



Transition énergétique des ports : analyse comparative des plans de décarbonation de six administrations portuaires canadiennes

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en gestion des ressources maritimes

en vue de l'obtention du grade de maître ès sciences

PAR

© MOUDJAHID AKOREDE WABI

Août 2025

Composition du jury :

Anne Fauré, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Emmanuel Guy, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Iliass Lamrini, examinateur externe, Ocean Startup Project

Dépôt initial le 12 mai 2025

Dépôt final le 14 août 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce mémoire n'aurait pu voir le jour, ni connaître son achèvement sans les soutiens moral, spirituel, financier et scientifique de diverses personnes physiques ou morales que je voudrais remercier.

- ❖ Mes gratitude vont à l'endroit des responsables à divers niveaux, en particulier le Registraire, de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR), qui m'ont permis de bénéficier du programme d'excellence-exemption des droits de scolarité majorés pour les nouveaux étudiants admis dans un programme de maîtrise de type de recherche.
- ❖ Je remercie très chaleureusement mon Directeur de mémoire, Monsieur Emmanuel Guy, qui malgré ses multiples occupations professionnelles, n'a ménagé aucun effort pour superviser ce travail en me prodiguant de précieux conseils et suggestions dans une atmosphère de travail très conviviale et stimulante.
- ❖ Ma gratitude est aussi dirigée à l'endroit de la Directrice du programme en gestion des ressources maritimes, Madame Josée Laflamme, pour son leadership et son esprit d'équipe, nous faisant sentir d'être comme chez nous.
- ❖ Mes remerciements vont à l'endroit de tous les enseignants de l'Unité Départementale des Sciences de la Gestion de l'UQAR qui ont rendu possible la mise en œuvre des enseignements au cours des deux années, qu'à durer, ce programme d'étude.

- ❖ Merci, à tous mes camarades de classes notamment, Emmanuel, Carlos, Lamine, Emeline, et Inès et tous les autres qui ne sont pas cités. Merci pour votre sens de partage et de collaboration.
- ❖ J'ai un sentiment particulier de reconnaissance et de gratitude à l'égard de mon épouse Clarisse et de mes filles Irfane et Mazidath pour leur patience, prière et encouragement tout au long de la rédaction de ce mémoire. Que ce mémoire puisse vous inspirer et vous guider en termes de courage, patience et motivation dans tout ce que vous serez amenées à entreprendre tout au long de votre vie sur cette terre.
- ❖ Je dis aussi merci à tous mes parents notamment, ma grand-sœur Karamatou et mon père Ganiou pour les nombreuses paroles de soutien et de bénédictions malgré la distance séparant le Bénin du Canada.
- ❖ Enfin, je remercie tous ceux et toutes celles qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire et qui n'ont pas été nommément cités.

RÉSUMÉ

Les ports sont désormais largement reconnus comme d'importantes sources d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Renforcer la transition énergétique des ports, pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, constitue un enjeu majeur de développement durable et de réalisation des engagements de l'Accord de Paris. La présente étude, utilisant une approche de cas multiples, vise à comparer les plans de décarbonation de six administrations portuaires canadiennes (APC). La revue documentaire combinée à l'analyse de contenu et l'étude de cas ont été les deux principales méthodes utilisées pour collecter, analyser et organiser les données. Le cadre méthodologique utilisé est scindé en trois principales étapes : (i) clarification des concepts et identification des technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement de réduction des émissions de GES; (ii) conception d'une grille d'analyse; et (iii) recrutement des cas des APC et enquête en ligne. Il ressort que les APC ont opéré différentes actions et mesures de réduction de GES et ne sont toujours pas au même niveau d'avancement. La majorité des APC se sont concentrées plus sur les mesures à effet indirect que direct de réduction de GES. Très peu de mesures à effet direct observées incluaient dématérialisation des activités portuaires, utilisation des navires à zéro émission, utilisation des énergies propres et renouvelables, mise en place des infrastructures de chargement et de distribution d'énergies, et d'accueil des navires à faible émissions. Sur les six cas recrutés, trois APC : Vancouver, Prince Rupert et Montréal seraient plus en avance alors que l'Administration portuaire de St. John's serait la moins avancée, en matière de transition énergétique. Cette étude a permis de déceler, qu'en maintenant la trajectoire et le rythme de changement en cours, il serait difficile aux APC d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. C'est pourquoi, notre étude a suggéré des actions ou bonnes pratiques à promouvoir en vue de renforcer la transition énergétique des APC. Ces résultats devraient également servir de base et aider les politiques publiques du Canada à identifier et opérer les meilleurs choix en termes de mesures pertinentes pour accompagner la transition énergétique en cours des APC.

Mots clés : Ports, transition énergétique, plans de décarbonation, changement climatique, Administration portuaire de Montréal, Administration portuaire de Prince Rupert, Administration portuaire de Saint John, Administration portuaire de St. John's, Administration portuaire de Sept-Îles, Administration portuaire de Vancouver.

ABSTRACT

Ports are now widely recognized as major source of greenhouse gas (GHG) emissions. Enhancing energy transition of ports in achieving carbon neutrality by 2050 has become a key challenge for sustainable development and for meeting the commitments of the Paris Agreement. This study employed a multiple case study approach to conduct a comparative analysis of the decarbonization plans of Canadian port authorities (CPAs). The methodological framework was divided into three main stages: (i) clarification of key concepts and identification of available or emerging technologies, and best practices to reduce GHG emissions; (ii) development of an analytical grid; et (iii) recruitment of six CPAs and an online survey. Findings revealed that CPAs adopted diverse actions and measures to reduce GHG emissions, but they remained at different levels of progress. The majority of CPAs focused on indirect measures rather than direct measures to reduce GHG emissions. Very few direct GHG emission reduction measures observed included digitalization of port activity, deployment of zero-emission vessels, use of clean and renewable energy sources, development of charging and energy distribution infrastructure, and accommodation of low-emission ships. Out of six cases recruited, only three CPAs: Vancouver, Prince Rupert, and Montreal might be the most advanced while the St. John's port Authority might be the least advanced, in terms of energy transition. Findings revealed that maintaining the current pace and scope of change would likely challenge the CPAs in achieving the carbon neutrality by 2050. Therefore, we suggest a set of targeted actions and best practices to accelerate the energy transition of the CPAs. The results of this study, also, provided, useful information that could help Canadian public policy to identify and makes the best choices, in terms of relevant measures to support the ongoing energy transition of the CPAs.

Keywords: Ports, energy transition, decarbonization plans, climate change, Montreal port Authority, Prince Rupert port Authority, Saint John port Authority, St. John's port Authority, Sept-Îles port Authority, Vancouver port Authority.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	viii
RÉSUMÉ.....	xii
ABSTRACT	xiv
TABLE DES MATIÈRES	xvi
LISTE DES TABLEAUX.....	xx
LISTE DES FIGURES.....	xxii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	xxv
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
1.1 CONTEXTE ET PERTINENCE	1
1.2 OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	8
1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE	9
CHAPITRE 2 CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE	12
2.1 PREMIERE PARTIE : CLARIFICATION DES CONCEPTS ET IDENTIFICATION DES TECHNOLOGIES, STRATEGIES ET BONNES PRATIQUES DISPONIBLES OU EN DEVELOPPEMENT	12
2.1.1 Clarification des concepts	13
2.1.2 Identification des technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement au niveau des ports	15
2.2 DEUXIEME ETAPE : CONCEPTION DE LA GRILLE D'ANALYSE	17
2.2.1 Identification des critères et définition des indicateurs d'analyse	17
2.2.2 Pré-test et validation de la grille d'analyse	18
2.3 TROISIEME ETAPE : RECRUTEMENT DES CAS DES APC ET ENQUETE EN LIGNE	24
2.3.1 Recrutements des cas des APC	24
2.3.2 Enquête en ligne sur les mesures de transition énergétique des APC.....	28

CHAPITRE 3 RESULTATS	32
3.1 TECHNOLOGIES ET MESURES DISPONIBLES OU EN DEVELOPPEMENT POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS EN MILIEUX PORTUAIRES.....	32
3.2 BONNES PRATIQUES ET STRATEGIES DE GESTION RECONNUES POUR ENCLANCHER ET GERER AU MIEUX LE PROCESSUS DE TRANSITION ENERGETIQUE DANS LES PORTS	34
3.2.1 Cas des agences onusiennes notamment l'OMI	34
3.2.2 Cas des bonnes pratiques recommandées par l'Alliance Verte	38
3.2.3 Mesures de transition énergétique identifiées dans le guide pour un transport maritime « zéro émission » de Pacific Environment et Opportunity Green	40
3.2.4 Mesures de transition énergétique recommandées par Clear Seas	41
3.2.5 Mesures de contrôle des émissions et d'efficacité énergétique au niveau des pays de l'Union Européenne	42
3.2.6 Mesures de transition énergétique mises en exergue par le protocole d'entente mondial et le cadre canadien sur les corridors maritimes verts multi-portuaires et multi-juridictionnels	44
3.3 SYNTHESE DES TECHNOLOGIES DISPONIBLES, BONNES PRATIQUES ET STRATEGIES DE GESTION EN MATIERE DE TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS.....	47
3.4 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APM.....	47
3.4.1 Portrait général	47
3.4.2 Niveau de préparation et d'engagement	50
3.4.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire	51
3.4.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées.....	52
3.4.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	54
3.4.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité.....	55
3.4.7 Coopération et nouveaux partenaires	56
3.5 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APPR.....	57
3.5.1 Portrait général	57
3.5.2 Niveau de préparation et d'engagement	59
3.5.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire	60
3.5.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées.....	61
3.5.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	61
3.5.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité.....	63
3.5.7 Coopération et nouveaux partenaires	63

3.6	TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSJ	64
3.6.1	Portrait général.....	64
3.6.2	Niveau de préparation et d'engagement	65
3.6.3	Cadre politique, institutionnel et règlementaire.....	66
3.6.4	Énergies sans hydrocarbure utilisées	67
3.6.5	Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	69
3.6.6	Stratégies de communication et de renforcement de capacité	70
3.6.7	Coopération et nouveaux partenaires.....	70
3.7	TRANSITION ENERGETIQUES DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSTJ	71
3.7.1	Portrait général.....	71
3.7.2	Niveau de préparation et d'engagement	73
3.7.3	Cadre politique, institutionnel et règlementaire.....	73
3.7.4	Énergies sans hydrocarbure utilisées	74
3.7.5	Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	75
3.7.6	Stratégies de communication et de renforcement de capacité	76
3.7.7	Coopération et nouveaux partenaires.....	76
3.8	TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSI	77
3.8.1	Portrait général.....	77
3.8.2	Niveau de préparation et d'engagement	78
3.8.3	Cadre politique, institutionnel et règlementaire.....	79
3.8.4	Énergies sans hydrocarbure utilisées	80
3.8.5	Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	81
3.8.6	Stratégies de communication et de renforcement de capacité	82
3.8.7	Coopération et nouveaux partenaires.....	83
3.9	TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APV	83
3.9.1	Portrait général.....	83
3.9.2	Niveau de préparation et d'engagement	85
3.9.3	Cadre politique, institutionnel et règlementaire.....	86
3.9.4	Énergies sans hydrocarbure utilisées	87
3.9.5	Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	89
3.9.6	Stratégies de communication et de renforcement de capacité	90
3.9.7	Coopération et nouveaux partenaires.....	90
3.10	SYNTHESE DES ETUDES DES SIX APC ANALYSEES	91

3.10.1 Niveau de préparation et d'engagement	91
3.10.2 Cadre politique, institutionnel et réglementaire	92
3.10.3 Energies sans hydrocarbure utilisées	92
3.10.4 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	92
3.10.5 Stratégies de communication et de renforcement de capacité	93
3.10.6 Coopération et nouveaux partenaires	93
CHAPITRE 4 DISCUSSION	94
4.1 CHOIX DES MESURES ET ACTIONS DEPLOYEES PAR LES APC EN MATIERE DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES	94
4.1.1 Énergies sans hydrocarbure utilisées	94
4.1.2 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	96
4.1.3 Mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES	97
4.1.4 Niveau de préparation et d'engagement	102
4.1.5 Cadres politique, institutionnel et réglementaire	102
4.1.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité	103
4.1.7 Coopération et nouveaux partenariats	103
4.1.8 Mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES	103
4.2 TRANSITION ENERGETIQUE ET NEUTRALITE CARBONE DES APC	108
CHAPITRE 5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	114
5.1 CONTRIBUTIONS DE L'ETUDE	114
5.2 LIMITES DE LA RECHERCHE ET RECOMMANDATIONS	115
5.3 PISTES POUR LES RECHERCHES FUTURES	116
5.4 CONCLUSION GENERALE	117
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	120

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Mots clés retenus pour la revue de littérature.....	16
Tableau 2. Grille d'analyse de la transition énergétiques des APC.	20
Tableau 3. Niveau des performances en matière de réduction des émissions de GES.	26
Tableau 4. Synthèse des critères et choix des APC.....	28
Tableau 5. Mesures de contrôle des émissions et d'efficacité énergétique des agences onusiennes notamment l'OMI.	37
Tableau 6. Mesures et stratégies de réduction des émissions de GES identifiées recommandées par l'Alliance Verte.	39
Tableau 7. Mesures et stratégies de réduction des émissions de GES identifiées par Pacific Environnement et Opportunity Green.	41
Tableau 8. Différentes mesures identifiées au niveau des opérations portuaires européennes.	43
Tableau 9. Mesures de transition énergétique mises en exergue par le protocole d'entente mondial et le Cadre canadien sur les corridors maritimes.	46
Tableau 10. Mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES.	101
Tableau 11. Mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES.	106
Tableau 12.	107

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cadre méthodologique de l'étude.....	12
Figure 2. Evolution du volume de fret au port de Montréal.....	49
Figure 3. Evolution du volume de fret au port de Prince Rupert.	58
Figure 4. Evolution du volume de fret au port de Saint John.....	65
Figure 5. Evolution du volume de fret au port de St. John's.	72
Figure 6. Evolution du volume de fret au port de Sept-Îles.	78
Figure 7. Evolution du volume de fret au port de Vancouver.....	85

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AIPH	Association Internationale des Ports et Havres
AIPL	Arup International Project Limited
APC	administrations portuaires canadiennes
APM	Administration portuaire de Montréal
APPR	Administration portuaire de Prince Rupert
APSI	Administration portuaire de Sept-Îles
APSJ	Administration portuaire de Saint John
APSTJ	Administration portuaire de St. John's
APV	Administration portuaire de Vancouver
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CH₄	Méthane
CO₂	Dioxyde de carbone
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
DNV GROUP	Det Norske Veritas Group
EIT	European Institute of Innovation & Technology
EPRS	European Parliamentary Research Services
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial

GES	Gaz à effet de serre
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GRM	Gestion des Ressources Maritimes
GSTS	Global Spatial Technology Solutions
IA	Intelligence Artificielle
IAPH	International Association of Ports and Harbors
ICCT	International Council on Clean Transportation
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MARPOL	Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires
NO_x	Oxyde nitreux
ODD	Objectifs de Développement Durable
OMI	Organisation Maritime Internationale
OQLF	Office Québécois de la Langue Française
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
SO_x	Oxyde sulfureux
UNCTAD	United Nation Trade and Development
UQAR	Université du Québec à Rimouski
WPCI	World Ports Climate Initiative

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE ET PERTINENCE

Les activités anthropiques, notamment les transports, largement dépendant des combustibles fossiles sont de véritables sources d'émission de gaz à effet de serre (GES). Depuis le milieu du 20^{ème} siècle, les émissions de GES ont été largement indexées comme la principale cause de l'augmentation de plus de 1°C de la température moyenne de la planète (IPCC, 2021; Issa Zadeh et al., 2023). Plus de 3 % des émissions mondiales de GES proviennent de l'industrie maritime utilisant du mazout lourd, du gaz naturel liquéfié (GNL) ou du diésel marin (Psaraftis et Kontovas, 2010; ICCT, 2019; UNCTAD, 2023; Yaya et Lasserre, 2024). La majorité des émissions proviennent des vraquiers, des pétroliers et des porte-conteneurs océaniques qui transportent les minerais, les produits finis, les denrées alimentaires, etc. (Clear Seas, 2024e).

