

Synthèse

Avril 2022

(Version complète du
rapport livrée mars 2022)

Étude et état des lieux sur les technologies d'électrification des quais au Québec

Une étude commandée par



TECHNOPOLE
MARITIME
DU QUÉBEC

Réalisée par



Contexte

L'industrie du transport maritime cherche à réduire ses émissions de gaz à effet de serre et à décarboner ses activités. Elle cherche notamment à réduire son empreinte carbone dans les zones portuaires en sondant l'option d'électrification à quai pour réduire les émissions des navires durant leurs escales. Alors que le Québec bénéficie via les nombreuses centrales hydroélectriques présentes sur son territoire d'une électricité propre et abordable, peu d'initiatives ont émergé dans le transport maritime québécois pour développer ce type de branchement.

C'est dans ce contexte que cette étude a été commandée à Innovation maritime pour le réseau MeRLIN de Technopole maritime du Québec. Celle-ci a ainsi pour objectif de réaliser un état des lieux de la situation au Québec et d'identifier des moyens techniques et économiques permettant de favoriser l'installation de ce genre de technologie au Québec. Le projet met notamment en évidence les conditions dans lesquelles l'électrification à quai pourrait devenir une option valable pour les différentes parties prenantes.

À propos de MeRLIN



Porté par Technopole maritime du Québec (TMQ), MeRLIN est un réseau industriel dédié à l'innovation dans le secteur du transport maritime et du milieu portuaire. Il vise à améliorer l'accès aux expertises en recherche et développement afin de faciliter la mise en œuvre de projets innovants répondant aux défis de l'industrie maritime.

MeRLIN accompagne l'industrie dans la définition de ses besoins de recherche, stimule le travail collaboratif autour d'enjeux communs, facilite la réflexion et le processus de recherche de solutions concrètes, favorise la mise en place d'outils de planification à long terme et assure l'arrimage des acteurs du milieu.

MeRLIN est le fruit de la contribution de ses membres industriels et de ses partenaires financiers, soit Développement Économique Canada (DEC) et le Créneau Ressources Sciences et Technologies Marines.

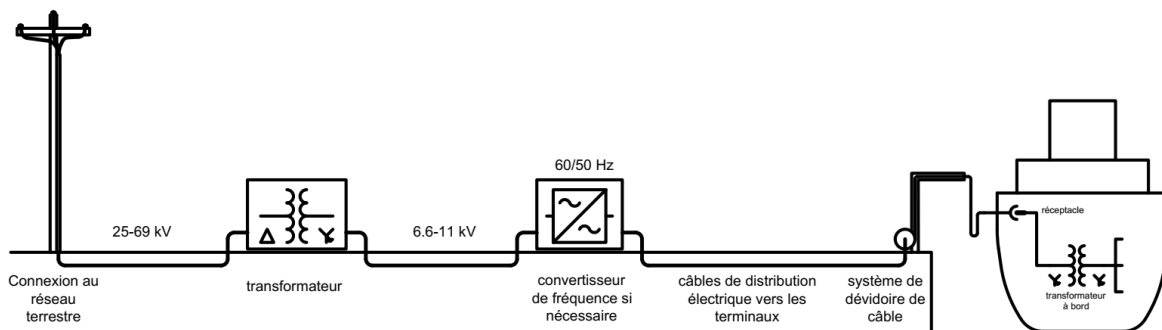
Membres MeRLIN



Introduction

L'industrie du transport maritime mène depuis plusieurs années d'importants efforts afin de réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Elle est habitée par un désir important de diminuer son empreinte écologique dans la conduite de ses opérations. Dans cette perspective, l'une des solutions envisagées est l'utilisation de systèmes d'électrification à quai permettant d'alimenter en électricité les navires lors de leurs escales (Figure 1). Les sources d'énergie alors utilisées via ces réseaux de distribution terrestres présentent de nets avantages au niveau environnemental comparativement aux génératrices normalement utilisées à bord des navires. Au niveau financier, elles peuvent également réduire les coûts d'alimentation en électricité de 40 % à 70 % selon les configurations et les systèmes mis en place, de même que les pratiques tarifaires adoptées par les ports.

Figure 1: Configuration type en Amérique du Nord d'un réseau d'alimentation à quai



Source: Innovation maritime.

L'électricité au Québec est essentiellement d'origine hydroélectrique. Elle constitue une énergie de nature renouvelable, propre et abordable économiquement. Malgré ces avantages, peu d'initiatives ont émergé dans le secteur maritime québécois pour favoriser son utilisation. Le branchement électrique à quai des navires marchands apparaît cependant comme une voie prometteuse de réduction des gaz à effet de serre pour le domaine maritime.

