |        |        |        |  |
| <b>Wages and salaries of crew</b>         | (million €)      | 208.2  | 282.5  | 246.1  | 203.4  | 164.1  | 170.6  | 152.8  | 187.6  | 188.8  | 187.7  |  |
| <b>Unpaid labour value</b>                | (million €)      | 0.9    | 2.7    | 2.0    | 1.3    | 1.7    | 1.6    | 1.6    | 1.0    | 1.0    | 1.0    |  |
| <b>Energy costs</b>                       | (million €)      | 285.8  | 188.7  | 218.3  | 258.1  | 227.2  | 186.4  | 196.2  | 175.2  | 110.5  | 132.4  |  |
| <b>Repair &amp; maintenance costs</b>     | (million €)      | 35.9   | 35.7   | 34.4   | 31.9   | 29.4   | 27.6   | 28.1   | 30.5   | 29.9   | 29.2   |  |
| <b>Other variable costs</b>               | (million €)      | 114.7  | 120.9  | 113.4  | 103.4  | 84.2   | 72.5   | 55.7   | 57.0   | 55.6   | 54.2   |  |
| <b>Other non-variable costs</b>           | (million €)      | 35.6   | 36.3   | 32.9   | 30.8   | 28.3   | 20.9   | 21.9   | 24.0   | 23.6   | 23.0   |  |
| <b>Annual depreciation costs</b>          | (million €)      | 160.0  | 165.3  | 156.0  | 152.5  | 130.0  | 114.2  | 118.2  | 122.5  | 119.2  | 116.2  |  |
| <b>Rights costs</b>                       | (million €)      | -      | -      | -      | -      | -      | -      |        | -      | -      | -      |  |
| <b>Opportunity cost of capital</b>        | (million €)      | 8.2    | 25.5   | 16.3   | 16.3   | 12.1   | 14.9   | 13.4   | 8.2    | 7.7    | 3.9    |  |
| <b>Tangible asset value (replacement)</b> | (million €)      | 717.4  | 733.3  | 679.6  | 666.0  | 572.6  | 500.1  | 499.1  | 510.6  | 481.9  | 469.7  |  |
| <b>Fishing rights</b>                     | (million €)      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |  |
| <b>Investments</b>                        | (million €)      | 62.8   | 63.7   | 51.0   | 25.1   | 20.0   | 7.0    | 13.6   | 11.1   |        |        |  |
| <b>Gross Value Added</b>                  | (million €)      | 447.2  | 584.2  | 497.6  | 411.7  | 329.7  | 334.4  | 312.9  | 392.6  | 461.9  | 438.7  |  |
| <b>GVA to revenue</b>                     | (%)              | 48.6   | 60.5   | 55.5   | 49.3   | 47.2   | 52.1   | 50.9   | 57.8   | 67.8   | 64.8   |  |
| <b>Gross profit</b>                       | (million €)      | 238.1  | 299.1  | 249.5  | 207.0  | 163.9  | 162.2  | 158.5  | 204.0  | 272.1  | 250.0  |  |
| <b>Gross profit margin</b>                | (%)              | 25.9   | 31.0   | 27.8   | 24.8   | 23.4   | 25.3   | 25.8   | 30.0   | 39.9   | 36.9   |  |
| <b>Net profit</b>                         | (million €)      | 69.9   | 108.3  | 77.2   | 38.2   | 21.7   | 33.1   | 26.9   | 73.4   | 145.2  | 129.9  |  |
| <b>Net profit margin</b>                  | (%)              | 7.6    | 11.2   | 8.6    | 4.6    | 3.1    | 5.2    | 4.4    | 10.8   | 21.3   | 19.2   |  |
| <b>Return on fixed tangible assets</b>    | (%)              | 10.9   | 18.2   | 13.8   | 8.2    | 5.9    | 9.6    | 8.1    | 16.0   | 31.7   | 28.5   |  |
| <b>GVA per FTE (labour productivity)</b>  | (thousand €)     | 37.5   | 50.5   | 44.3   | 38.7   | 30.3   | 33.3   | 27.7   | 33.9   | 40.8   | 38.8   |  |

La flotte de navires LSF se compose de 3895 navires qui ont consommé 334 millions de litres de carburant diesel, ce qui correspond à environ 3340 millions de kWh en termes d'énergie (10 kWh/l LHV diesel). En supposant une conversion de flotte avec le remplacement de carburant (maintenir l'efficacité de conversion par l'intermédiaire des moteurs à combustion interne), cette exigence peut être couverte d'environ 238600 tonnes de GNL.

Se référant à un navire moyen de la flotte, il consomme 85750 litres de diesel en un an, ce qui pourrait se transformer en environ 61250 kg de GNL.

En termes de CO2 émis, il passerait de 228500 kg de CO2 (densité diesel 0,846kg/l et 3,15 kgCO2/kg de diesel) à 168400 kg co2 (2,75 kg CO2/kg de GNL) avec une réduction d'environ 25%.