La transition énergétique impliquant la substitution partielle ou totale des énergies fossiles dans de nombreuses activités économiques a été ciblée comme une réponse majeure pour limiter le réchauffement climatique (IMO, 2005; OMI, 2019; United Nations, 2021; Ramsay et al., 2023; Fadiga et al., 2024). Dans cette optique, de nombreux accords internationaux ont été adoptés et sont en vigueur. Il s'agit notamment du Protocole de Kyoto et de l'Accord de Paris dont l'objectif ultime est de limiter la température moyenne de la planète en dessous de 2°C voire 1,5°C par rapport aux niveaux pré-industriels (IPCC, 2021; Sharmina et al., 2021; Ramsay et al., 2023; Wang et al., 2024). Pour le secteur maritime, par exemple, à court, moyen et long termes, d'autres traités internationaux ou accords mondiaux juridiquement contraignant ont été adoptés et sont en vigueur. Il s'agit notamment de la

Convention MARPOL (Annexe VI), de la gestion de l’empreinte carbone des ports, du plan vert des ports de l’Union Européenne (IMO, 2005 ; WPCI, 2010; European Green Deal, 2019; Fadiga et al., 2024). La transition énergétique, l’un des défis majeurs du siècle, occupe une place de choix pour l’atteinte des objectifs de développement durable (ODD) à l’horizon 2030 (United Nations, 2021; Clear Sea, 2024a). L’Organisation Maritime Internationale (OMI), organisme des Nations Unies, responsable des transports maritimes internationaux et de la prévention de la pollution marine, dans sa politique mondiale de transition énergétique, exige des acteurs de l’industrie maritime des pays membres, d’une part, une réduction de plus de 40 % des émissions de GES d’ici 2030, par rapport aux données de référence de 2008, et d’autre part, l’atteinte de la carboneutralité de l’industrie maritime d’ici 2050 (Issa Zadeh et al., 2023; Clear Sea, 2024a ; Fadiga et al., 2024). Dans la même lancée, de nombreux pays ont annoncé leurs propres objectifs de réduction des émissions de GES pour le secteur maritime.

Pour y arriver, l’élaboration des stratégies ou politiques ainsi que la recherche des moyens techniques, matériels ou humains de mise en œuvre de la transition énergétique s’avèrent nécessaires. Dans le but de limiter le réchauffement planétaire, l’Accord de Paris recommande de mettre un accent particulier sur l’utilisation des sources d’énergies propres ou renouvelables. A ce titre, de nombreuses mesures et stratégies de réduction des émissions de GES existent pour amorcer la transition énergétique de l’industrie maritime. Il s’agit entre autre de la mise au point de nouvelles technologies notamment les énergies propres et renouvelables, l’adoption des politiques ou l’instauration de nouveaux cadres réglementaires aussi bien au niveau international, national que régional en vue d’accélérer la transition énergétique à court, moyen et long termes des ports (Iris et Lee Lam, 2019; Issa Zadeh et al., 2023; Yaya et Lasserre, 2024 ; Wang et al., 2024).

Les émissions de GES de l’industrie maritime proviennent en majorité du transport maritime international et des ports où s’y mènent d’importantes activités industrielles, manutentionnaires et logistiques. Ces émissions sont estimées à 70 % et 30 % respectivement pour le transport maritime international et les activités portuaires (Fadiga et al., 2024). Si rien

n'est fait d'ici 2050, le secteur maritime devrait induire une augmentation de 90 à 130 % d'émissions de GES par rapport au niveau de 2008 (Issa Zadeh et al., 2023; Yaya et Lasserre, 2024). D'ici 2050, le volume du trafic maritime international devrait tripler, et ceci, devrait engendrer également plus d'émission de GES et de nuisances environnementales au niveau des ports et des milieux urbains environnants (Ramsay et al., 2023; Fadiga et al., 2024).

A l'échelle mondiale, les ports servent de point de contact et d'acheminement à plus de 80 % de marchandises entre les milieux maritime et terrestre (Aisha et al., 2022; Mao et Meng, 2023; Wang et al., 2024). Ils sont de véritables sources de création d'emplois et de richesses et représentent des infrastructures stratégiques et vitales pour l'économie mondiale (Hossain et al., 2019; Issa Zadeh et al., 2023; Yaya et Lasserre, 2024). Les ports constituent des interfaces multimodales où s'y mènent plusieurs activités et où circulent plusieurs types d'engins à énergie fossile. En termes, de pollution de l'air, la manutention des marchandises et des activités industrielles et logistiques au niveau des ports sont à la base des émissions de GES notamment de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), d'oxyde sulfureux (SO_x) et d'oxyde nitreux (NO_x) (Psaraftis et Kontovas, 2010; Browne et O'Leary, 2022; UNCTAD, 2023; Yaya et Lasserre, 2024; Pivetta et al., 2024). Ces émissions de GES combinées à d'autres polluants générés au niveau des ports sont responsables de 60 000 décès en 2015 (ICCT, 2019). En effet, vu la proximité des ports des milieux urbains, ces émissions nocives ont été reconnues comme étant de véritables sources de pollution et de détérioration de la qualité de l'air causant d'importantes préjudices socio-sanitaires à plus de 40 % de la population mondiale vivant généralement à moins de 100 km des espaces portuaires (United Nations, 2017). De plus, les émissions de GES générées au niveau des ports ont des impacts directs à long terme sur les changements climatiques (AIPL, 2023). C'est pourquoi, il est impératif de mieux identifier les mesures et les actions à déployer par les ports en termes de mise en œuvre de la transition énergétique afin d'atteindre les objectifs de réduction fixés par l'OMI.

Pour réduire les émissions de GES de l'industrie maritime, il s'avère nécessaire d'engager des actions aussi bien au niveau du transport maritime international qu'au niveau

des espaces portuaires. Toutefois, la réduction des émissions de GES du transport maritime international ne relève pas que de la juridiction d'un seul pays (OMI, 2023). De plus, plusieurs études ont abordé la réduction des émissions de GES du transport maritime international, mais très peu de travaux se sont penchés sur les GES provenant des activités portuaires (Wang et al., 2024; Yaya et Lasserre, 2024). Fadiga et al. (2024) ont également indiqué que les pistes prioritaires de recherches relatives à la transition énergétique des ports pourraient prendre en compte entre autres l'identification des innovations technologiques mises en œuvre et l'évaluation des cadres réglementaires et institutionnels permettant une meilleure implication des différentes parties prenantes de l'espace portuaire. Il convient de noter que les Etats membres de l'OMI ont le devoir de prendre des dispositions en vue de transposer les engagements internationaux dans leur législation nationale en mettant en place des mesures pertinentes, applicables et opérationnelles (OMI, 2023). Pour ce faire, il s'avère donc pertinent de cibler les ports qui relèvent de la juridiction des états afin de contribuer à une réduction significative des émissions de GES de l'industrie maritime. Dans ce cas, chaque Etat devrait prendre des initiatives propres et mener des actions concrètes à travers ses espaces portuaires en adoptant des lois ou règlements pour limiter les émissions de GES provenant des navires non-immatriculés ou immatriculés au niveau de son territoire (OMI, 2023).

Du fait des changements climatiques, l'élévation du niveau de la mer constitue entre autres, une menace pour la durabilité des activités portuaires. Renforcer la résilience climatique des ports par une stratégie sobre et neutre en carbone, constitue un enjeu majeur de développement durable et de réalisation des objectifs de l'Accord de Paris d'ici 2050 (Beyer et Loprete, 2019; OMI, 2019; Ramsay et al., 2023; Clear Sea, 2024a). La transition énergétique des activités portuaires devrait donc constituer une priorité pour les états (Browne et O'Leary, 2022). Par ailleurs, étant de puissants moteurs économiques, les ports pourraient disposer d'un pouvoir légal considérable leur permettant de mettre en place des infrastructures sobres ou neutres en carbone et d'établir de nouvelles règles et politiques courageuses de transition énergétique pour les navires impliqués ou non dans le transport maritime international. Ce pouvoir légal conféré aux ports est également reconnu dans la

Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (O’Leary, 2022). En raison de leur fonction d’interface entre le transport maritime et les autres modes de transport, les ports pourraient donc jouer un rôle clé dans la transition énergétique de l’industrie maritime. De plus, la transition énergétique des ports pourrait renforcer leur compétitivité, offrir de nouvelles possibilités pour moderniser les infrastructures portuaires et créer des emplois durables, tout en préservant la santé des écosystèmes marins et celle des communautés locales (Browne et O’Leary, 2022; World Bank, 2023). Les ports pourraient également jouer un rôle clé dans l’économie mondiale en devenant de véritables producteurs et fournisseurs d’énergies propres comme l’hydrogène vert (EIT, 2022).

A l’instar d’autres pays, au Canada, l’industrie maritime est largement l’un des secteurs pourvoyeurs d’emplois et de création de richesses (Hossain et al., 2019; Aisha et al., 2022; MacNeil et al., 2022; AIPL, 2023; Gouvernement du Canada, 2024a). L’industrie maritime, largement dominée par les combustibles fossiles, assure environ 20 % des importations/exportations et contribue à plus de 3 milliards de dollars canadiens au Produit Intérieur Brut du Canada (Hossain et al., 2019). En revanche, malgré son importance socio-économique pour le Canada, la hausse du trafic maritime a engendré une augmentation des émissions de GES de 16 % à 20 % respectivement entre les périodes 1990-2008 et 2008-2020 (Gouvernement du Canada, 2024a). Pour limiter les émissions de GES de l’industrie maritime au Canada, de nombreuses études se sont penchées sur le transport maritime international notamment à travers l’utilisation des technologies relatives aux énergies renouvelables, au gaz naturel liquéfié (GNL) et aux carburants alternatifs (Hossain et al., 2019; Ateb, 2022; MacNeil et al., 2022; Yaya et Lasserre, 2024; Fadiga et al., 2024). Mais très peu de travaux se sont penchés sur les émissions de GES au niveau des ports notamment des administrations portuaires canadiennes (APC) (Yaya et Lasserre, 2024). Dans leurs travaux, Yaya et Lasserre (2024) ont révélé, d’une part, que bon nombre d’entreprises portuaires de la voie maritime du Saint-Laurent au Canada ont opté pour les mesures d’efficacité énergétique, technologiques et opérationnelles que pour le remplacement des énergies fossiles. Ces derniers auteurs ont estimé que ces différentes entreprises maritimes ne s’impliquent pas toujours de la même manière en ce qui concerne la transition énergétique.

Hossain et al. (2019) ont indiqué que sur 18 grands ports canadiens participant au programme de l'Alliance Verte, seulement sept ont réellement intégré les indicateurs cibles de développement durable dans leurs plans d'action. Les travaux de MacNeil et al. (2022) ont révélé qu'à peine 39 % (14 sur 36) des cibles des objectifs du développement durable sont arrimés au Plan de Développement des Ports du Canada de même qu'aux objectifs du Programme pour l'environnement marin vert. Cet état de chose révèle qu'une majorité des ports canadiens ne serait toujours pas au même niveau de performance ou de progrès en ce qui concerne la préservation de l'environnement ou de réduction de l'émission des GES.

Dans cette perspective, les gouvernements provincial et fédéral de même que les ports publiques ou APC devraient jouer un rôle majeur en favorisant la promotion des technologies ou infrastructures adéquates de réduction des émissions de GES tout en adoptant des réglementations qui leur sont favorables. Toutefois, Alzahrani et al. (2021), dans leurs travaux, ont signalé que la plupart des autorités portuaires n'ont pas ou très peu d'expériences dans l'établissement et la mise en œuvre des approches de ports intelligents face aux défis qu'imposent les changements climatiques. De plus, les stratégies actuelles de transition énergétique adoptées par les APC restent encore mal connues et sont très peu documentées (Hossain et al., 2019; Pivetta et al., 2024; Yaya et Lasserre, 2024). Cela pourrait se traduire par le fait que certaines entreprises maritimes n'ont pas encore une vision claire et restent encore sceptiques sur le choix et les opportunités que pourraient offrir la transition énergétique pour les ports. Il convient d'envisager et d'impliquer les APC dans les campagnes d'information, de formation et de sensibilisation pour accompagner ou faciliter la prise de décision en termes de choix des technologies et politiques bas carbone au profit de différentes entreprises maritimes. Par ailleurs, la transition énergétique du secteur portuaire pourrait être une opportunité pour renforcer la compétitivité des ports canadiens. Cependant, à ce jour, très peu de recherches ont investigué les mesures actuelles de réduction des émissions de GES ou des dispositions réglementaires, politiques et juridiques mises en œuvre par les APC (Yaya et Lasserre, 2024). Pourtant au cours de ces dernières années, les autorités portuaires ont suscité un regain d'intérêt pour le choix et l'adoption de futurs plans

de développement des ports qui pourraient intégrer les défis climatiques et les enjeux du développement durable (Loza et Veloso-Gomes, 2023).

En ratifiant 12 conventions de l'OMI, le Canada s'est engagé à respecter et mettre en place des mesures uniformes au niveau de ses ports en conformité aux normes mondiales qui visent la réduction des émissions de GES de l'industrie maritime (Gouvernement du Canada, 2024a). Force est de constater, qu'aucun seuil de réduction des émissions de GES n'a été défini pour l'industrie maritime au Canada (Gouvernement du Canada, 2024b). Toutefois, le Canada a adopté la Loi sur la responsabilité en matière de la carboneutralité à l'horizon 2050 pour limiter les émissions de GES (Gouvernement du Canada, 2024c). Visant un secteur maritime durable, le Canada a également mis en place le Plan de protection des océans et la stratégie nationale de l'économie bleue (Gouvernement du Canada, 2024c). En signant les déclarations sur le transport maritime à zéro émission de GES et de Clydebank, le Canada s'est engagé à mettre en place le programme des corridors maritimes verts en vue d'atteindre, d'ici 2050, la carboneutralité du secteur maritime (Gouvernement du Canada, 2024b). Ce programme a pour objectif de réduire les émissions de GES et d'éliminer les obstacles à l'adoption des infrastructures, technologies, et équipements tout en facilitant les partenariats et les investissements. Toutefois, aucune loi ou règlement au niveau fédéral n'oblige les industries portuaires notamment les APC à se conformer aux normes de l'OMI en ce qui concerne la réduction des émissions de GES ou à se conformer aux normes fixées par le Gouvernement du Canada (Comtois et al., 2024). Cette absence de contrainte du gouvernement fédéral sur les APC pourrait entacher la réputation du Canada à l'international voire la confiance des citoyens à l'égard du gouvernement en sa capacité à atteindre les objectifs de la carboneutralité du secteur maritime. La mise en œuvre de cette étude pourrait donc permettre de faire un état de lieux et faciliter les échanges de discussion et des possibilités de collaborations entre le gouvernement fédéral et les APC.