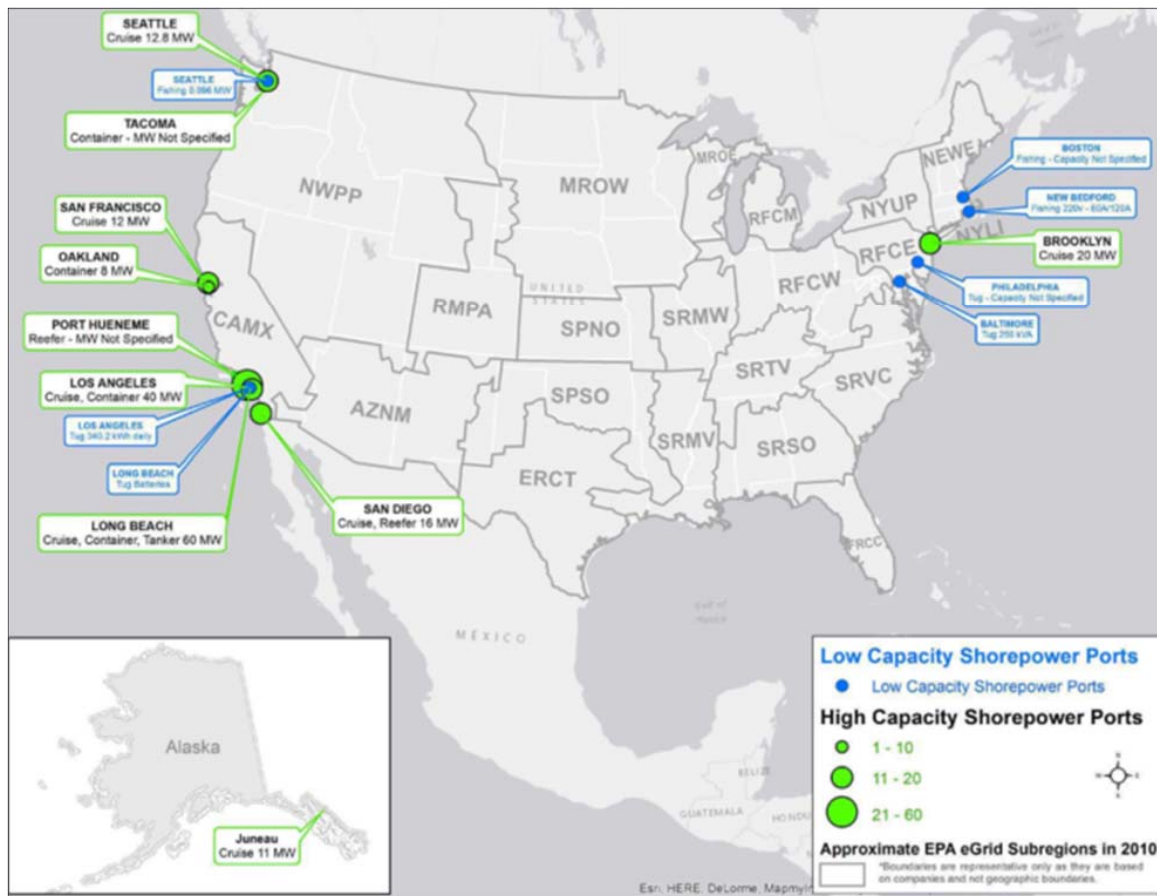
L'objectif de la présente étude est de dresser l'état de la situation au Québec quant à l'électrification à quai. Elle vise aussi à identifier les technologies qui permettraient de favoriser l'implantation d'un tel service dans les terminaux (ports) du Québec. Le présent document est un résumé de l'étude complète qui peut être consultée auprès de Technopole maritime du Québec.

01 | Situation actuelle

1.1 L'électrification des ports en Amérique du Nord

En Amérique du Nord, la tendance à l'électrification des quais s'observe davantage sur la côte ouest. Aux États-Unis, on comptait en 2017 une dizaine de ports du côté de l'océan Pacifique offrant ce service.

Figure 2: Carte des États-Unis et de la position des ports offrant l'alimentation à quai en 2017



Source: United States Environmental Protection Agency.

Au Canada, les ports d'Halifax, de Montréal et de Vancouver offrent des services d'électrification à quai pour les navires de croisière à des tensions de 6,6 kV et 11 kV à 60 Hz.

Les ports de Prince Rupert et Vancouver ont également mis en place des projets d'électrification de terminaux de porte-conteneurs à 6,6 kV à 60 Hz dans les dernières années.

Enfin, la Société des Transports du Québec (STQ) a installé à Matane un système d'électrification basse tension pour alimenter le *F-A. Gauthier*, un traversier assurant la liaison entre Matane–Baie-Comeau/ Godbout, à la fin des journées de travail. Ce système alimenté à 600 V fournit une puissance maximale de 1,66 MVA pour couvrir les besoins des espaces de vie à bord du navire.

1.2 Principaux armateurs du Québec

Un sondage a été réalisé auprès de quelques grands armateurs canadiens naviguant sur le Saint-Laurent afin d'identifier les besoins en électrification à quai de leurs navires. Au total, un échantillon de vingt-trois navires a pu être caractérisé afin d'identifier les principaux profils de consommation électrique.

Les résultats démontrent que la majorité des navires (70%) est alimenté via un réseau électrique à 60 Hz. Les navires sont tous alimentés en basse tension. Les tensions d'alimentation variant de 380 V à 600 V. Enfin, 53% des navires identifiés requièrent une puissance d'alimentation à quai supérieure à 850 kW. Une alimentation haute tension serait à privilégier pour ce type de puissance.

02 | Principales technologies disponibles à quai

Plusieurs configurations de connexion peuvent être déployées sur un quai pour électrifier des navires. Le choix de configuration de connexion dépend des besoins des navires et des services d'électrification que le port désire offrir. Le Tableau 1 présente les principaux avantages et inconvénients des topologies de circuits les plus fréquemment utilisées.