De la même manière que mentionné ci-dessus, il y aurait des réductions substantielles en termes de particules et de NOx émis.



Sur le plan économique, le fait de supposer que les prix au bunker de carburant peuvent entraîner une réduction substantielle des coûts du carburant en cas de conversion au GNL.

En effet, cet aspect doit toutefois tenir compte de la logistique de distribution et surtout de la taxation à laquelle ces carburants (pêche diesel et GNL) sont, et seront soumis.

Un autre avantage de l'adoption du GNL sur un bateau de pêche est la possibilité de récupérer le froid pendant le processus de regazéification pour une utilisation à bord dans l'entreposage à froid. En particulier, compte tenu de la récupération du froid du GNL jusqu'à la température de -30 degrés Celsius, le potentiel de froid récupérable est de 0,21 kWh thermique pour chaque kg de GNL (compte tenu d'un cycle de réfrigérateur similaire avec COP-1.5 serait de 0,14 kWh électrique économisé pour chaque kg de GNL regazéifié).

Une autre possibilité est d'accumuler le froid sous forme de glace à utiliser pour la conservation des prises.

## 4. Conclusions

En ce qui concerne la consommation actuelle, on peut constater que les mesures d'efficacité et de réduction des émissions locales indiquées, tant avec le passage du vecteur du diesel au GNL, que la pénétration du transporteur électrique est plus importante, les deux économies substantielles sont réalisées à la fois réductions significatives des émissions.

Le tableau suivant dresse la liste des estimations des variations en pourcentage de la consommation d'énergie et des émissions de CO2.

| Port signifie               | Puissance actuelle (électrique, diesel) | Réduire la consommation d'hybridation | Réduire la consommation et les émissions d'électrification locale | Passage possible au GNL | Nouvelle réduction de la consommation (et du CO2) avec le GNL |
|-----------------------------|---|---------------------------------------|---|-------------------------|---|
| Grues de quai               | Et                                      |                                       |   |                         |   |
| Atteindre l'empileur        | D                                       | -10% ... -20%                         |   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Sellette                    | D                                       | -30%                                  |   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Locomotive                  | D                                       | -35% ... -50%                         | -100 %  | X                       | -10% ... -20 %  |
| Chariot élévateur à fourche | D                                       |                                       | -100%   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Rtg                         | D                                       | -50% ... -70%                         |   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Autres grues                | D/E                                     | -40% ... -60%                         | -100%   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Remorqueurs                 | D                                       | -20% ... -30%                         |   | X                       | -10% ... -20 %  |
| Navires dans le dock        | D                                       |                                       | -100%   | X                       | -40%  |

À titre d'exemple, le tableau suivant montre les économies d'énergie et la réduction des émissions locales de CO2 dans le cas du port de Livourne.

|                                | gestion actuelle |         | Hypothèse de conversion en gnl |         | Hypothèses d'adoption des systèmes hybrides diesel |         | Hypothèses d'adoption de systèmes de GNL hybrides |         | Hypothèses d'adoption de systèmes hybrides de GNL - électrification |         |
|--------------------------------|------------------|---------|--------------------------------|---------|--|---------|---|---------|---|---------|
|                                | diesel [klitri]  | CO2 [t] | GNL [t]                        | CO2 [t] | diesel [klitri]                                    | CO2 [t] | GNL [t]   | CO2 [t] | GNL [t]   | CO2 [t] |
| Port signifie                  |                  |         |                                |         |  |         |   |         |   |         |
| Atteindre l'empileur           | 1172             | 3130    | 843                            | 2319    | 938  | 2504    | 675   | 1856    | 675   | 1856    |
| Sellette                       | 42               | 113     | 30                             | 81      | 30   | 79      | 21  | 59      | 21  | 59      |
| Locomotive                     | 200              | 534     | 144                            | 384     | 120  | 320     | 86  | 237     | 0   | 0       |
| Chariot élévateur à fourche    | 82               | 218     | 59                             | 157     | 82   | 218     | 59  | 161     | 0   | 0       |
| Rtg                            | 514              | 1373    | 370                            | 988     | 154  | 412     | 111   | 305     | 111   | 305     |
| d'autres grues                 | 509              | 1359    | 366                            | 978     | 204  | 544     | 146   | 403     | 0   | 0       |
| Remorqueurs                    | 303              | 808     | 218                            | 581     | 212  | 565     | 152   | 419     | 152   | 419     |
| navires en repos               | 3700             | 9879    | 2218                           | 6100    | 3700   | 9879    | 2662  | 7320    | 0   | 0       |
| À                              | 6522             | 17413   | 4248                           | 11587   | 5439   | 14521   | 3913  | 10760   | 959   | 2638    |
| Réduction des émissions de CO2 |                  |         |                                | -33%    |  | -17%    |   | -38%    |   | -85%    |