La transition énergétique des ports bien qu'étant documentée en Europe, elle l'est moins du côté de l'Amérique du Nord et encore moins au Canada (Fadiga et al., 2024; Gouvernement du Canada, 2024c). Au Canada, la transition énergétique du secteur maritime

est très peu documentée et la revue littéraire ne révèle aucune typologie concrète sur le choix des mesures opérationnelles et applicables mises en œuvre par les APC (Yaya et Lasserre 2024; Comtois et al., 2024). Ceci, pourrait se justifier par l'absence de recherches empiriques et du fait que la transition énergétique de l'industrie maritime reste encore une thématique nouvelle pour la plupart des acteurs portuaires. De plus, en termes de choix technologiques et de progrès réalisés pour la réduction des émissions de GES au niveau des ports, il existerait également une variabilité entre les APC (Yaya et Lasserre, 2024). Par ailleurs, très peu d'études se sont intéressées à la transition énergétique de l'industrie maritime en utilisant des approches d'études de cas impliquant divers ports (Song, 2024). Les études de cas ciblant plusieurs ports pourraient, d'une part, permettre d'avoir une bonne compréhension des mesures de transition énergétique mises en œuvre dans différents contextes socio-économiques et géographiques, et d'autre part, servir de base pour mieux comparer les ports entre eux. Ce qui pourrait ouvrir de nouvelles pistes pour identifier les meilleures pratiques ou contraintes de mises en œuvre. En utilisant les approches méthodologiques d'étude de cas et d'analyse de contenu, cette étude vise à pallier ces lacunes, de même, qu'à faire le point sur les progrès réalisés en termes de transition énergétique des ports sous la tutelle des APC.

1.2 OBJECTIFS DE RECHERCHE

La présente étude vise à mener une analyse comparative des plans de décarbonation de six APC en vue d'établir un état des lieux. De façon spécifique, il s'agit de : (i) identifier les différentes mesures ou technologies de réduction des émissions de GES opérées à travers le monde en matière de réduction des émissions de GES dans l'industrie maritime ; (ii) mettre en exergue le choix des mesures et actions déployées par les APC en matière de réduction des émissions de GES.

Les résultats de cette étude devraient servir de base et aider les politiques publiques du Canada à identifier et opérer les meilleurs choix en termes de mesures pertinentes pour accompagner la transition énergétique des APC. De plus, ces résultats devraient contribuer à susciter ou renforcer les cadres de coopération et/ou de partage d'expériences entre ports

canadiens voire avec d'autres ports à l'international dans le cadre de la transition énergétique de l'industrie maritime. Ce qui devrait renforcer la compétitivité des APC.

1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE

Deux principales questions orientent cette étude. La première a deux volets : (i) quelles sont les technologies disponibles ou en développement pour la réduction des émissions de GES en milieux portuaire ? (ii) Quelles sont les bonnes pratiques et stratégies de gestion reconnues pour enclencher et gérer au mieux le processus de transition énergétique dans les ports ? Dans un deuxième temps, notre étude cherche à établir où en sont les APC dans le choix des mesures et actions déployées en matière de réductions des émissions de GES ?

CHAPITRE 2

CADRE THEORIQUE

ET

METHODOLOGIQUE

Pour répondre aux différentes questions et atteindre les objectifs fixés, la présente étude s'est fondée sur l'utilisation des données secondaires (quantitatives et/ou qualitatives). L'étude de cas et l'analyse de contenu ont été les deux principales méthodes utilisées tout au long de ce travail. L'étude de cas est une approche méthodologique qui est largement reconnue par la communauté scientifique pour son apport à la compréhension des phénomènes difficilement mesurables et l'avancée des recherches de type exploratoire (Roy, 2009). C'est une méthode de recherche qui est fréquemment utilisée en sciences sociales. Elle consiste à faire une analyse approfondie d'un fait social, d'un phénomène, d'un groupe d'individus ou d'un système à partir de données complètes ou non afin d'élucider un dysfonctionnement ou une situation critique embarrassante ou indéchiffrable d'un phénomène (Stake, 1995; Yin, 2009; Gagnon, 2011; 2012). Une étude de cas conviendrait mieux à des problématiques de type exploratoire (Gagnon, 2012), comme c'est le cas de la présente étude. Hossain (2018) a eu recours à une étude de cas et à de l'analyse de contenu pour évaluer la durabilité des initiatives des activités portuaires au Canada et dans certains grands ports du monde. Pour une étude de cas, Gagnon (2012) tente de résumer la méthode en six grandes étapes : établissement de la pertinence, assurance de la véracité des résultats, préparation et recrutement des cas, collecte de données, traitement des données et interprétation des données.

L'analyse de contenu se réfère à la posture d'un chercheur qui consiste à mettre au point et à utiliser des modèles systématiques de lecture basés sur des règles précises de collecte, d'analyse et d'interprétation des textes en vue d'approfondir la compréhension des contenus (Aktouf, 1987; Kuper et al., 2008; De Martino et al., 2017). C'est une méthode de recherche qualitative qui est basée sur l'exploitation des données secondaires en vue de répondre à une problématique ou une question de recherche (Mayring, 2000; Seuring et Gold, 2012; Alamoush et al., 2022a). A ce titre, il s'agit d'une approche méthodologique efficace pour évaluer des informations écrites ou non en vue d'atteindre l'objectif d'une étude donnée. Cette approche qualitative fondée sur une analyse de contenu a été également utilisée par de nombreux auteurs

pour des études similaires notamment l'évaluation de la durabilité des activités portuaires et maritimes (Hossain et al., 2019; Alzahrani et al., 2021; Laribi et Guy, 2023; Fadiga et al., 2024).

Pour répondre aux différentes questions et atteindre les objectifs fixés, l'étude a été conduite en deux principales étapes (figure 1). Il s'agit notamment : (i) clarification des concepts et identification des technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement ; et (ii) construction de la grille d'analyse, choix des APC et enquête en ligne.

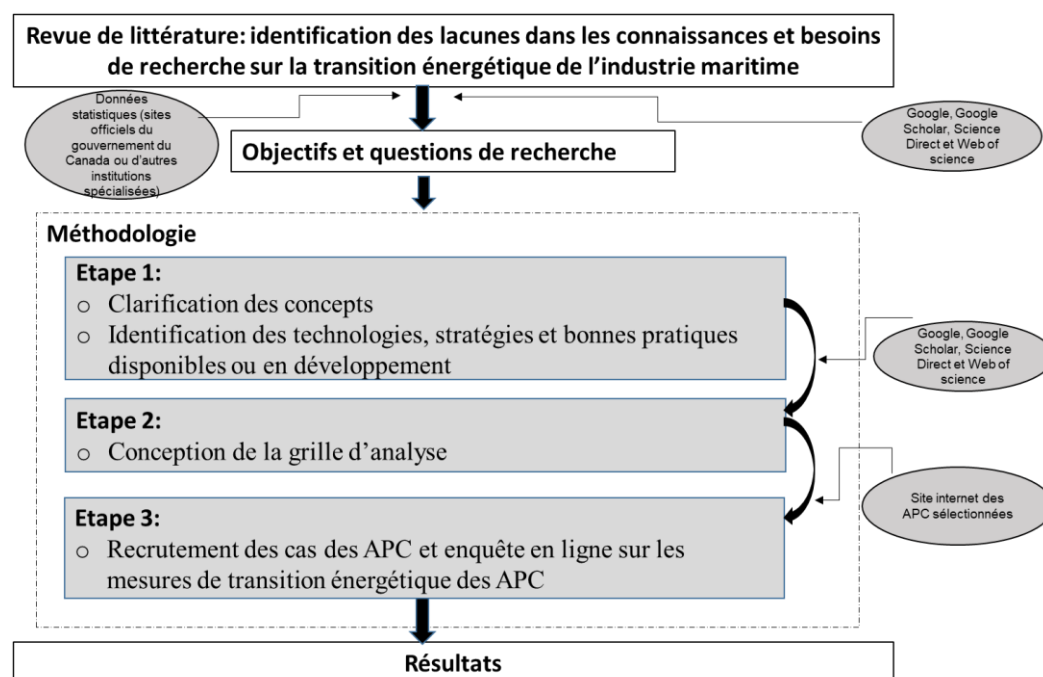


Figure 1. Cadre méthodologique de l'étude.

2.1 PREMIERE PARTIE : CLARIFICATION DES CONCEPTS ET IDENTIFICATION DES TECHNOLOGIES, STRATEGIES ET BONNES PRATIQUES DISPONIBLES OU EN DEVELOPPEMENT

La présente étude vise à focaliser l'attention sur la transition énergétique du secteur portuaire. C'est pourquoi, il est important de clarifier quelques concepts notamment, transition énergétique, neutralité carbone et plan de décarbonation en vue d'identifier les technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement. En effet, une bonne connaissance de ce concept devrait permettre de mieux identifier les éléments indispensables à considérer dans un processus de transition énergétique portuaire.

2.1.1 Clarification des concepts

2.1.1.1 Transition énergétique

Au niveau des ports, il existe principalement cinq types d'opérations qui exigent une consommation en énergie fossile et qui sont à l'origine des émissions de GES (WPCI, 2010; Jusoh et al., 2017; Comtois et al., 2024). Il s'agit notamment (i) du transfert des marchandises par train ou par camion ; (ii) des bâtiments ou infrastructures portuaires ; (iii) des activités de manutention ; (iv) l'électrification à quai et l'avitaillement des navires et (v) l'accès maritime à l'aide des navires de service portuaire. Les travaux de Vujičić et al. (2013) ont révélé que les émissions de GES au niveau des ports proviennent principalement des navires, des équipements de marchandises, des embarcations, des véhicules lourds et des trains à l'intérieur ou à proximité de l'espace portuaire. Dans l'offre de service à ce jour, l'énergie fossile représente une source d'énergie prépondérante dans la mise en œuvre des activités portuaires.

Connue également sous les termes de décarbonisation ou décarbonation, la transition énergétique est l'ensemble des techniques et mesures mises œuvre pour réduire ou éliminer les émissions de dioxyde de carbone dans une industrie ou un secteur d'activité (OQLF, 2024). C'est aussi le passage progressif d'un système énergétique fossile consommant les ressources non renouvelables (uranium, charbon, pétrole gaz naturel, etc.), vers un système énergétique fonctionnant sur les sources d'énergie renouvelable plus efficaces et plus sobres en carbone (Lejoux et Ortar, 2014). La transition énergétique des ports pourrait être considérée comme un modèle énergétique efficace pour lutter contre le réchauffement climatique. A ce titre, elle s'impose comme une alternative majeure qui devrait réduire l'utilisation des énergies fossiles et limiter le réchauffement climatique.

En raison du vaste nombre de disciplines auxquelles elle pourrait s'intégrer, la transition énergétique a connu de multiples définitions au cours de ces dernières années. Par exemple, la socio-énergie appliquée à la transition énergétique tente de définir un système qui se focalise non seulement sur la manière de produire de l'énergie mais aussi sur ce que signifie la production et la consommation d'énergie pour les divers communautés et groupes qui habitent le système énergétique (Miller et al., 2015). Sa mise en œuvre devrait donc prendre en compte les dimensions socio-économique, environnementale, politique, etc., (Deffains-Crapsky, 2023). Vanderbeek et Lewis (2023) ont souligné qu'il est nécessaire de considérer les dimensions environnementales et sociales dans la mise en œuvre de la transition énergétique des ports. Pour

qu'elle soit bénéfique, la transition énergétique devrait être responsable, durable, prospère, inclusive et collaborative (Conseil Génération Energie, 2018). Sa mise en œuvre représente ainsi un enjeu majeur pour la préservation des écosystèmes marins dont dépend une importante partie de l'économie mondiale. Au sein de l'industrie maritime, plusieurs secteurs devraient subir la transition énergétique. Il s'agit notamment : du secteur de l'industrie navale, du secteur du transport et services maritimes, du secteur de la pêche et de l'aquaculture, du secteur du nautisme et de la plaisance et du secteur portuaire, etc.

Les principales voies pour opérationnaliser la transition énergétique portuaire consistent fondamentalement à la promotion et l'utilisation des sources d'énergie propre ou renouvelable notamment éolienne, hydraulique, solaire, géothermie, biomasse ou le recours à l'efficacité énergétique, etc. (Conseil Génération Energie, 2018; Orygeen, 2024; Comtois et al., 2024). A ce titre, il convient de considérer que la transition énergétique est un processus qui limite la dépendance aux énergies fossiles tout en préconisant l'utilisation des énergies renouvelables et propres. La transition énergétique des ports devrait cibler les cinq principales activités portuaires mentionnées plus haut.

2.1.1.2 Carboneutralité ou neutralité carbone

En vertu de l'article 2 de l'Accord de Paris, il est prévu de contenir la température moyenne de la planète en dessous de 2°C par rapport au niveau préindustriel tout en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1,5°C. En vue d'atteindre à long terme l'objectif de température tel que stipulé par l'énoncé de l'article 2 de l'Accord de Paris, l'article 4 du même Accord, stipule que les pays Parties devront, opérer des réductions des émissions de GES de façon à parvenir à un équilibre entre les émissions et les absorptions anthropiques par les puits de GES au cours de la moitié du siècle (2050). Cet équilibre recherché se réfère à la neutralité carbone ou la carboneutralité d'ici 2050.

La neutralité carbone ou la carboneutralité se définit comme un point d'équilibre à partir duquel les émissions de GES découlant des activités anthropiques commencent par diminuer jusqu'à s'annuler complètement (Zhao et al., 2022; Halpe et al., 2025). On parle aussi de carboneutralité lorsque les émissions de GES émises par les activités anthropiques sont réellement absorbées par des mécanismes de compensation à travers des puits à carbone (Gouvernement du Canada, 2024d; Halpe et al., 2025). En effet, un puit à carbone est tout système qui absorbe plus de carbone qu'il n'en émet.

Au regard de tout ce qui précède, on peut retenir que la transition énergétique est un processus pluriannuel de transformation énergétique qui devrait être un levier fondamental pour atteindre la carboneutralité, bien que cette dernière ne devrait pas se limiter seulement à l'énergie. La carboneutralité devrait également inclure d'autres initiatives notamment les stratégies d'absorption (plantation d'arbre, reforestation, etc.) ou des mesures de compensation (crédits carbone, etc.) pour neutraliser les émissions résiduelles.

2.1.1.3 Plan de décarbonation

Pour un pays, une entreprise ou un secteur d'activité, un plan de décarbonation est un document stratégique et pluriannuel pour opérationnaliser la transition énergétique et atteindre la neutralité carbone à un horizon temporel donné (Fadiga et al., 2024; Halpe et al., 2025). Ce document de politique élaboré sur la base d'un inventaire des émissions de GES a pour but principal de définir un seuil de réduction et des actions ou mesures concrètes à mettre en œuvre pour éliminer progressivement les émissions de GES (Alzahrani et al., 2021; Alamoush et al., 2022b; Fadiga et al., 2024). Le plan de décarbonation est généralement structuré et organisé en plusieurs points notamment l'inventaire des émissions de GES et la définition du seuil de réduction, les actions concrètes à mener, le suivi-évaluation des progrès réalisés, etc.