Tableau 1: Comparaison des topologies décrites du système CENAQ

Topologie	Avantages	Désavantages
HT une fréquence	<ul style="list-style-type: none">› Topologie la plus simple et la moins coûteuse.› Cette configuration est très intéressante en Amérique du Nord, car la fréquence disponible est à 60 Hz.	<ul style="list-style-type: none">› Une seule fréquence disponible, celle du réseau. Il est cependant possible de prévoir des unités de conversion mobiles ou installées directement sur un quai.› Une autre option est d'installer le convertisseur de fréquence requis à bord d'un navire.
HT deux fréquences avec un convertisseur	<ul style="list-style-type: none">› L'installation occupe une surface relativement petite et est placée à distance de l'environnement hostile des quais, donc à longue distance des quais.› Le coût d'installation est légèrement inférieur au coût des autres topologies avec plusieurs convertisseurs.	<ul style="list-style-type: none">› Le système le plus sujet aux pannes (la panne du convertisseur désactive toutes les bornes 50 Hz).› Disponibilité limitée d'un service hautement spécialisé pour les convertisseurs haute puissance.› Faible qualité de l'électricité (le taux de distorsion harmonique THD élevé). Nécessité d'utiliser des filtres harmoniques.

<p>HT deux fréquences à plusieurs convertisseurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> › La défaillance de l'un des convertisseurs ne déconnecte qu'une seule borne, les autres terminaux fonctionnent sans aucun problème. › Possibilité d'augmenter la fiabilité grâce à l'utilisation de la redondance multi-niveaux. › Possibilité d'augmenter la fiabilité grâce à l'utilisation de la redondance multi-niveaux. › Facilité d'accès au service. › Haute qualité des tensions générées par les onduleurs basés sur des transistors IGBT. › Possibilité de placer des installations autonomes si les convertisseurs sont dans des conteneurs et d'augmenter ainsi les possibilités d'extension du système CENAQ. 	<ul style="list-style-type: none"> › Le coût d'installation est légèrement plus élevé que dans la topologie à un convertisseur. › L'emplacement nécessaire pour l'installation est plus important que celui avec juste un convertisseur.
<p>Haute tension courant continu (HTCC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> › La surface de la gare principale est la plus petite de toutes les variantes. › Rendement élevé grâce à des pertes plus faibles dans les lignes de distribution des câbles CC. › Lorsque l'onduleur est mobile, la configuration des quais est plus flexible. › Modularité pour une expansion facile. 	<ul style="list-style-type: none"> › La mise en place d'onduleurs (convertisseurs CC à CA) fixes sur les quais interfère avec l'infrastructure portuaire. › Les onduleurs sont plus exposés à l'environnement hostile des quais. › La défaillance du convertisseur CA/CC dans la station principale empêche le fonctionnement des bornes si celui-ci n'est pas redondant. › Les onduleurs augmentent les coûts même si la fréquence utilisée à bord du navire est la même que celle du réseau terrestre.

Sources: Tranapowicz & German-Galkin, *Innovation maritime*.

Il est à noter que ce tableau présente uniquement des solutions haute tension. Les mêmes topologies à basse tension peuvent être installées pour s'adapter aux niveaux de tension des navires sans que ceux-ci doivent disposer d'un transformateur à bord. Toutefois, le nombre de niveaux de tension standards est important: 230 V, 380 V, 400 V, 440 V, 450 V, 575 V, 600 V et 690 V. Dans le cas où un même quai est utilisé par plusieurs navires, il devient donc plus difficile de rendre disponible une tension d'alimentation compatible aux besoins électriques de chacun d'eux.

Pour des puissances consommées de plus de 1 000 kVA, une connexion haute tension (6,6 kV ou 11 kV) est recommandée pour limiter le nombre de connecteurs et le courant délivré. Pour des puissances inférieures à 1 000 kVA, la connexion peut se faire à haute tension, mais aussi à basse tension.

Soulignons que toutes les topologies possibles n'ont pas été présentées. Un choix a été fait de présenter les topologies les plus communes. Il s'avère cependant, dans tous les cas, qu'une des contraintes de l'électrification des quais est la capacité du réseau électrique actuel disponible aux ports.

Principaux modes de connexion quai navire

Pour raccorder les navires au système d'électrification à quai, plusieurs configurations de connexion sont présentées dans la norme IEC/IEEE 80005-1. Les variations sur le nombre de câbles, la polarité des connecteurs, la position des relais de protection, etc. sont liées aux types de navires raccordés.

03 | Principaux enjeux du branchement à quai

Malgré le fait que l'électrification à quai ait un bienfait notable pour l'environnement, plusieurs éléments importants sont à considérer lors d'un projet d'implantation. Cette section vise à mettre en évidence les principaux points à prendre en compte lors de son élaboration. On présente également les recommandations de la British Ports Association découlant d'une étude portant sur les principaux freins à l'électrification des quais au Royaume-Uni.

3.1 Éléments à considérer pour le succès d'un projet d'implantation d'électrification à quai

3.1.1 Analyse initiale

Plusieurs pays ont adopté des règlements ou mis de l'avant des initiatives visant à décarboner l'économie et tendre vers des cibles environnementales ambitieuses. Comme l'électrification des quais peut contribuer de façon notable à ces objectifs, il est opportun d'examiner les leviers financiers (programmes d'aide publics) pouvant être mis à contribution pour soutenir une telle démarche.