2.1.2 Identification des technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement au niveau des ports

La connaissance de ces technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en cours de développement n'a été possible qu'à travers une revue de littérature approfondie et ciblée sur ces différentes mesures. L'analyse de contenu a été largement exploitée pour conduire à bien cette revue de littérature (Mayring, 2000). La démarche utilisée pour conduire cette revue de littérature s'est inspirée des travaux de Alamoush et al. (2022b) sur le rôle ou la place des ports dans la transition énergétique. Cette approche consiste fondamentalement à diviser la collecte documentaire en quatre grandes étapes (Seuring et Gold, 2012; Alamoush et al., 2022b). Il s'agit de la collection du matériel ciblant notamment les informations recherchées, l'analyse descriptive, la sélection des informations et l'évaluation des informations retenues selon leur pertinence par rapport aux questions de recherche. Dans le cas précis, les informations recherchées devraient nécessairement inclure les sujets relatifs à la transition énergétique ou décarbonation de l'industrie maritime ou l'importance des ports dans la transition énergétique.

En Mai 2024 et sans restriction de dates, les mots clés (tableau 1) ont été recherchés dans diverses bases de données scientifiques. Il s’agit de Google Scholar, Science Direct et Web of science, etc. Les sites Web d’organismes internationalement reconnus dans le domaine de la transition énergétique ou de la décarbonation maritime ont été également exploités. Il s’agit notamment de l’OMI, l’Alliance Verte, Pacific Environment et Opportunity Green, Clear Seas et l’Union Européenne. De plus, les sites Web d’organisations spécialisées de l’industrie maritime ou du Gouvernement du Canada en lien avec les activités maritimes ou portuaires ont été également consultés. D’autres informations complémentaires ont été collectés sur les sites Web des ports (APC recrutées).

Les informations consultées soient en anglais ou en français étaient sous forme d’articles scientifiques publiés dans des revues avec comité de lecture, de rapports d’activités ou techniques, ou des documents de réglementation, politique et stratégie de décarbonation portuaire au niveau national, régional et international. La revue de littérature a permis d’identifier, d’une part, les technologies disponibles ou en développement pour la réduction des émissions de GES en milieux portuaire, et d’autre part, les bonnes pratiques et stratégies de gestion reconnues mondialement pour enclencher et gérer au mieux le processus de décarbonation ou transition énergétique de l’espace portuaire. Au cours de cette phase, les bonnes pratiques de la transition énergétique de l’industrie maritime de certains organismes spécialisés ont été également mises en exergue.

Tableau 1
Mots clés retenus pour la revue de littérature.

Français (<i>équivalent en anglais</i>)
Maritime (<i>maritime</i>)
Transition énergétique (<i>energy transition</i>)
Décarbonation (<i>decarbonation</i>)
Portuaire ou port (<i>port ou harbor</i>)
Navire (<i>vessel</i>)
Bateau (<i>ship</i>)
Emissions de gaz à effet de serre (<i>green house gaz emission</i>)
GES (<i>GHG</i>)
Emissions de dioxyde de carbone (<i>carbon emission</i>)
Mesures (<i>measures</i>),
Incitations (<i>incentives</i>)
Programmes (<i>schemes</i>)
Politique (<i>policy</i>)
Stratégie (<i>strategy</i>)

2.2 DEUXIEME ETAPE : CONCEPTION DE LA GRILLE D'ANALYSE

Les recherches sur la transition énergétique de l'industrie maritime se sont multipliées très rapidement ces dernières années (Hossain et al., 2019; Ateb, 2022; Yaya et Lasserre, 2024; Fadiga et al., 2024). Cependant, très peu d'articles se sont consacrés explicitement aux dispositifs et aux outils qu'elle implique de façon concrète au niveau des ports (Yaya et Lasserre, 2024 ; Comtois et al., 2024). A ce titre, vu la complexité de la transition énergétique des ports, il reste toujours d'importants défis pour son opérationnalisation. C'est dans ce cadre qu'il était indispensable de bâtir, à l'aide des résultats obtenus au niveau de la deuxième partie de notre étude, une grille d'analyse afin de mieux comprendre les différentes étapes nécessaires pour analyser les plans de décarbonation des APC.

La construction de la grille d'analyse devrait aussi permettre de conduire une étude rigoureuse, claire et reproductible, sur la transition énergétique portuaire. Cette grille proposant une approche générique de la transition énergétique portuaire a également pour but de collecter sur une même base les mesures de réduction des émissions de GES au niveau des APC. En effet, la grille d'analyse est vue ici, comme un outil méthodologique permettant de comprendre les dispositions réglementaires, les moyens techniques, matériels et humains nécessaires pour opérationnaliser une transition énergétique au niveau des ports. Cette grille devrait également servir de repère pour mieux comparer les APC entre elles. De nombreux auteurs ont également fait recours à une grille d'analyse pour évaluer ou comparer les progrès de l'intégration des questions environnementales pour la mise en œuvre des activités portuaires (Bouman et al., 2017; Hossain et al., 2019; Alamoush et al., 2022b; Ateb A., 2022) et de développement durable (Villeneuve et al., 2016). Pour construire la grille d'analyse, en plus des résultats obtenus au niveau de la deuxième partie, l'étude a pris en compte plusieurs étapes notamment l'identification et définition des critères et indicateurs d'analyse, le pré-test et la validation de la grille d'analyse.

2.2.1 Identification des critères et définition des indicateurs d'analyse

A cette étape, pour identifier les critères et indicateurs d'analyse, il est indispensable d'avoir une bonne connaissance des différentes technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement en matière de réductions des émissions de GES opérées au niveau des ports du monde voire du Canada. En se référant aux objectifs et questions de

recherche et sur la base des informations fournies par la revue de littérature dont la démarche est décrite à la **section 2.1**, ci-dessus, et dont les résultats sont présentés en détails au **chapitre 3, sections 3.1 et 3.2**, il a été défini des critères avec des indicateurs de regroupement qui ont servi à construire la grille d'analyse. Les informations recueillies au niveau des différentes sections ont également permis de comprendre que la transition énergétique des ports devrait faire recours à plusieurs étapes notamment l'inventaire des émissions de GES, les dispositions réglementaires, l'élaboration d'un plan de décarbonation, la mise en œuvre effective des mesures de transition énergétique, les exigences pour renforcer les liens de partenariat et de coopération, etc. Ces différentes mesures ont été regroupées et reformulées dès que possibles et au besoin pour définir les critères et les indicateurs de notre grille d'analyse. La revue documentaire a également permis de comprendre que très peu d'études existent sur la transition énergétique des ports du Canada (Yaya et Lasserre 2024). Il s'en suit que les différentes mesures identifiées par notre étude s'inspirent en majorité des cas d'expériences d'autres ports à travers le monde et dans une moindre mesure des ports canadiens.

Au total, cette étape nous a permis d'identifier et de formuler au départ neuf critères. Ensuite, pour chaque critère, il a été défini des indicateurs qui pourraient faciliter sa bonne compréhension et sa mise en œuvre ou son opérationnalisation. Les critères déclinés sous forme d'un certain nombre d'indicateurs ont permis de construire une grille d'analyse provisoire. Cette grille d'analyse regroupait alors différentes étapes prioritaires et nécessaires à considérer pour amorcer à bien une stratégie de transition énergétique des ports.

2.2.2 Pré-test et validation de la grille d'analyse

Dans un premier temps, un pré-test a été réalisé, pour mieux cerner et évaluer la robustesse et la pertinence de notre grille d'analyse avec neuf critères. La grille d'analyse de neuf critères a été pré-testée sur les sites Web de trois sur six APC sélectionnées au hasard. Pour la circonstance, les sites Web des ports de St. John's, Vancouver et Prince Rupert ont servi d'éléments pour conduire ce pré-test. Il faut noter que toutes les mesures identifiées au niveau des ports ont été prises en compte dans cette grille d'analyse. Le pré-test a permis de constater que certaines mesures de transition énergétique regroupées au sein de certains critères retenus n'existaient pas au niveau des ports sélectionnés. Par conséquent ces critères ou indicateurs ont été systématiquement éliminés de notre grille d'analyse. D'autres critères ont été fusionnées ensemble en raison de la similitude qui pourrait exister. Ce qui a permis de valider une nouvelle

grille d'analyse (tableau 2) restreinte à six critères. Les six critères retenus et proposés par notre étude sont entre autres : (i) niveau de préparation et d'engagement ; (ii) cadre politique, institutionnel et réglementaire ; (iii) technologies et énergies propres utilisées ; (iv) infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques ; (v) stratégies de communication et renforcement de capacité ; et (vi) coopération et nouveaux partenariats.

Par ailleurs, la revue des bonnes pratiques proposées par un éventail d'institutions spécialisées de l'industrie maritime dont la description fait l'objet de la **section 3.2 (chapitre 3)** a permis également de démontrer que la grille d'analyse retenue couvre les éléments essentiels des bonnes pratiques recommandées. A ce titre, la grille d'analyse validée a permis de conduire une enquête en ligne sur les mesures et actions déployées par les APC en matière de réduction des émissions de GES. Elle a également servi de base pour mettre en exergue les niveaux d'avancement de la transition énergétiques des APC. De plus, la configuration de la grille d'analyse devrait servir de base pour la structuration et la présentation des résultats de la présente étude notamment des résultats présentés au **chapitre 3, sections 3.4 à 3.9**.

Tableau 2.
Grille d'analyse de la transition énergétiques des APC.

Critères	N°	Indicateurs	Echelle d'évaluation	Sources
1-Niveau de préparation et d'engagement	1.1	Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Québec, 2024a
	1.2	Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e; Gouvernement du Québec, 2024a; Alamouch et al., 2022a; Gouvernement du Québec, 2024a
	1.3	Engagement ou création et participation aux corridors de transports maritime verts	Oui/non	Gouvernement du Canada, 2024e; Gouvernement du Québec, 2024a
	1.4	Abandon de tous les projets liés au combustibles fossiles	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Québec, 2024a
2-Cadre politique, institutionnel et règlementaire				
	2.1	Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022
	2.2	Existences de mesures pour la conversion des navires à énergie fossile en navires à zéro émission	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022

	2.3	Existence de politiques et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attrance des navires utilisant les sources d'énergies propres	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e
	2.4	Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e;
	2.5	Utilisation d'une tarification carbone		Delbosc et Perthuis, 2009; Dequiedt et al., 2024; Hsu et al., 2024; Gouvernement du Québec, 2024b
3-Énergies sans hydrocarbone utilisées	3.1	Electrification à quai	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e
	3.2	Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e
	3.3	Optimisation des moteurs à énergie fossile	Oui/non	IMO, 2015; Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e
	3.4	Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)	Oui/non	Ateb A., 2022; Wang et al., 2024; Fadiga et al., 2024; Yaya et Lasserre 2024; Tomos et al. 2024; Gouvernement du Canada, 2024c; OMI, 2024; Clear Seas, 2024b,c,d,e

	3.5	Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires	Oui/non	Ateb A., 2022; Wang et al., 2024; Fadiga et al., 2024; Yaya et Lasserre 2024; Tomos et al. 2024; Gouvernement du Canada, 2024c; OMI, 2024; Clear Seas, 2024c,d,e
4-Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	4.1	Evaluation de l'efficacité énergétique des infrastructures et équipements	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024g; Wang et al., 2024; Yaya et Lasserre 2024
	4.2	Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions des GES	Oui/non	Bouman et al., 2017; OMI, 2015; IMO et IAPH, 2018
	4.3	Existence d'infrastructures accueillant des navires à faible émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)	Oui/non	Bouman et al., 2017; IMO, 2015; IMO et IAPH, 2018
	4.4	Existence d'infrastructures de chargement et de de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)	Oui/non	Bouman et al., 2017; OMI, 2015; IMO et IAPH, 2018
	4.5	Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques	Oui/non	Bouman et al., 2017
	4.6	Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique	Oui/non	Gouvernement du Canada, 2024e

5-Stratégies de communication et de renforcement de capacité	5.1	Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e
	5.2	Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques notamment la transition énergétique	Oui/non	Bouman et al., 2017
6-Coopération et nouveaux partenariats	6.1	Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions des GES	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e; Iris et al., 2019; Browne et O'Leary, 2022; Raeesi et al., 2023; Gouvernement du Québec, 2024a
	6.2	Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international et/ ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques	Oui/non	Browne et O'Leary, 2022; Gouvernement du Canada, 2024e; Gouvernement du Québec, 2024a

2.3 TROISIEME ETAPE : RECRUTEMENT DES CAS DES APC ET ENQUETE EN LIGNE

2.3.1 Recrutements des cas des APC

La première étape a consisté à définir des critères pertinents pour constituer un échantillon représentatif de ports devant servir pour l'étude de cas. Ces critères ont été définis en utilisant les données statistiques publiées au niveau des sites officiels du gouvernement du Canada et d'autres sites spécialisés de l'industrie maritime à l'échelle nationale et internationale. Pour mener à bien notre étude, quatre critères ont été définis pour sélectionner les ports. Il s'agit notamment d'un port ayant à la fois : (i) un statut d'APC; (ii) appartenant aux portes et corridors commerciaux du Canada; (iii) une importance en terme de trafic de conteneurs et; (iv) un niveau de performance de réduction des émissions de GES.

2.3.1.1 Détention du statut d'APC

En vertu de la Loi maritime en vigueur depuis le début des années 1990, il existe 17 APC (Government of Canada, 2024f). En effet, le choix d'un port ayant un statut d'APC se justifie du fait de son rôle en tant qu'institution financièrement autonome ayant des prérogatives relatives à la gestion commerciale, l'appui au développement économique, la préservation des intérêts des parties prenantes, la location des terminaux, l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies d'intervention et de protection de l'environnement en termes d'orientation des investissements à court, moyen et long termes (Hendriks et de Gooyert, 2023; Gouvernement du Canada, 2024f,g). Les APC jouent également un rôle important dans le transport des marchandises à travers le Canada. Par exemple, en 2017, les 17 APC ont traité environ 60 % du tonnage de marchandises (Gouvernement du Canada, 2024h). De plus, la plupart des APC font partie du nouveau programme des corridors maritimes verts qui vise la décarbonation de l'industrie maritime au Canada (Gouvernement du Canada, 2024b). Ce programme a pour objectif de réduire les émissions de GES et d'éliminer les obstacles à l'adoption des infrastructures, technologies, et équipements bas-carbone tout en facilitant les partenariats et les investissements. Bouman et al. (2017) ont estimé qu'il est possible de

réduire de plus de 75 % les émissions de GES du secteur maritime en impliquant les ports notamment à travers les autorités portuaires qui pourraient faciliter la promotion, l'adoption et la mise en œuvre des politiques incitatives de réduction des émissions de GES. A ce titre, ce critère de choix paraît donc fondamental, étant donné le rôle que pourrait jouer les APC dans la planification et la mise en œuvre des stratégies favorables à la transition énergétique de l'industrie maritime aussi bien à l'échelle nationale, régionale qu'internationale.