3.1.2 Sélection du terminal

Les ports ne sont pas tous des candidats optimaux pour l'installation d'une alimentation à quai. La situation locale particulière doit donc être soigneusement examinée, à la fois du point de vue des coûts économiques et des avantages environnementaux. Entre autres, il est primordial d'effectuer une analyse du trafic maritime des terminaux pour y identifier une tendance sur le type de navire ainsi que leur puissance d'opération susceptible de profiter d'une alimentation à quai. Il est aussi requis d'examiner la configuration des quais et les options de manœuvre (amarrage/appareillage) pour les navires qui voudraient profiter du service d'alimentation à quai.

3.1.3 Utilisation du terminal et consommation électrique

Un autre critère de sélection est le niveau d'utilisation du terminal. Plus le terminal est utilisé, plus la consommation d'énergie est importante, plus les bénéfices environnementaux seront importants. Les navires faisant fréquemment des escales au port, avec de longs séjours au port et des modèles de consommation d'énergie élevés, offrent les meilleures possibilités de réduction des émissions et un meilleur retour sur l'investissement. Cela implique toutefois que la disponibilité en énergie électrique y soit suffisante.

3.1.4 Distance des communautés locales

Étant donné que la mise en œuvre de projets d'électrification des quais implique souvent des investissements importants, la modélisation de la qualité de l'air devrait être utilisée afin de prioriser les projets d'investissement en fonction de l'impact sur les communautés voisines. Les plus grands bénéfices sont à tirer lorsque les terminaux sont situés à proximité des agglomérations.

3.1.5 Implication des armateurs

Le succès de l'alimentation à quai dépend également de l'engouement des armateurs à se tourner vers cette technologie. Plusieurs armateurs internationaux ont déjà investi dans

la technologie d'électrification à bord de leurs navires. Ceux-ci incluent NYK Line, Evergreen, Princess Cruise, Disney Cruise Line, Cunard Cruise Norwegian Cruise Line, Holland America Line, China Shipping, MOL, Stena Line, Wagenborg, TransAtlantic, SOL, TransLumni, I CL et Cobelfret.

Pour le Québec, les principaux armateurs consultés se sont montrés intéressés par l'intégration de cette technologie. Le raccordement des navires leur apporterait des gains à la fois environnementaux et économiques.

3.1.7 Coût des modifications

Tel que présenté au Tableau 2, le coût d'adaptation d'un navire pour la connexion à quai dépend à la fois de son type et de son tonnage. Ce coût dépend également de la conception initiale des systèmes électriques du navire et de la possibilité de faire varier la plage de tension et de fréquence. Lors d'un branchement à quai en Amérique du Nord, par exemple, le navire doit posséder un convertisseur de fréquence si ses systèmes fonctionnent à 50 Hz.

Tableau 2: Coût estimé pour la modification (retrofit) de l'alimentation à bord des navires selon leur type et leur tonnage (jauge brute)

Coût d'investissement pour le navire (kUSD)	1000 – 4999 JB	5000 – 9999 JB	10000 – 24999 JB	25000 – 49999 JB	50000 – 99999 JB	≥ 100000 JB
Pétroliers	50 – 350	100 – 400	100 – 400	100 – 400	300 – 750	300 – 750
Citernes de produits chimiques / produits liquides	50 – 350	100 – 400	300 – 750	300 – 750		
Gaziers	50 – 350	300 – 750	300 – 750	300 – 750	300 – 750	300 – 750
Vraquiers	50 – 350	50 – 350	500 – 1000	500 – 1000	100 – 400	
Cargos généraux	50 – 350	50 – 350	500 – 1000	100 – 400		
Porte-conteneurs	50 – 350	50 – 350	100 – 400	300 – 750	300 – 750	300 – 750
Rouliers	50 – 350	50 – 350	100 – 400	100 – 400	300 – 750	

Source: GLOMEEP.

3.1.6 Les terminaux à conteneurs ont besoin de plusieurs points de connexion

Pour les navires comme les pétroliers, les navires de croisières et les navires rouliers qui accostent généralement au même quai, la connexion à terre est plus facile. Aux terminaux de conteneurs, où les navires n'accostent pas toujours au même endroit, il est nécessaire de disposer de plus de points de connexion.

La modernisation d'un navire afin de permettre une connexion à quai haute tension nécessite une évaluation au cas par cas. L'ajout de la technologie de connexion électrique à quai sur un navire existant nécessitera un investissement en capital plus élevé que si l'intégration des composants requis se fait lors de la construction du navire. Selon Schneider Electric, un navire peut être équipé d'une technologie de raccordement électrique à quai pour un montant compris entre 200 000 € et 500 000 € lorsqu'il est en cale sèche pour maintenance. Ce chiffre peut varier considérablement en fonction de la taille et des besoins en puissance du navire.

Points saillants

Du point de vue technique, les technologies de branchement à quai sont largement disponibles et éprouvées depuis plusieurs années. La fiabilité et la robustesse des systèmes déployés dépendent alors davantage du choix des composantes et de la configuration de circuit choisie en fonction des coûts d'implantation.

La seule contrainte technique restante demeure la capacité du réseau électrique existant à fournir suffisamment de puissance pour les nouveaux projets d'électrification. Au Québec, puisque la presque totalité de l'énergie électrique produite est renouvelable, une mise à jour des infrastructures en place s'avère être une des meilleures solutions environnementales. Cependant, dans le cas de certaines provinces ou de certains pays où le réseau de distribution électrique est alimenté par des énergies non renouvelables, ou dans les cas où une mise à jour du réseau électrique représente des investissements trop importants, l'ajout de générateurs directement dans les installations du port peut être considéré. L'empreinte écologique de ces générateurs peut alors être réduite en utilisant des carburants alternatifs comme sources d'énergie.

Pour ce qui est de l'implication des parties prenantes, il est primordial que les gouvernements facilitent le déploiement des infrastructures portuaires d'électrification par un soutien à l'investissement et encouragent le branchement à quai pour augmenter le nombre potentiel de connexions. L'objectif est de contribuer à rendre les projets d'électrification économiquement intéressants à la fois pour les administrations portuaires et les armateurs.

La particularité du Québec réside dans le fait qu'une société d'État est le principal fournisseur d'électricité. Ceci pourrait faciliter les échanges avec les gouvernements et permettre un meilleur support financier dans l'implantation des projets d'électrification. En plus d'avoir un effet significatif sur l'environnement, ces projets augmenteront les ventes d'électricité pour Hydro-Québec, ce qui pourrait atténuer les efforts d'investissement.

3.2 L'étude de la « British Ports Association »

La British Ports Association (BPA) a publié en 2020 un rapport formulant des recommandations pour la réussite de projets d'électrification des quais. Ce rapport fait état, entre autres, qu'une implication de tous les acteurs, mais surtout des gouvernements, est nécessaire pour garantir le succès de tels projets. Le rapport souligne que :

- › Il existe des obstacles importants à la mise en œuvre de l'alimentation à quai au Royaume-Uni, avec l'incertitude et les risques liés aux ports et les événements internationaux influençant les activités de manutention des marchandises.
- › Le principal obstacle est le coût du capital: aucun projet d'alimentation à quai dans le monde n'a été entrepris sans le soutien du gouvernement. Un fonds maritime vert pour soutenir l'alimentation à quai au Royaume-Uni est clairement nécessaire pour aider à faire face à des coûts prohibitifs, en particulier autour des réseaux et de la production d'énergie.
- › Il y a un manque de demandes constantes de la part des navires faisant escale au Royaume-Uni pour l'alimentation à quai. Le gouvernement doit s'attaquer à cela. La BPA propose une norme de quai zéro émission pour discussions avec l'industrie et le gouvernement, ce qui augmenterait la demande de technologie de réduction des émissions et fournirait une certitude aux investisseurs. On évoque le besoin de répartir équitablement les coûts de la décarbonation et de la réduction des émissions. On avance aussi l'idée de supprimer les taxes sur l'électricité côtière pour favoriser la compétitivité avec les carburants marins.

04 | Coûts et bénéfices associés à l'électrification des quais

Il n'est pas aisé d'évaluer les coûts associés à l'électrification des quais ou des navires. De fait, plusieurs facteurs peuvent avoir des incidences importantes sur les coûts. Seules des analyses détaillées, au cas par cas, peuvent permettre d'avoir des estimations justes. L'étude de cas apparentés peut cependant permettre d'apporter un éclairage quant aux investissements requis, tant pour les ports que les armateurs, pour mettre en place les technologies d'électrification. Dans cet esprit, cette section rapporte les conclusions de travaux d'électrification réalisés sur des navires ou dans des ports.

La seconde partie du chapitre présente les résultats d'une analyse visant à estimer les gains environnementaux globaux (GES) dans l'hypothèse de l'électrification des quais et des navires opérant aux ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières.

4.1 Études de cas

Plusieurs études de cas ont été analysées afin de mettre en lumière des éléments importants liés à des projets d'intérêt d'électrification à quai. Les principaux éléments à retenir sont les suivants :

- › Pour certains navires, leur temps à quai peut représenter une portion importante de leur temps d'opération. Une électrification à quai soutenue par des sources d'énergie renouvelable peut donc diminuer de manière importante les émissions totales de GES.
- › Malgré le fait que l'installation d'un système de raccordement à quai sur un navire peut nécessiter un investissement important, si les coûts d'électricité disponibles sont favorables, un tel système peut rapidement être rentabilisé au bout de quelques années. La rentabilité est cependant dépendante des pratiques tarifaires adoptées par les ports, notamment pour les services de branchement/débranchement.
- › Les terminaux de croisières et de porte-conteneurs électrifiés au port de Vancouver permettent d'économiser d'importantes quantités de carburant. Ces terminaux sont alimentés en haute tension (6,6 kV) à 60 Hz. Des tarifs d'électricité compétitifs basés uniquement sur la quantité consommée et non sur les surcharges demandées au réseau permettent une bonne pénétration de cette technologie.
- › Afin d'optimiser sa production en électricité, le port d'Ancône en Italie a évalué un scénario d'implantation de centrales thermiques par cogénération. Les résultats de l'étude démontrent qu'en plus de fournir 1,5 MW électrique, la centrale permettrait de répondre à plus de 60% des besoins en chauffage des installations. Cela se traduit par une diminution de près de 59% des coûts actuels d'énergie pour l'électricité et le chauffage des 14 bâtiments du port. Dans l'étude, ces centrales sont alimentées par du GNL, mais des carburants alternatifs pourraient être utilisés afin de diminuer l'impact environnemental.
- › Le terminal de croisières de White Bay en Australie présente un cas d'électrification de deux quais à haute tension pour une puissance totale de 15 MVA. Le coût de réalisation de ce projet est évalué à environ 25 M\$ canadiens. Il est à noter que ce coût inclut un convertisseur de fréquence de 50 Hz à 60 Hz au coût d'environ 12 M\$ canadiens, non requis pour un projet d'électrification en Amérique du Nord, et 21 points de connexion sur les deux quais espacés à tous les 25 m, ce qui constitue un nombre très important de points de connexion.