2.3.1.2 Appartenance du port aux portes et corridors commerciaux

Ce critère permet d'inclure dans notre échantillon au moins un port dans chacune des trois zones prioritaires identifiées par le programme des portes d'entrées et corridors de commerce au Canada. Les portes et corridors commerciaux sont des voies maritimes stratégiques pour le Canada. Il s'agit d'un ensemble d'infrastructures multimodales (aérien, ferroviaire, maritime et routier) disposant de systèmes logistiques permettant de jouer un rôle de plaque tournante et de points d'entrée et de sortie pour les transactions commerciales entre le Canada et le reste du monde (Gouvernement du Canada, 2009; Gouvernement du Canada, 2024i). En vertu du cadre de politique nationale de juillet 2007, les portes et corridors commerciaux du Canada sont réparties en trois grandes zones (Gouvernement du Canada, 2009; 2024i). Il s'agit des Portes et corridors commerciaux de l'Ontario-Québec, de l'Asie-Pacifique et de l'Atlantique. Les portes et corridors regroupent aussi bien d'autres ports à l'exception des APC en vue d'une meilleure approche d'intégration de politique maritime et d'une fiabilité des chaînes d'approvisionnement et logistique (Gouvernement du Canada, 2009).

2.3.1.3 Importance du trafic de conteneurs

Le troisième critère identifié est l'importance du trafic conteneurisé. Ce critère a été retenu afin de s'assurer d'inclure les principaux ports à conteneurs du Canada, étant donné que le secteur aurait un potentiel de croissance élevée dans les années à venir et ceci devrait être associé avec des niveaux importants d'émissions liées au transport intermodal et au

transport maritime international. Par exemple, entre 1995 et 2009, le transport par conteneurs traité par les principaux ports du Canada s’est accru de 33 % à 65 % (Gouvernement du Canada, 2024i).

2.3.1.4 Niveau de performance de réduction des émissions de GES

Le quatrième critère est relatif au score attribué par l’Alliance Verte en ce qui concerne le niveau de performance des émissions de GES des activités industrialo-portuaires des ports (Alliance Verte, 2024a). L’Alliance Verte est une institution nord-américaine qui met en œuvre un programme de certification environnementale ciblant les industries maritimes notamment les ports en Amérique du Nord. Au niveau de l’Alliance Verte, les questions environnementales sont abordées à travers une approche participative impliquant les acteurs portuaires, les gouvernements, les groupes environnementaux, les milieux académiques et les communautés locales. Sur les 17 APC, 16 APC membres ont été évaluées par l’Alliance Verte (Alliance Verte, 2024a). Les niveaux de performance ont été déterminés sur une échelle de 1 à 5 (tableau 3). Les niveaux 1, 2, 3, 4 et 5 correspondent respectivement à : (i) suivi réglementaire; (ii) meilleures pratiques; (iii) systèmes de gestion intégrés et impacts quantifiés; (iv) technologies de pointe et cibles de réduction; et (v) excellence leadership. Pour ce critère et pour une meilleure représentativité de notre échantillon, au moins une APC a été choisie par niveau de performance.

Tableau 3.

Niveau des performances en matière de réduction des émissions de GES.

N°	Ports	Niveaux de performance	Année d’adhésion
1	Alberni	2	2015
2	Port de St. John’s	2	2014
3	Thunder bay	2	2008
4	Windsor	2	2009
5	Port Saint John	3	2011
6	Belldune	3	2017
7	Nanaimo	3	2012

8	Sept Îles	3	2009
9	Halifax	4	2011
10	Hamilton	4	2007
11	Montréal	4	2007
12	Trois-Rivières	4	2007
13	Vancouver	4	2012
14	Saguenay	4	2009
15	Prince Rupert	5	2010
16	Québec	5	2007

Source : Adaptée de Alliance Verte (2024a)

2.3.1.5 Sélection des APC

En appliquant à la fois les quatre critères, il ressort que les ports de St. John's, Saint John, Vancouver et Prince Rupert ont été choisis (tableau 4). Pour assurer une meilleure représentativité des portes et corridors de commerce et vu le nombre de ports présents dans le niveau de performance 4, le port de Montréal a été également ajouté à l'échantillon. En effet, les ports de Vancouver, Montréal, Prince-Rupert et Saint John font partie des principaux ports à conteneurs du Canada (Gouvernement du Canada, 2024h). Ces derniers ont enregistré un trafic de conteneurs de 6,33 millions EVP en 2015. Le port de St John's est également un port à conteneurs (APSTJ, 2024a, b). Ce port joue un rôle majeur dans l'expédition du minerai de fer vers d'autres marchés internationaux notamment en Amérique du Nord, en Europe et en Asie. L'étude se propose d'ajouter également le port de Sept-Îles (niveau de performance 3), en raison de son volume de trafic de minerai de fer et de la diversité des marchandises manutentionnées. En étant premier port minéralier en Amérique du Nord (APSI, 2024a), le choix du port de Sept-Îles se justifie, du fait qu'en dehors du trafic conteneurisé, nous estimons qu'une augmentation de l'intensité des activités d'extraction de minerai de fer devrait engendrer d'importantes quantités d'émission de GES dans l'atmosphère dans les années à venir. Au total, un échantillon de six ports a été retenu pour notre étude.

Tableau 4.
Synthèse des critères et choix des APC.

Ports	Statut APC	Portes corridors commerciaux	et Trafic conteneurs	de Niveaux de performance
Alberni	Oui	Asie-Pacifique	Non	2
Port de St. John's	Oui	Atlantique	Oui	2
Thunder bay	Oui	Ontario-Québec	Non	2
Windsor	Oui	Ontario-Québec	Non	2
Port Saint John	Oui	Atlantique	Oui	3
Belldune	Oui	Atlantique	Non	3
Nanaimo	Oui	Asie-Pacifique	Non	3
Sept Îles	Oui	Ontario-Québec	Non	3
Halifax	Oui	Atlantique	Oui	4
Hamilton	Oui	Ontario-Québec	Non	4
Montréal	Oui	Ontario-Québec	Oui	4
Trois-Rivières	Oui	Ontario-Québec	Non	4
Vancouver	Oui	Asie-Pacifique	Oui	4
Saguenay	Oui	Ontario-Québec	Non	4
Prince Rupert	Oui	Asie-Pacifique	Oui	5
Québec	Oui	Ontario-Québec	Non	5

Source : Adaptée de Alliance Verte (2024a) et Gouvernement du Canada (2024 f, g, i)

2.3.2 Enquête en ligne sur les mesures de transition énergétique des APC

La grille d'analyse, dont la conception est décrite à la **section 2.2**, a permis de conduire l'enquête en ligne. En effet, l'enquête en ligne est vue ici comme une analyse documentaire à partir des informations partagées par les administrations portuaires sur leurs sites Web respectifs. Ce choix méthodologique fait référence aux bonnes pratiques de la décarbonation maritime qui exige que les ports sont tenus de rendre disponible en toute transparence toute action de transition énergétique notamment les mesures de réduction et les progrès réalisés à travers leur site Web à l'endroit du public et des parties prenantes. Ce principe de transparence est exigé de tout acteur public ou privé mettant en œuvre un plan climat (Gouvernement du Québec, 2024a). A ce titre, l'enquête a été réalisée via les sites Web officiels aussi bien en français qu'en anglais de chacune des six APC retenues. L'utilisation

du site Web de chaque APC, accessible à tout public, a permis de collecter les différentes mesures de transition énergétique opérées par chaque APC, en considérant que chaque APC dispose d'une autonomie en ce qui concerne les informations publiées sur son site Web. Pour une bonne utilisation et une assurance de la validité des informations collectées, l'étude a émis l'hypothèse suivante : chaque APC est consciente et assume une entière responsabilité sur la véracité des informations de transition énergétique publiées sur son site Web au profit des visiteurs qui pourraient provenir aussi bien des milieux académiques que de l'industrie maritime. Les rapports annuels des APC ont été également consultés notamment les rapports de 2019 à 2023 pour l'Administration portuaire de Montréal (APM), de 2019 à 2023 pour l'Administration portuaire de Prince Rupert (APPR), de 2017 à 2021 pour l'Administration portuaire de Saint John (APSJ), de 2022 à 2023 pour l'Administration portuaire de St. John's (APSTJ), de 2019 à 2023 pour l'Administration portuaire de Sept-Îles (APSI) et de 2021 à 2023 pour l'Administration portuaire de Vancouver (APV). Au cas où il a été nécessaire, d'autres informations ont été collectées sur les sites Web officiels du Gouvernement du Canada ou d'autres sites Web d'institutions spécialisées dans l'industrie maritime.

L'enquête en ligne a été exécutée entre novembre 2024 et janvier 2025. Cette enquête a permis de remplir par oui ou non les indicateurs pour chaque critère de la grille d'analyse (tableau 2). Au cas où c'est une réponse « oui », une note est prise systématiquement sur le type de mesures ou stratégies de transition énergétique mises en œuvre par l'APC. Pour cela, différentes pages notamment sur les thèmes de l'environnement, du climat, de développement durable, etc., du site Web de chaque APC, ont été explorées et exploitées de façon minutieuse et complète. Dans le cas où l'information recherchée ne se retrouve pas dans cette rubrique, il a été procédé à une recherche sur l'ensemble du site Web de l'APC. Ce qui évite l'omission de l'information recherchée alors qu'elle existe. Il faut noter que pour chaque APC, les informations textuelles ainsi que les références bibliographiques ont été prises au fur et à mesure que se réalisait la collecte de données dans un premier fichier Excel contenant la grille d'analyse. Pour ce fichier Excel, les critères et les indicateurs de la grille d'analyse, dans différentes colonnes, sont croisés à chaque APC disposant d'une colonne.

Un deuxième fichier Excel a été utilisé pour collecter les informations relatives au portrait général de chacune des six APC.

Une fois les informations remplies pour chaque indicateur, dans le fichier Excel, il était plus facile de comparer les APC entre elles pour chaque critère et indicateur relative aux mesures de transition énergétique. Ces différentes comparaisons pourraient orienter les premières pistes d'analyses sur les différentes réalisations en termes de progrès réalisés en ce qui concerne les mesures de décarbonations entreprises par les APC.

CHAPITRE 3

RESULTATS

Les résultats présentés ici ont tenté de répondre aux trois volets des questions de recherche énoncées à la **section 1.3**. A ce titre, ce chapitre a été structuré et divisé en trois grandes sous-sections notamment (i) technologies et mesures disponibles ou en développement pour la réduction des émissions en milieux portuaires ; (ii) bonnes pratiques et stratégies de gestion reconnues pour enclencher et gérer au mieux le processus de transition énergétique dans les ports et (iii) choix des mesures et actions déployées en matière de réduction des émissions de GES des six APC recrutées.

3.1 TECHNOLOGIES ET MESURES DISPONIBLES OU EN DEVELOPPEMENT POUR LA REDUCTION DES EMISSIONS EN MILIEUX PORTUAIRES

La réduction des émissions de GES au niveau des ports d'un pays représente des enjeux majeurs aussi bien politique, technologique que financier. Browne et O'Leary (2022) ont suggéré trois axes notamment, la prise d'engagements courageux, la mise en œuvre de politiques progressistes et la réalisation de progrès mesurables et vérifiables de transition énergétique des ports. Une bonne mise en œuvre des trois axes devrait permettre d'atteindre un seuil « zéro émission de carbone » pour le secteur maritime d'ici 2050. L'élaboration d'un plan stratégique de réduction des émissions de GES est une étape clé pour atteindre les objectifs de la transition énergétique des ports. A ce titre, Alamoush et al. (2022a) ont proposé un cadre stratégique en quatre composantes pouvant aider les ports à entreprendre et réussir leurs efforts de transition énergétique. Les quatre composantes sont: dimension 1 : principaux acteurs de mise en œuvre (autorités portuaires); dimension 2: prise en compte des sources d'émissions de GES; dimension 3: mesures techniques et opérationnelles en réponses aux sources d'émissions de GES en lien avec les priorités de la stratégie; et dimension 4: instruments et outils utilisés par les principaux acteurs de mise en œuvre. Dans leurs travaux,

Fadiga et al. (2024) ont identifié quatre grandes mesures pour accélérer la transition énergétique des ports. Il s'agit des mesures pour la promotion des énergies propres et renouvelables, la mise en place des stratégies opérationnelles, la promotion des systèmes d'énergie et des mesures de conservation.

D'autres travaux recommandent de faire appel à plusieurs stratégies et technologies impliquant aussi bien des initiatives centrées ou non sur les navires (Wang et al., 2024; Yaya et Lasserre 2024). Les initiatives centrées sur les navires regroupent notamment des choix opérationnels (la navigation ralentie, le routage météorologique, etc.) et des choix technologiques notamment : acquisition de navires neufs, branchement électrique des navires à quai, récupération de chaleur perdue et substitution des énergies fossiles. Il s'agit entre autre du GNL, du méthanol, du carburant émulsifié, des bi-carburants (hybride), de l'ammoniac liquide, des énergies renouvelables, de l'alimentation électrique des navires et de l'utilisation de l'hydrogène vert (Ateb, 2022; Issa Zadeh et al., 2023; Laribi et Guy, 2023; Ramsay et al., 2023; Wang et al., 2024). Tomos et al. (2024) ont rapporté que la substitution des énergies fossiles par l'hydrogène vert, les biodiesels et le bio-méthanol, pourrait réduire les émissions de GES respectivement de 74-81%, 87% et 85-97%. En effet, ces trois sources d'énergie seraient considérées comme de meilleurs choix en termes de transition énergétique du secteur maritime. D'autres stratégies incluent le délai de rotations des navires au niveau des quais, l'accostage juste à temps, la réduction de la vitesse des navires, l'instauration des programmes de compensation, la bonne gestion de l'intermodalité et le captage ou la séquestration du carbone (Fadiga et al., 2024).

Les initiatives non centrées sur les navires prennent en compte les audits énergétiques, l'électrification des installations portuaires et des véhicules, et la télémétrie (Wang et al., 2024; Yaya et Lasserre 2024). De récentes études ont indiqué que les nouvelles technologies de l'information et de la communication notamment la numérisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques pourraient contribuer à réduire significativement les émissions de GES du secteur portuaire (Bouman et al., 2017; Alzahrani et al., 2021; Fadiga et al., 2024). La mise en place des stratégies incluant la prise des textes

de loi, d'arrêtés et l'établissement des arrangements institutionnels robustes de suivi-évaluation du niveau d'émission des GES pourraient faciliter la promotion et l'adoption des pratiques visant la carboneutralité de l'espace portuaire.

De par leur fonction, les autorités portuaires, en tant que catalyseur de la transition énergétique, pourraient collaborer aussi bien avec les gouvernements qu'avec le secteur privé en vue d'amorcer de véritables politiques de transition énergétique portuaire. Face à la complexité qu'impliquerait la transition énergétique des ports, Iris et al. (2019) et Raesi et al. (2023) ont suggéré de promouvoir la combinaison de plusieurs mesures de réduction intégrant à la fois les énergies renouvelables, les biocarburants, la digitalisation et l'utilisation des bases de données (Big Data).

3.2 BONNES PRATIQUES ET STRATEGIES DE GESTION RECONNUES POUR ENCLANCHER ET GERER AU MIEUX LE PROCESSUS DE TRANSITION ENERGETIQUE DANS LES PORTS

3.2.1 Cas des agences onusiennes notamment l'OMI

La réduction des émissions de GES de l'industrie maritime n'est pas explicitement définie dans la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) ainsi qu'au niveau de l'Accord de Paris adopté en 2015 (World Bank, 2023). Toutefois, l'article 2 du Protocole de Kyoto, stipule que la réduction des émissions de GES de l'industrie maritime provenant des combustibles de soute (par exemple transport maritime) devrait être poursuivie par l'OMI. L'OMI, institution spécialisée des Nations Unies a été créé par une Convention adoptée le 6 mars 1948 à Genève. Il s'agit d'un cadre réglementaire international entre pays qui se veut d'être juste et efficace pour une gestion durable du secteur des transports maritimes internationaux (OMI, 2023). Pour ce qui concerne, la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer adoptée en 1982, des obligations de réduction des émissions de GES aux pays parties ont été bien définies à l'article premier (paragraphe 4) mais aussi dans la partie XII notamment dans les articles 192 à 237 de ladite Convention (OMI, 2023). Seule, l'annexe VI de la Convention MARPOL et son protocole de 1997 traitent de la pollution de l'atmosphère par les navires notamment les

émissions des GES. Il s'agit notamment de l'oxyde d'azote (NO_x), de l'oxyde de soufre (SO_x), des substances appauvrissant la couche ozone et des composés organiques volatils, etc.

Du fait que les émissions de GES du transport maritime international échappent aux différents instruments juridiques de la CCNUCC et ne sont donc pas taxées, de nombreuses voix s'élèvent pour réclamer la mise en place d'une taxe carbone (Dequiedt et al., 2024). A cet effet, pour s'aligner aux objectifs de l'Accord de Paris, l'OMI a élaboré une stratégie initiale en 2018 afin de contribuer aux objectifs mondiaux en matière climatique. Cette stratégie vise à réduire de 50 % les émissions des transports maritimes internationaux d'ici 2050 (World Bank, 2023). Cette stratégie initiale a été révisée en 2023.

La stratégie de 2023 quant à elle, a défini une vision future des transports maritimes internationaux, une obligation en termes d'élaboration d'un plan d'action de réduction des émissions de GES, des niveaux d'ambition ainsi que des mesures envisageables de réduction des émissions de GES à moyen et long terme notamment l'adoption des techniques, sources d'énergies ou combustibles à émissions de GES nulles ou quasi-nulles. A ce titre, les biocombustibles ou bio-carburants ont été reconnues par excellence comme des sources d'énergie efficaces pouvant substituer aux combustibles fossiles, à condition que ces derniers soient produits à l'aide des sources d'énergies et de matières premières durables (OMI, 2024). La stratégie de 2023 a par ailleurs mis en exergue les contraintes de mise en œuvre de la transition énergétique de l'industrie maritime notamment en termes de renforcement de capacités, de coopération technique et de recherche-développement. Toutefois, aucune mention n'a été explicitement mentionnée sur la réduction des émissions de GES au niveau des ports. C'est pourquoi, sous la tutelle de l'OMI, de nombreux travaux ont été réalisés en vue de collecter des informations sur les différentes mesures et bonnes pratiques opérées en terme de réduction des émissions de GES au niveau des ports (IMO, 2015; IMO et IAPH, 2018). Il s'agit notamment du projet GloMEEP qui est une initiative coopérative du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et de l'OMI en collaboration avec l'Association Internationale des

Ports et Havres (AIPH). L'AIPH qui est une alliance mondiale représentant plus de 180 ports membres et 140 entreprises liées aux ports dans 90 pays.

Les mesures de contrôle des émissions et d'efficacité énergétique appliquées aux opérations portuaires et logistiques issues de ces travaux et recommandées sous la tutelle de l'OMI (tableau 5) sont regroupées principalement en trois grandes catégories : équipement, énergie et mesures opérationnelles (IMO, 2015). La catégorie des équipements fait allusion aux changements physiques à apporter aux trois principales sources d'émission des navires notamment les chaudières, les moteurs auxiliaires et les moteurs de propulsion. La catégorie « énergie » prend en compte les sources d'énergie utilisées par un navire qu'il soit situé à terre ou à bord, notamment, l'alimentation à quai. Les mesures relatives à l'énergie consistent à l'utilisation des carburants et/ou des systèmes d'énergie alternatifs. Quant aux mesures opérationnelles de réduction, elles se concentrent principalement sur le port, les terminaux et l'exploitation des navires. Il s'agit de l'efficacité opérationnelle au niveau des navires, des terminaux et des ports et mesures de gestion des composés organiques volatiles. L'efficacité opérationnelle consiste à améliorer la consommation de carburant des navires dans la zone portuaire. Quant à l'efficacité opérationnelle des terminaux et des ports, elle pourrait contribuer à réduire la consommation du carburant (réduction des émissions de GES) et des taxes au niveau de toute la zone portuaire. La gestion des composés organiques s'opère lors des opérations de chargement des navires occasionnant des émissions provenant des navires, des soupapes et raccords de décharge de pressions. Cette mesure est utilisée par plusieurs pays pour réduire et contrôler l'impact des émissions sur l'environnement et sur la santé. Les mesures recommandées par l'OMI ont été identifiées dans différents ports en Asie, Amérique, et en Afrique (tableau 5).

Tableau 5.

Mesures de contrôle des émissions et d'efficacité énergétique des agences onusiennes
notamment l'OMI.

Catégories	Mesures de réduction préconisées
EQUIPEMENT	
Technologies des moteurs	Remotorisation, kits de remise à neuf, déclassement des moteurs de propulsion, recirculation des gaz d'échappement, commandes d'injecteurs de carburant rotatifs, systèmes de lubrification à commande électronique, systèmes de surveillance/contrôle automatiques des moteurs, optimisation des NO _x des soupapes, des buses et du calage du moteur, soupapes coulissantes, injection d'eau continue, injection d'eau directe, moteur à air humide/humidification de l'air de balayage, turbocompresseurs à haut rendement, turbocompresseurs à deux étages, coupure du turbocompresseur, etc.
Technologies des chaudières	Chaudières à haut rendement, récupération de chaleur résiduelle du moteur auxiliaire
Technologies de post-traitement	Réduction catalytique sélective, épurateurs de gaz d'échappement-humides, épurateurs de gaz d'échappement-secs, systèmes basés sur des barges
ENERGIE	
Carburants	Carburants à faible teneur en soufre, GNL - gaz uniquement, eau dans le carburant, carburant mixte, biocarburant, méthanol
Systèmes d'énergie alternatifs	Alimentation électrique des barges, alimentation électrique à terre ou énergie solaire

MESURES OPERATIONNELLES

Efficacité opérationnelle des navires	Réduction de la vitesse des navires ou navigation lente, optimisation des systèmes frigorifiques des navires, optimisation des systèmes des navires, optimisation du dimensionnement de la flotte pour maximiser l'efficacité des navires
Efficacité opérationnelle des terminaux et des ports	Systèmes d'amarrage automatisés, réduction du temps d'accostage, pompes électriques à terre pour les vracs liquides, transbordement hors terminal
Composés organiques volatils	Récupération des vapeurs pour les vracs liquides volatils

Source : Adaptée de OMI (2015) et de IMO et IAPH (2018)

3.2.2 Cas des bonnes pratiques recommandées par l'Alliance Verte

L'Alliance Verte est un programme de certification intégrant en général les indicateurs environnementaux à différents niveaux de mise en œuvre de l'industrie maritime sur le continent nord-américain. C'est une initiative fondée sur une adhésion volontaire de ces membres en vue d'améliorer leur performance environnementale en ciblant notamment les enjeux liés à la qualité de l'air au niveau des espaces portuaires. De par ses activités, l'Alliance Verte couvre plusieurs enjeux environnementaux notamment la prévention des déversements, les bruits sous-marins, les matières résiduelles, les espèces envahissantes et les gaz à effet de serre. Sur la base d'inventaire des émissions de GES au niveau des ports partenaires, l'Alliance Verte a identifié certaines mesures et /ou stratégies (tableau 6) pour accélérer la transition énergétique au niveau de l'industrie maritime. A ce titre, l'Alliance Verte a recommandé aux ports membres d'élaborer un plan triennal de gestion en vue de réduire les émissions des GES des activités portuaires (Alliance Verte, 2024b). Ce plan devrait inclure les points suivants : les objectifs, rôles et responsabilités des parties prenantes, un plan d'action avec un ensemble d'actions concrètes (mesures et bonnes pratiques de gestion) à mettre en œuvre tout en respectant une feuille de route permettant de mesurer les progrès réalisés à travers un cadre permanent de suivi-évaluation.

Tableau 6.

Mesures et stratégies de réduction des émissions de GES identifiées recommandées par l'Alliance Verte.

Acteurs ou parties prenantes	Action et mesures
Gouvernements des États et des provinces	Élaboration d'un inventaire régional des émissions de GES de serre et définition du niveau ou seuil de réduction par rapport à une année de référence
Industrie maritime (tous les acteurs)	Élaboration d'un inventaire annuel des émissions de GES relatives aux activités portuaires et définition d'un niveau ou seuil de réduction par rapport à une année de référence Exécution des audits d'efficacité énergétique afin d'identifier les secteurs de mise en œuvre et du plan de gestion énergétique Électrification des véhicules et des équipements
Gouvernements des États et des provinces; Industrie maritime (tous les acteurs)	Mise en œuvre d'un secteur maritime intelligent par la dématérialisation, l'utilisation nouvelles technologie de l'information et de la communication permettant de standardiser le transfert des navires et de créer des plateformes pour le partage d'information entre ports Réalisation d'un projet pilote d'optimisation des voyages avec un échantillon d'armateurs afin d'évaluer la faisabilité et les avantages pour la région (en tenant compte de la planification portuaire, de la réponse en mer aux informations météorologiques, de l'optimisation de la vitesse et de l'itinéraire, de la capacité de transport/utilisation pour réduire les trajets de ballast, de la réduction du temps de marche au ralenti, etc.)
Industrie maritime (ports, terminaux, chantiers navals, voie maritime)	Installation des bornes de recharge pour les véhicules électriques
Industrie maritime (ports, armateurs)	Évaluer les avantages économiques et environnementaux de l'installation d'une alimentation à quai dans les ports, y compris pour les navires à déchargement automatique -Maintenance et assurance d'une veille technologique active sur les carburants alternatifs et les technologies de capture du carbone

	Assurer une veille technologique active sur les carburants alternatifs et les technologies de capture du carbone
Industrie maritime (armateurs)	Surveillez la consommation de carburant en temps réel
Industrie maritime (armateurs)	Réaliser des projets pilotes avec des carburants alternatifs
Industrie maritime (armateurs)	Assurer un traitement approprié de l'eau de « purge » de l'épurateur en circuit fermé

Source : Adaptée de Alliance Verte (2024b)

3.2.3 Mesures de transition énergétique identifiées dans le guide pour un transport maritime « zéro émission » de Pacific Environment et Opportunity Green

Pacific Environment et Opportunity Green sont deux organisations environnementales internationales qui bénéficient d'un statut consultatif auprès de l'OMI (Browne et O'Leary, 2022). Ces deux organisations ont pour mission de protéger la faune et les communautés du littoral du Pacifique. Dans leur mission, elles soutiennent les décideurs politiques et les parties prenantes dans le domaine de l'environnement marin notamment la protection des océans et le passage des combustibles fossiles à une économie verte. Le guide conçu par « Pacific Environment et Opportunity Green » a pour but de mettre fin aux émissions des GES, d'accélérer la mise en œuvre des technologies zéro émission et d'encourager les pionniers tout en garantissant un accès plus sûr aux carburants et aux infrastructures zéro émission. Ce guide élaboré sous forme d'un plan d'action recommande des engagements, des politiques et des progrès (tableau 7) qui devraient être mises en œuvre immédiatement par toutes les parties prenantes de la gestion portuaire notamment les gouvernements, les propriétaires et exploitants de navires, les autorités portuaires, les exploitants de terminaux, les régulateurs, les associations professionnelles maritimes, les organisations non gouvernementales, les fabricants de technologies, les fournisseurs et les associations professionnelles liées à la technologie.

Tableau 7.

Mesures et stratégies de réduction des émissions de GES identifiées par Pacific
Environnement et Opportunity Green.

Plan d'action	Mesures
Engagement	Engagement à un transport maritime à zéro émission d'ici 2040 ; création des corridors de transport maritime vert ; abandon de tout projet utilisant les combustibles fossiles
Politique	Mise en place de normes réglementaires obligatoires de zéro émission pour les navires en escale dans le port ; mise en place d'un programme de récompense pour les pionniers de même que les navires propres, mise en œuvre des projets de protection de l'environnement soutenant la réduction des émissions de GES
Progrès	Electrification des opérations et infrastructures portuaires ; fourniture de l'énergie provenant des sources d'énergies propre tout en garantissant un ravitaillement fiable pour les cargos ; mobilisation et implication de tous les acteurs portuaires notamment les travailleurs maritimes et les communautés locales au plan d'action « zéro émissions »

Source : Adaptée de Browne et O'Leary (2022)

3.2.4 Mesures de transition énergétique recommandées par Clear Seas

Clear Seas est un organisme canadien à but non lucratif qui vise à fournir des informations crédibles sur les bonnes pratiques et partages d'expériences à l'intention des gouvernements et des acteurs de l'industrie maritimes pour un secteur maritime sûr, durable, dynamique et inclusif aujourd'hui et pour les générations futures. A ce titre, Clear Seas a conduit un projet de recherche dans le cadre des carburants marins et réduction des émissions de GES provenant du transport maritime (Clear Sea, 2024c). Les résultats de ce projet ont permis d'identifier une gamme diversifiée de mesures notamment les remorqueurs électriques, les carburants marins alternatifs et les domaines prioritaires pour la recherche et

le développement (Clear Seas, 2024c, d). Les principales mesures retenues prennent en compte les voiles de haute technologie, l'électrification par l'utilisation des énergies solaire et éolienne, des batteries, l'hydrogène vert, l'ammoniac, le méthanol, le méthane, les biocarburants, etc. En revanche, il est indiqué que les bio-carburants ne constituent pas une solution idéale pour réaliser à grande échelle la transition énergétique du transport maritime (Clear Seas, 2024c). Par ailleurs, pour une transition énergétique efficace et durable, il est nécessaire de mettre en place des mesures réglementaires qui devraient prendre en compte le cycle de vie complet des carburants de remplacement et l'ensemble des GES non-CO₂, notamment l'oxyde nitreux (Clear Seas, 2024e).

3.2.5 Mesures de contrôle des émissions et d'efficacité énergétique au niveau des pays de l'Union Européenne

Les directives de l'OMI en matière de réduction des émissions ont été transposées et adaptées dans l'espace maritime européen (tableau 8). En 2019, la Commission Européenne a publié son accord sur la transition énergétique qui ferait de l'Europe, le premier continent à être carboneutre à l'horizon 2050 (EPRS, 2020; Hendriks et de Gooyert, 2023). L'Accord vise à réduire de 90 % les émissions de GES pour tout type de transport qu'il s'agisse des pollutions atmosphérique ou sonores et de la qualité des eaux. Les principales mesures relatives à l'efficacité énergétiques se réfèrent au GNL, gaz à pétrole liquéfié, moteurs électriques, méthanol, l'hydrogène et les bio-carburants (Hendriks et de Gooyert, 2023). De nombreux pays en Europe sont en avance en termes de transition énergétique de l'industrie maritime notamment les Pays-Bas, la Belgique, la France, l'Allemagne, l'Espagne, etc., (DNV Group, 2024). A ce titre, de nombreuses solutions ou mesures de réduction des émissions de GES formulées (tableau 8) sous forme de guide ont été proposées à différents niveaux de la gestion portuaire notamment l'industrie maritime (navires en escale), les opérations logistiques, les activités industrielles au sein du port, les systèmes de production d'énergie, la maintenance, les infrastructures portuaires, etc. (EPRS, 2020; EIT, 2022; Hendriks et de Gooyert, 2023; DNV Group, 2024). Le guide de transition énergétique des

ports européens souligne également l'importance des coopérations entre ports et acteurs, d'un cadre de transparence et de suivi-évaluation relatif à la réduction des émissions de GES.