- › Des études comparatives entre l'efficacité basse tension et haute tension semblent démontrer que pour des consommations de puissance de navire supérieures à 1 000 kVA, des installations de connexion haute tension permettent de diminuer les pertes dans les câbles en diminuant le courant y circulant et seraient donc à privilégier.
- › Une tension d'alimentation à 6,6 kV semble faire consensus pour des puissances variant de 1 MVA à 10 MVA. Cette plage de puissance des porte-conteneurs serait applicable aux cargos et aux vraquiers autodéchargeurs.
- › Pour des puissances inférieures à 1 000 kVA, les coûts d'installation basse tension seraient probablement inférieurs à ceux d'un système haute tension. Il faut cependant noter qu'un système basse tension engendre plus de pertes énergétiques lors de l'alimentation à quai et est limité dans la variété des navires pouvant s'y raccorder. Ces deux derniers éléments diminuent la rentabilité des installations à long terme et doivent impérativement être considérés lors de l'élaboration d'une solution basse tension.
- › Les coûts de mise à jour des navires restent sensiblement les mêmes pour un réseau haute tension ou basse tension.

4.2 Estimation des gains environnementaux potentiels pour trois ports du Québec

L'exercice qui suit est basé sur une approche théorique. Il vise à estimer les gains environnementaux potentiels (réduction des GES) qui pourraient découler de la mise en place dans les ports et son adoption par les armateurs d'un service d'alimentation à quai à Montréal, Québec et Trois-Rivières. Les résultats sont théoriques, mais permettent d'avoir une estimation des retombées environnementales potentielles dans chacun des ports.

Aux fins de l'exercice, l'année 2019 a été utilisée comme période de référence. À partir des données AIS¹ des navires, pour chacun des ports et chacun des types de navires, le nombre d'escales et la durée moyenne de chacune de celles-ci ont été extraites. Toutes les escales de moins de 90 minutes (soit l'hypothèse de temps maximum de branchement/débranchement des navires) ont été exclues. Cette première étape a permis d'estimer le temps total à quai des navires qui auraient pu théoriquement se brancher à quai. De cette durée, on soustrait 90 minutes pour chaque escale, soit le temps théorique retenu pour procéder au branchement et au débranchement des navires. Le résultat permet d'obtenir le total des heures de branchement.

On pose les hypothèses suivantes pour faire les estimés:

1. Les flottes domestiques et étrangères avaient des profils de besoins énergétiques semblables à celles naviguant dans le monde.
2. Une estimation d'émission de GES est faite en fonction des types de navires suivants: cargo général/vraquier, navire de croisières (moins de 200 mètres et entre 200 et 300 mètres), navireciterne, porte-conteneurs (moins de 140 mètres et 140 mètres et plus).
3. Tous les navires étaient propulsés au diesel marin (MDO)².

¹ AIS: Système d'identification automatique des navires.

² Cette hypothèse est, c'est connu, pas tout à fait exacte. Une part des navires utilise des carburants alternatifs (GNL, bio-carburants, etc.) moins dommageables pour l'environnement.

4. On considère que la consommation énergétique des navires reste la même lorsqu'on passe d'une alimentation venant du carburant vers une alimentation venant du réseau électrique à quai.
 5. La relation moyenne entre la consommation de carburant et les émissions de GES est constante entre les différentes flottes et est estimée à 0,7 kg de GES par kWh d'énergie électrique produite à quai³.
 6. Le coût d'achat du kWh auprès d'Hydro-Québec pour les armateurs est fixé à 0,10\$⁴. Ce coût est similaire à celui de BC Hydro pour la tarification de l'électrification à quai.
 7. Le coût de revient d'un kWh produit à partir de carburant fossile est estimé à 0,15\$⁵ au moment de l'étude.
- Le Tableau 3 présente des scénarios pour lesquels 25%, 50% et 75% des différents types de navires utiliseraient l'alimentation à quai.