Tableau 8.

Différentes mesures identifiées au niveau des opérations portuaires européennes.

Types d'opérations	Mesures et stratégies identifiées
Industrie maritime (navires en particulier)	Électrification, utilisation de l'hydrogène vert, bio-énergie, hybridation des navires
Optimisation de la livraison et de la logistique notamment des infrastructures à terre alimentées au diesel (pour le déplacement de conteneurs, de grues, etc.)	Électrification fournie par les sources d'énergie renouvelable, technologies intelligentes facilitant les transports et la livraison, électrification à quai pour les navires
Activités industrielles au sein du port	Énergie renouvelable pouvant fonctionner les processus industriels, utilisation de l'hydrogène vert, amélioration de l'efficacité énergétique des processus existants, électrification des processus, recyclage des déchets industriels et utilisation de la chaleur résiduelle, promotion de l'économie circulaire
Systèmes de production d'énergie	Énergie renouvelable de production d'électricité (vent), stockage d'électricité à grande échelle pour équilibrer la demande et l'offre, Développement des réseaux de chauffage urbain pour les services publics
Activités de maintenance et travaux de construction dans les ports	Utilisation des énergies renouvelables, stockage hors réseau pour alimenter les outils et passer des moteurs diesel aux options électrifiées, modification des navires et équipement de dragage en utilisant les carburants neutres en carbone, l'électricité, ou des moteurs hybrides
Infrastructures portuaires	Promotion de solutions logicielles intelligentes permettront une utilisation plus efficace de l'énergie, et la gestion numérique de l'énergie

Source : Adaptée de Transport & Environment (2018), EPRS (2020), EIT (2022), DNV Group (2024)

3.2.6 Mesures de transition énergétique mises en exergue par le protocole d'entente mondial et le cadre canadien sur les corridors maritimes verts multi-portuaires et multi-juridictionnels

Le cadre canadien des corridors maritimes verts a été élaboré en vue de guider les acteurs de l'industrie maritime à travailler en synergie pour éliminer les émissions de GES et mener des actions contre la crise climatique (Gouvernement du Canada, 2024c, e). Ce cadre s'aligne avec d'autres priorités du gouvernement notamment le Plan de protection des océans et de l'économie bleue. Le cadre exige aux différents acteurs de l'industrie maritime de fixer les valeurs de référence sur la base des données probantes de l'inventaire des émissions de GES enregistrées au niveau de diverses opérations portuaires et d'élaborer en conséquence un plan de mise en œuvre impliquant toutes les parties prenantes et les collectivités locales. A cet effet, différentes mesures de réduction des émissions de GES devront prendre en compte la mise en place des filières énergétiques, l'utilisation de l'électrification et des carburants carboneutres dans les ports (alimentation à quai) ou pour les navires. Dans ce cadre, les carburants et les technologies admissibles sont : technologies électriques à batterie, biocarburants à faible teneur en carbone, énergie éolienne et solaire, hybrides rechargeables, piles à combustible, hydrogène, ammoniac, méthanol, (Gouvernement du Canada, 2024c). Une récente étude relative à un sondage d'opinion publique sur les attitudes révèle que 67 % de la population canadienne est favorable à l'utilisation de l'hydrogène vert pour décarbonner l'industrie maritime (Clear Sea, 2024b). En revanche, le GNL n'est pas admissible au niveau des mesures retenues par le gouvernement du Canada.

Dans le cadre de la transition énergétique du secteur maritime, les ports de Vancouver, Principe Rupert et d'Edmonton ont signé lors de la 28^{ème} Conférence des Parties (COP28) à la CCNUCC, un protocole d'entente qui vise à soutenir l'établissement d'un corridor maritime vert international, multi-juridictionnel et multi-portuaire s'étendant du Canada jusqu'à d'autres ports importants du Moyen-Orient et d'Asie (Gouvernement du Canada, 2024e). En application du protocole, les participants, notamment lesdits ports, s'engagent à mettre en œuvre les mesures et dispositions suivantes :

- ❖ Elaboration d'un plan d'action pluriannuelle de décarbonation du milieu marin à l'horizon 2030 et au-delà incluant : planification des corridors verts, accroissement du soutien à la recherche, développement et utilisation de technologie et d'investissement zéro émission, promotion et adoption de mesures d'efficacité énergétiques, adoption des carburants propres ou technologies de propulsion entièrement décarbonisés et promotion des énergies renouvelables
- ❖ Evaluation sur une base annuelle des progrès réalisés et mise en place d'un cadre de reddition des comptes des progrès pouvant faciliter les discussions en vue de lever les obstacles limitant la transition énergétique
- ❖ Etablissement de nouveaux partenariats stratégiques impliquant la participation volontaire des autorités portuaires, des exploitants de navires, des armateurs, des promoteurs d'énergies renouvelables et d'autres acteurs de la chaîne logistique du transport maritime international
- ❖ Prise en compte des impacts environnementaux et de la durabilité tout en intégrant la conservation marine et les mesures existantes liées à la réduction de la pollution des navires dans le cadre de la Convention internationale pour la prévention de la pollution des navires (MARPOL).

Le protocole d'entente devrait recevoir également l'appui de différents gouvernements infranationaux et de l'industrie maritime qui s'engagent à mettre en œuvre des mesures de réduction appropriées (tableau 9). Le protocole a fait mention de certains obstacles politiques, stratégiques, et technique de mise en œuvre.

Tableau 9.

Mesures de transition énergétique mises en exergue par le protocole d'entente mondial et le Cadre canadien sur les corridors maritimes.

Gouvernements infranationaux et de l'industrie	Mesures de transition énergétique/prioritaires
Gouvernements infranationaux	Conversion des navires en navires à zéro émission, mise en place des règlements et politiques facilitant la mise en œuvre de la transition énergétique vers des solutions zéro ou à faible émission de carbone
Fabricants et fournisseurs de navires	Intégration des mesures de décarbonation à toutes les phases de la construction navale, promotion de l'innovation et utilisation des nouvelles technologies
Armateurs et exploitants de navires	Maximisation de l'efficacité énergétique et réduction des déchets, augmentation de l'utilisation des carburants propres
Autorités portuaires et compagnies maritimes	Développement de solutions propres, alimentation à quai, mise à disposition des carburants de rechanges et d'infrastructures de ravitaillement, mise en place des mesures d'incitation et autres solutions d'encouragement des pionniers, mise en place des cadres de collaboration avec toutes les parties prenantes notamment les industriels et les gouvernements
Compagnies de chemins de fer	Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique
Développeurs d'énergies renouvelables et services publics	Production d'énergie propre et de carburants maritimes à faible teneur en carbone et à zéro émission en quantité suffisante et à un prix compétitif
Investisseurs	Financement de la modernisation des navires et de nouveaux navires à faible émission de carbone, renforcement des investissements dans les ports propres et dans la promotion des carburant renouvelable
Importateurs et exportateurs	Engagement à la réduction des émissions tout au long de la chaîne d'approvisionnement

Source : Adaptée de Gouvernement du Canada (2024e)

3.3 SYNTHÈSE DES TECHNOLOGIES DISPONIBLES, BONNES PRATIQUES ET STRATÉGIES DE GESTION EN MATIÈRE DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DES PORTS

Les informations des **sections 3.1 et 3.2**, ci-dessous, révèlent qu'il existe une diversité de mesures et technologies disponibles relevant soit du domaine politique, réglementaire, technique, technologique et opérationnel pour amorcer une transition énergétique efficace et rigoureuse des ports. En effet, il est important de rappeler ici que ces deux précédentes sections ont également permis de définir les critères et les indicateurs qui ont servi à concevoir la grille d'analyse. En effet, la grille d'analyse reste le principal outil méthodologique qui a été exploité pour conduire à bien l'enquête en ligne au niveau des sites Web des APC sur les mesures et actions déployées par ces dernières en matière de réduction des émissions de GES. Les résultats obtenus pour chaque cas APC recruté sont présentées ci-dessous dans les **sections 3.4 à 3.9**.

3.4 TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APM

3.4.1 Portrait général

3.4.1.1 Localisation géographique

Le port de Montréal est localisé dans la Province du Québec. Il se présente sous une forme linéaire sur une bande de terrain contiguë et s'étend sur une superficie d'environ 142 hectares en face du fleuve Saint-Laurent (Comtois et Slack, 2001). En plein cœur de l'Amérique du Nord, le port est à une distance de 1600 km de la côte Atlantique et bénéficie d'un accès facile à l'intérieur des terres (APM, 2024a). De par son emplacement géographique stratégique et de l'efficacité de sa connectivité intermodale, le port de Montréal est le plus proche des grandes métropoles de distribution et de consommation du Midwest (Etats Unis) et de l'Est du Canada. Toutefois, en tant qu'une plaque tournante intermodale, le port de Montréal offre un service unique dans l'espace Nord-Américain, du fait qu'il

possède ses propres réseaux de chemins de fer qui sont directement reliés au quai et aux réseaux ferroviaires pancanadiens (Larouche et al., 2023). C'est le seul port à conteneur autour des ports de Québec (Larouche et al., 2023).

3.4.1.2 Principales activités et installations

Le port de Montréal est le deuxième plus important port du Canada (Larouche et al., 2023). Il génère environ 31 770 emplois, 98,3 milliards de dollars dans l'économie du Canada, 54,9 milliards de dollars dans l'économie du Québec et une contribution de 3,5 et 10 % du PIB respectivement pour le Canada et le Québec (APM, 2024b). Pour sa chaîne logistique, le port enregistre environ 2000 navires par année, 2500 camions par jour et 60 à 80 trains par semaines (APM, 2024c). C'est un port international qui relie plus de 140 pays dans le monde.

En termes de principales activités, le port de Montréal est polyvalent et dispose d'un centre de transbordement très diversifié de marchandises dont l'ensemble est constitué des conteneurs (40 %), des vracs solides (24 %) et des vracs liquides (36 %) (APM, 2024c). Les marchandises conteneurisées sont : produits alimentaire, produits forestiers, grains et céréales, produits sidérurgiques, produits métallurgiques, matériaux de construction, véhicules d'occasions, produits chimiques, produits textiles, minerais et divers (APM, 2024d). Les vracs liquides sont constitués de : pétrole brut, essence à moteur, mazout, huile diesel, carburant pour avion, asphalte, alcool éthylique, mélasse, hydrocarbure, kérosène et autre. Quant aux vracs solides, il s'agit de : grains maritimes, minerais de fer, grains par rail et camion, sucre brut, sel, engrais, gypse, gravier, autres minerais, ferro-alliage, déchets de métaux, charbon, scories, laitiers et autres. En 2019, le port a enregistré son trafic le plus élevé estimé à 40,5 millions alors que le trafic le plus faible (34 millions) a été observé en 2021 (figure 2). Toutefois, de par ses activités, la conteneurisation maritime représente l'activité la plus importante du port en termes de valeurs, de poids et de volumes (plus important dans l'est du Canada). Le trafic des croisières fait également partie des activités mises en œuvre au niveau du port de Montréal. Entre 2020 et 2021, aucune activité de

croisières n'a été enregistrée, en raison de la crise sanitaire de la COVID-19. En 2022, les activités de croisières ont timidement repris avec 49 escales, 38 036 passagers et 12 893 membres d'équipages (APM, 2024d).

Le port abrite de nombreux terminaux notamment les terminaux de vracs solides, les terminaux à conteneurs, les terminaux de vracs liquides, les terminaux de croisière et les grands quais (APM, 2024b). En forme linéaire, les principales installations (terminaux et quai) du port, facilitent l'expédition, l'acheminement et la réception des marchandises par bateaux provenant aussi bien du niveau national qu'à l'échelle internationale.

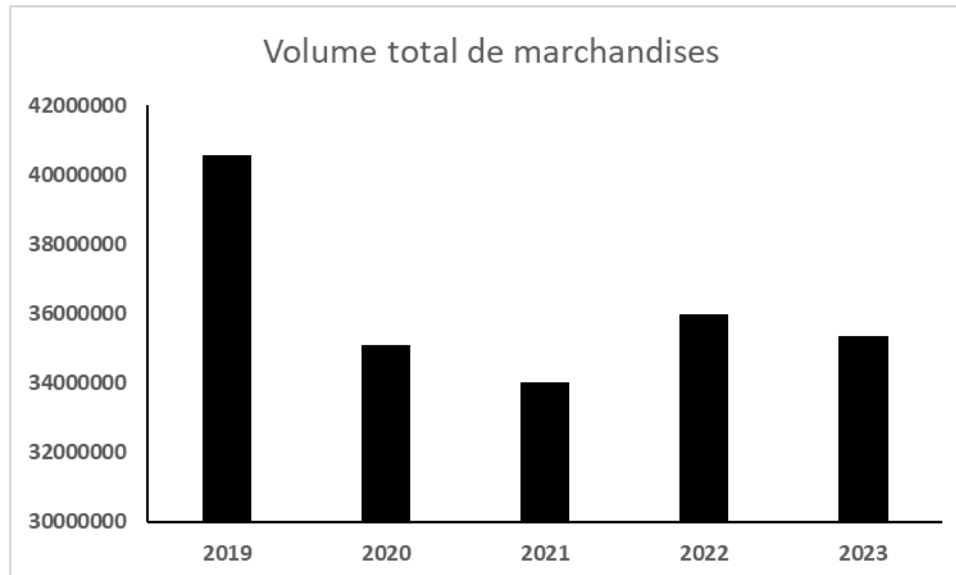


Figure 2. Evolution du volume de fret au port de Montréal.

Sources : Adaptée de APM (2024d)

3.4.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.4.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

Depuis 2007, l'APM a entrepris son inventaire des émissions de GES (APM, 2024e). Cet inventaire a été réalisé avec l'outil d'inventaire élaboré par Transports Canada. L'inventaire a pris en compte les émissions provenant de l'APM, des équipements de manutention, des véhicules routiers, de la circulation maritime locale, de la circulation maritime trans-portuaire et du transport ferroviaire. Les émissions de portée 1, 2 et 3 prennent en compte les émissions provenant de la gestion des bâtiments et de la flotte des véhicules, les travaux d'infrastructures et les opérations ferroviaires (réseau intermodal). Par ailleurs, la réduction des émissions de portée 1, 2 et 3 sont sous la responsabilité de l'APM. Il faut noter que l'inventaire est complet et prend en compte tout le territoire portuaire de Montréal et Contrecoeur. L'inventaire a permis d'estimer 171 599 tonnes de GES.

3.4.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

La transition vers la carboneutralité représente le premier pilier en terme du développement durable du port de Montréal. A ce titre, l'APM dispose d'un plan de transition énergétique intitulé APM 2050 qui stipule la carboneutralité des activités de l'APM d'ici 2035 et la carboneutralité du port d'ici 2050 (APM, 2024e). A ce titre, l'APM vise, pour ses propres activités, une réduction de 55 % des émissions de GES d'ici 2030 et la carboneutralité d'ici 2035 alors qu'une réduction de 40 % est prévue d'ici 2040 pour les autres activités portuaires ne relevant pas de l'autorité de l'APM en vue d'atteindre la carboneutralité d'ici 2050.