Tableau 3 : Résumé des gains environnementaux annuels potentiels pour les ports de Montréal, Trois-Rivières et Québec

Ports	Gain potentiel tonnes de GES ^{1,2} (total)	Gain potentiel GES (tonnes)			Coût total énergie avant alimentation à quai	Économies sur production d'électricité	Potentiel de revenus pour Hydro-Québec
		25% des escales	50% des escales	75% des escales			
Montréal	95 469	23 867	47 735	71 602	20 457 692\$	6 819 231\$	13 638 462\$
Trois-Rivières	6 935	1 734	3 468	5 202	1 486 156\$	495 385\$	990 771\$
Québec	41 864	10 466	20 932	31 398	8 970 777\$	2 990 259\$	5 980 518\$

¹ Basé sur la génération de 0.7 kg de GES par kWh d'énergie électrique produite à quai par les génératrices auxiliaires

² Dans l'hypothèse où tous les navires utiliseraient le service d'alimentation à quai

³ Cette hypothèse est tirée de OLMER N., COMER B., ROY B., MAO X., and RUTHERFORD D. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013-2015, Detailed methodology, icct The International Council On Clean Transportation, Washington DC, 2017, 59 p.

⁴ Il faut noter que des frais de service liés à l'utilisation de l'alimentation électrique peuvent aussi s'ajouter au coût de l'électricité. Les pratiques diffèrent d'un port à l'autre.

⁵ Cette estimation est liée au coût du carburant sur les marchés mondiaux et peut varier de façon notable selon la situation économique et politique.

05 | Constats et principales recommandations

L'alimentation électrique à quai est reconnue par plusieurs organismes internationaux comme étant la méthode la plus efficace de réduction des émissions de gaz à effet de serre lorsque les navires sont à quai. En plus de cet avantage environnemental, la réduction des coûts du carburant et de maintenance des génératrices est un avantage économique intéressant pour les armateurs lorsque cette méthode est utilisée régulièrement.

Jusqu'à maintenant, plusieurs initiatives d'électrification à quai ont vu le jour dans les ports internationaux. Les principaux terminaux électrifiés sont ceux du secteur des croisières et des plus gros navires porteconteneurs (> 140 m) qui représentent les navires ayant les plus fortes demandes énergétiques lorsqu'ils sont amarrés.

Dans le transport du vrac solide, du vrac liquide, du cargo général et pour les plus petits navires porteconteneurs, beaucoup reste à faire. Encore trop peu de projets ont été déployés, considérant leur important bienfait potentiel pour l'environnement.

Au niveau de la technologie, les premiers systèmes d'électrification à quai ont été implantés il y a plus de 40 ans. Les technologies utilisées sont donc fiables et se retrouvent en différentes configurations adaptées aux besoins et aux réalités de chaque terminal. Il est à noter qu'au Québec et pour la majorité des pays en Amérique, la fréquence du réseau de distribution est fixée à 60 Hz comme celle que l'on retrouve à bord de la plupart des grands navires. Cette particularité peut diminuer de façon importante le coût des infrastructures nécessaires dans un projet d'électrification puisque l'ajout d'un convertisseur de fréquence de 50 Hz à 60 Hz peut être évité.

Les principaux enjeux qui se dressent devant une diffusion générale de cette technologie peuvent être résumés par les éléments suivants :

La capacité du réseau électrique

La capacité du réseau électrique local à supporter une électrification importante de plusieurs terminaux n'est pas toujours au rendez-vous. En effet, des demandes additionnelles de plusieurs MVA peuvent occasionner des baisses de tension importantes si le réseau n'est pas suffisamment dimensionné. Dans le cas où un poste de distribution à proximité du port doit être rehaussé pour soutenir l'électrification des terminaux, ces coûts s'ajoutent aux budgets totaux d'implantation.

Pour contrer cette problématique, certains ports ont déployé différents systèmes de production d'électricité alternative à proximité des terminaux. Ainsi des générateurs au GNL, des centrales thermiques en cogénération et l'implantation d'énergies renouvelables (éolienne et panneaux

solaires) font partie des pistes de solutions déployées pour contrer cet enjeu.

Recommandation

Le Québec, avec un réseau électrique national à 60 Hz alimenté à 99 % d'hydroélectricité, bénéficie d'un des plus bas tarifs d'électricité au monde. Il est donc important d'évaluer toutes les options de modernisation des postes de distribution à proximité du port avant d'envisager l'implantation d'équipements de production auxiliaire.

La rentabilité des infrastructures

La rentabilité des investissements d'une connexion à quai demeure un enjeu majeur pour un déploiement à grande échelle de ces technologies. Les coûts d'implantation à quai dépendent de plusieurs facteurs reliés aux distances à parcourir et au choix de la technologie sélectionnée. L'électricité disponible doit également être en mesure de concurrencer les coûts de production par les systèmes déjà en place sur les navires.

Pour ce qui est des navires, les coûts varient en fonction de l'adaptabilité du réseau en place au réseau terrestre et des puissances demandées. Malgré le fait que les études proposées dans ce rapport montrent qu'un retour sur les investissements peut être réalisé dans des délais de quelques années, les préoccupations budgétaires demeurent un enjeu fort chez les armateurs. La rentabilité pour les armateurs peut être pour beaucoup dépendante de coût du carburant mais aussi des pratiques tarifaires des ports pour encourager la connexion à quai.

Les acteurs cités dans cette étude sont unanimes: une implication des gouvernements est nécessaire afin d'atténuer cette problématique de rentabilité, tant pour les ports que pour les armateurs. Plusieurs actions peuvent alors être entreprises:

- › Un coût d'électricité subventionné pour améliorer sa compétitivité face au carburant fossile.
- › Une tarification fixe et prévisible indépendante des surcharges occasionnées sur un réseau d'alimentation.
- › Un investissement public dans les projets d'électrification portuaire.

Il est à noter que pour certains ports, les enjeux environnementaux et l'impact de leurs activités sur les communautés locales sont beaucoup plus importants que l'aspect financier.

Recommandation

La particularité au Québec pour les projets d'électrification des quais vient du fait que le distributeur d'électricité principale est une société d'État. Les principaux revenus engendrés par la vente d'électricité provenant de navires à quai seraient donc perçus par le gouvernement. Cette situation devrait avantager le financement de projets pour le déploiement de cette technologie au Québec.

De plus, la Stratégie maritime du Québec - Avantage Saint-Laurent, met au cœur de ses préoccupations un développement durable et compétitif du Saint-Laurent. Le déploiement d'une stratégie d'électrification de terminaux à grande échelle s'inscrit parfaitement dans ces orientations.

Notons que l'ensemble des armateurs consultés lors de cette étude ont montré un intérêt face aux technologies d'électrification à quai. Cet élément est majeur et essentiel pour soutenir une stratégie nationale d'électrification des quais.

Absence de standards

Pendant que les ports accueillant les navires de croisières et les navires porte-conteneurs électrifient leurs quais sur une alimentation haute tension pour répondre à leur grande consommation énergétique et garantissant ainsi une compatibilité de connectivité dans plusieurs ports internationaux, la réalité du reste de la marine marchande avec des demandes énergétiques plus faibles et plus variées ouvre la porte à plusieurs options. En effet, la demande énergétique peut varier d'environ 200 KVA à quelques MVA pour plusieurs navires du Saint-Laurent. Bien que cette étude suggère qu'un système haute tension serait profitable à un système basse tension pour des puissances supérieures à 1 MVA, plusieurs options demeurent possibles pour les plus faibles puissances.

Cette absence de standard nuit un déploiement à grande échelle, car aucune compatibilité électrique n'est garantie d'un terminal à l'autre.

Dans ce contexte, et puisque la rentabilité de ce type de projets demeure un élément majeur pour sa faisabilité, la tendance actuelle est donc de sélectionner certains transits récurrents offrant un seuil minimal de connexions annuelles et de disponibiliser des installations électriques sur mesure à ce scénario d'avitaillement. Bien que cette méthode soit tout à fait à propos dans certains cas, elle limite une intégration plus large d'autres navires et freine ainsi un déploiement à plus grande échelle sur des terminaux partagés.

Recommandation

À la lumière de ces informations, il est certain qu'un type de connexion plus flexible et adaptable à la plus grande majorité des navires marchands devrait être envisagé pour l'électrification des quais, cela tant au Québec que dans les ports de l'axe Saint-Laurent/grands Lacs où une homogénéité des systèmes devrait être visée (Québec, Maritimes, Ontario). Une concertation avec les autres provinces s'impose pour mettre en place une standardisation du type de connexion pour un plus grand nombre d'utilisateurs. Pour l'instant, une solution à une connexion haute tension 6,6 kV permet de rejoindre la majorité des besoins.

Avec une telle configuration, il serait envisageable d'intégrer de futurs navires sur ce type de réseau et d'ainsi bénéficier d'une augmentation potentielle de connexions pour la rentabilité des projets.

De plus, les recherches réalisées tendent à démontrer que pour le navire, les frais de raccordement à un réseau haute tension différent de la tension du réseau d'alimentation à bord n'impliquent que peu de frais supplémentaires de mise à niveau.

Bien entendu, des raccordements basse tension peuvent demeurer pertinents dans la définition de projets plus spécifiques à un nombre restreint de navires qui sont en mesure d'assurer un nombre suffisant de connexions et une demande énergétique suffisante pour rentabiliser les projets d'investissement.

Conclusion

Le but de ce rapport était de dresser l'état de la situation au Québec quant à l'électrification à quai, d'identifier les technologies disponibles et de faire ressortir les enjeux associés à de tels projets. Les travaux démontrent que le Québec dispose d'atouts appréciables pour s'engager davantage dans la voie de l'électrification à quai pour le transport maritime. Les bénéfices potentiels sont multiples et touchent toutes les parties. Pour les armateurs, les réductions de GES à quai peuvent améliorer leur bilan d'émissions annuelles tout en réduisant leurs coûts d'opération. Pour les ports, les bilans environnementaux s'en trouveraient améliorés en plus d'offrir un service supplémentaire aux armateurs. Pour les communautés locales, la qualité de l'air des régions avoisinant les installations portuaires peut être grandement améliorée.

Il apparaît cependant que plusieurs facteurs doivent être considérés avant d'aller de l'avant dans tous les projets. Les investissements requis sont, dans tous les cas, fort importants et des analyses « cas par cas » sont requises pour bien évaluer les gains réels pouvant résulter de telles initiatives, tant sur les plans économique, environnemental que social. Au niveau technologique, les différentes options offertes sur le marché sont matures. Il se dégage toutefois, outre certains cas spécifiques, qu'une orientation d'électrification à haute tension pour les terminaux présentant le maximum de retombées potentielles pourrait être envisagée dans une stratégie nationale. Cette stratégie positionnerait le Québec avec des infrastructures modernes et en phase avec un développement vert, durable et porteur pour les prochaines années. Une telle stratégie nécessiterait une implication de toutes les parties prenantes pour en faire une réussite.