L'APM dispose de nombreux documents de politique pour le secteur de l'environnement notamment la politique du développement durable et le plan de décarbonation 2050 (APM, 2024e). Ces différents documents de politique sont arrimés avec les politiques nationales et internationales notamment la Loi fédérale sur le développement

durable (LC 2008, ch.33), le Partenariat climat Montréal, le programme environnement de l'Alliance Verte, les objectifs du développement durable (ODD) à l'horizon 2030, la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations-Unies, l'Agenda 2030 de l'Association Internationale des Villes Portuaires (AIVP), etc.

3.4.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

La réduction des émissions de GES étant une affaire de tous, l'APM s'est engagée avec les autres acteurs de l'industrie maritime pour la mise en œuvre de la carboneutralité le long des corridors maritimes du Saint-Laurent et bien au-delà impliquant d'autres partenaires outre-Atlantique notamment le port de Anvers-Bruges (APM, 2024e). Par exemple, l'APM a signé une entente de collaboration avec le port de St. John's pour la mise en place du premier corridor maritime vert entre les ports de Montréal et St. John's (APM, 2024d).

3.4.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

En se référant à son plan de transition énergétique, l'APM s'est engagée à court, moyen et long termes pour abandonner les projets liés aux combustibles fossiles.

3.4.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.4.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Pour le cas de l'APM, aucune information n'a été obtenue pour ce critère. En effet, une telle mesure n'a pas été indiquée dans le plan de transition énergétique 2050.

3.4.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.4.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.4.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucun programme n'a été mis en place pour favoriser la navigation lente et le ralentissement des navires. Toutefois, pour ce qui concerne les croisières, des mesures ont été prises en ce qui concerne l'optimisation et la révision des déplacements de la flotte des navires afin de réduire les émissions de GES (APM, 2024e).

3.4.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.4.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.4.4.1 Electrification à quai

En 2017, l'APM a mis en place un système d'électrification à quai au niveau du terminal de croisières et des systèmes de branchement à quai pour les navires-hivernants (APM, 2024e).

3.4.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

Aucun chiffre n'a été obtenu en ce qui concerne l'échéance et la substitution des navires à énergie fossile. Toutefois, des recherches sont en cours sur l'utilisation des navires qui pourraient fonctionner sur les carburants propres et renouvelables.

3.4.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

L'APM a lancé un projet pour mesurer et réduire les émissions de GES des navires en collaboration avec Global Spatial Technology Solutions (GSTS) (APM, 2024d).

3.4.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

L'APM a entrepris des initiatives de réduction des émissions de GES au niveau des véhicules, des locomotives et des bâtiments. A ce titre, toute la flotte de l'APM est largement composée de véhicules hybrides (réduction de 30 % de GES) et les locomotives utilisées sont désormais de deuxième génération (APM, 2024e). Depuis janvier 2024, le Grand quai du port de Montréal est approvisionné à 100 % par de l'énergie renouvelable (par Energir) provenant du recyclage des déchets organiques (APM, 2024f). L'énergie solaire est également utilisée pour alimenter la recharge du système de contrôle des eaux usées et assurer le nettoyage annuel des berges du parc Arthur-Therrien (APM, 2024d).

3.4.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

En ce qui concerne l'utilisation des énergies propres et renouvelables au niveau des navires, aucune information n'a été obtenue. Toutefois, l'APM a entrepris un projet de recherche sur l'utilisation de l'e-méthanol à travers le projet Plaine du Réseau Québec Maritime (APM, 2024d). Certaines études sont également en cours avec le Groupe Océan sur l'utilisation du carburant renouvelable visant la réduction des émissions de GES (APM,

2024e). En revanche, 30 ravitaillements de GNL ont permis d'éviter 4200 tonnes de GES (APM, 2024d).

3.4.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.4.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

L'APM envisage de mettre en place un système de gestion de l'énergie inspiré de la norme ISO-50001 et de l'intégration du « programme Envision » relatif aux projets d'infrastructures portuaires (APM, 2024d). Il est prévu également une étude sur l'efficacité énergétique des tours marines (APM, 2024d).

3.4.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

L'APM a procédé à une optimisation et révision des déplacements lors des croisières AML en vue de réduire les émissions de GES (APM, 2024d).

3.4.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.4.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.4.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

En vue de réduire son empreinte carbone, l'APM a mis au point une application mobile et Web, nommée « PORTail de camionnage » (APM, 2024e). Cette application utilisant désormais l'intelligence artificielle (IA) affiche en temps réel, le temps de traitement des

positionnements de camions sur l'espace portuaire. Ce qui permet d'optimiser les itinéraires des camions en provenance ou à destination des terminaux du port et d'éviter les embouteillages pouvant occasionner une augmentation des émissions de GES. L'utilisation de cette application pourrait permettre de réduire de six minutes le traitement de positionnement des camions, soit une réduction annuelle de plus de 200 tonnes de GES par rapport à 2018 (APM, 2024e).

3.4.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Dans son plan stratégique 2023-2027, le port de Montréal, en renforçant sa connectivité intermodale, se veut d'être un corridor plus intelligent, résilient et durable (APM, 2023g). En 2022, le trafic des marchandises opérées à travers la voie ferroviaire (accès direct au quai) est de 6,8 millions de tonnes, soit 45 % du trafic total alors que la voie routière a permis d'acheminer 8,3 millions de tonnes de marchandises (55 % du trafic global). En effet, une importante partie du trafic des conteneurs passe par le rail pour rejoindre l'ouest canadien, l'Ontario et le Midwest américain. Le port dispose aussi de pipeline pour l'acheminement des produits pétroliers (APM, 2023h). Le port est également en connexion avec deux principaux réseaux notamment le « Canadian Pacifique » et le « Canadian National » qui assurent une parfaite liaison non seulement avec les marchés intérieurs du Canada mais aussi avec le Nord-Est des Etats-Unis et le Midwest.

3.4.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.4.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

L'APM a mis en place plusieurs stratégies pour renforcer l'éducation de tous les partenaires ainsi que des jeunes et des adultes sur les questions climatiques notamment la réduction des émissions de GES (APM, 2024d).

3.4.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

L'APM dispose d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique (APM, 2024e).

3.4.7 **Coopération et nouveaux partenaires**

3.4.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

L'APM a mis en place un cadre d'action notamment un comité « Energie et décarbonation » fédérant toutes les parties prenantes. Ceci a pour but de garantir la transparence et l'équité dans la mise en œuvre du processus d'inventaire des émissions de GES au niveau du port. Au nombre des parties prenantes, il a été observé les employés et les partenaires d'affaires tels que les opérateurs de terminaux et autres locataires, les fournisseurs, les communautés avoisinantes et les Premières Nations, les différentes instances municipales et gouvernementales, les associations représentant les différents constituants de la société civile, etc. Il faut signaler que le plan de transition énergétique 2050 a été élaboré avec la participation de toutes les parties prenantes (APM, 2024e). Pour un meilleur suivi du plan de transition énergétique, un responsable en la matière a été nommé.

3.4.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

Dans ses actions vers la transition énergétique du secteur maritime, l'APM collabore avec d'autres institutions internationales notamment l'Alliance Verte, le Pacte Mondial des Nations Unies, le Partenariat Climat Montréal, le Comité Stratégies St-Laurent, etc. (APM, 2024e). L'APM a également adhéré récemment au « Défi carboneutre Canada » au même titre que les ports de Québec et de Trois-Rivières (APM, 2024d; Gouvernement du Canada, 2024d). Ces différentes collaborations devraient faciliter la mobilisation des forces

philanthropiques, économiques, communautaires et institutionnelles pour accélérer la décarbonation et renforcer la résilience portuaire.

3.5 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APPR

3.5.1 Portrait général

3.5.1.1 Localisation géographique

Le port de Prince Rupert est localisé sur la côte Nord-Ouest de la province de la Colombie Britannique. L'APPR est située sur le territoire traditionnel du peuple Ts'msyen. Il est limité au Nord par Tuck Inlet, au sud par l'Île Kitson, à l'Ouest par les Îles Kinaham et à l'est par le port Porpoise (APPR, 2024a). Le port de Prince Rupert constitue une porte stratégique pour l'exportation des produits en vrac des Provinces du Manitoba, de l'Alberta, de la Colombie-Britannique et de la Saskatchewan (APPR, 2024b). De par sa proximité avec l'Asie et d'autres ports de l'Amérique du Nord (Seattle), le port joue un rôle essentiel entre les économies les plus entrepreneuriales et dynamiques du monde. Le port de Prince Rupert détient le tirant d'eau (35 m) le plus profond de l'Amérique du Nord voire du monde (APPR, 2024c).

3.5.1.2 Principales activités et installations

Le port de Prince Rupert traite une diversité de marchandises notamment les conteneurs, les vracs solides (avoine, blé, orge, etc.), les vracs liquides (produits pétroliers, gas LP, etc.) et d'autres produits spécialisés. Il accueille aussi des navires de croisières. En 2023, le port a généré plus de 3300 emplois directs, 142 millions de dollars en revenu gouvernemental et 12,4 millions pour les gouvernements locaux (APPR, 2024b). Le volume de trafic le plus élevé a été enregistré au cours de l'année 2020 alors que le plus faible a été obtenu en 2023 (figure 3). Le volume total de marchandises a évolué de 24,675 millions en 2022 à 23,5 millions en 2023, soit une baisse de 5 % (figure 3). Cette baisse est surtout due

à une forte concurrence sur les routes commerciales trans-pacifiques et à une baisse du trafic de conteneurs qui est passé de 7 267 808 en 2022 à 7 042 450 en 2023 au niveau du terminal à conteneurs de Fairview, soit une baisse de 32 %. Le port génère également des revenus à travers les activités de croisières qui ont enregistré environ 81 327 passagers en 2023 (APPR, 2024c).

Le port de Prince Rupert dispose d'importants terminaux notamment : terminal à conteneurs de Fairview, terminal Trigon Pacific (charbon métallurgique, thermique et coke de pétrole), terminal de granulés de bois Westview, terminal d'exportation de propane de l'Île Ridley, terminal céréalier, terminal de croisière de Northland, etc., (APPR, 2024d). Il dispose d'un vaste réseau ferroviaire notamment pour le trafic de conteneurs vers l'Amérique du Nord notamment (APPR, 2024b, c).

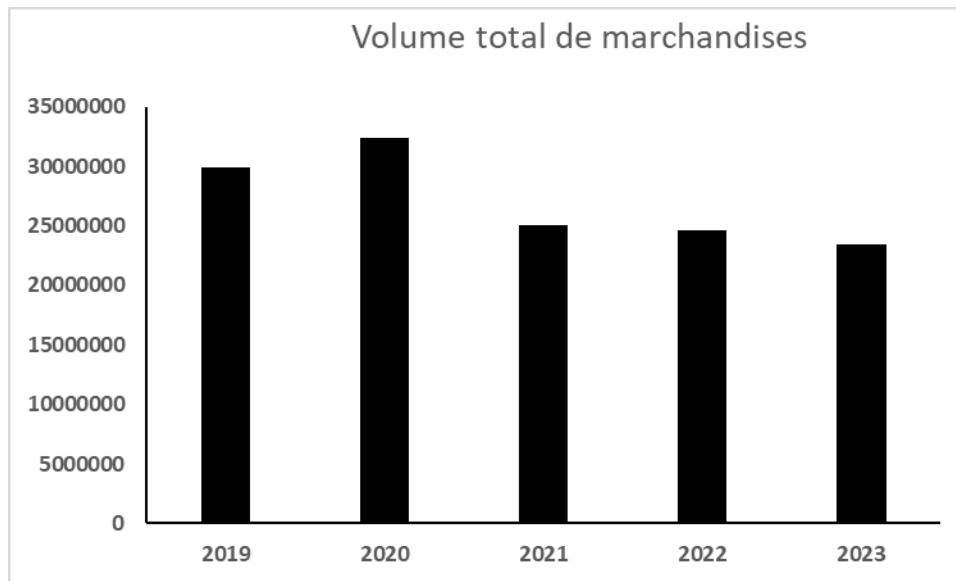


Figure 3. Evolution du volume de fret au port de Prince Rupert.

Sources : Adaptée de APPR (2024e)

3.5.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.5.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

L'APPR a entrepris depuis 2010 un inventaire annuel des émissions de GES (APPR, 2024f). Le but principal de cet inventaire était d'établir une base de référence pour réduire les émissions totales tout en minimisant la consommation d'énergie.

3.5.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

L'autorité portuaire compte réduire de 30 % d'ici 2030 les émissions de GES par rapport à la référence de 2010 et atteindre la carboneutralité en 2050 (APPR, 2024g). Toutefois, aucun document de politique n'a été élaboré dans le cadre de la décarbonation du port. Par contre, un document de politique de décarbonation est en cours de rédaction (APPR, 2024g).

3.5.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

Pour ce qui concerne le port de Prince Rupert, l'autorité portuaire est résolument engagée dans la mise en œuvre des corridors maritimes verts. A ce titre, en signant le protocole d'accord mondial sur les corridors, elle déploie des efforts dans la mise en place du corridor maritime vert de la côte ouest qui devrait fédérer plusieurs gouvernements et acteurs de l'industrie maritime en vue de limiter les émissions de GES sur le trajet reliant Edmonton et Prince Rupert avec d'autres ports de l'Asie et du Moyen-Orient (APPR, 2024g).

3.5.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

Depuis 2015, l'APPR est devenue partiellement carboneutre (APPR, 2024f). Le reste des émissions de GES de l'APPR est compensé par le mécanisme des crédits carbones qui profitent à la forêt pluviale du Grand Ours, en Colombie-Britannique, où se trouve le port.

3.5.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.5.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

En 2013, l'APPR a mis en place un programme vague verte d'incitation pour les navires accostant au port (APPR, 2024g). Ce programme a permis de retirer 12 960 véhicules à énergie fossile de la route.

3.5.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

En 2013, l'APPR a mis en place un « programme vague verte » d'incitation pour les navires accostant au port (APPR, 2024g). Ce programme permettant de réduire les droits portuaires aux expéditeurs vise à encourager ces derniers à promouvoir les pratiques contribuant à la réduction des émissions de GES.

3.5.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

L'APPR utilise les crédits carbones notamment les mécanismes de marché carbone pour compenser une partie de ses émissions de GES.

3.5.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.5.4.1 Electrification à quai

L'APPR dispose de l'électrification à quai pour les porte-conteneurs (APPR, 2024g). Cette installation permet de réduire au moins 88,2 kg de CO₂.

3.5.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

Depuis 2015, l'APRR est partiellement carboneutre.

3.5.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.5.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

L'APPR dispose d'un programme pour améliorer la conception et les différentes infrastructures du port (APPR, 2024g).

3.5.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

Dans le cas du Port de Prince Rupert, il existe une politique à travers le projet « Export Logistics » qui interdit la marche au ralenti pour les camions porte-conteneurs entrant dans le terminal Fairview (APPR, 2024g). Dans le but de réduire les émissions de GES liés à la logistique, l'APPR dispose également d'un programme « clean truck » pour surveiller en temps réel les activités des camions en déplacement au sein du port. Dans le cadre du partenariat entre l'APPR et Dow, des efforts sont attendus en vue de réduire les émissions de GES sur l'ensemble de la chaîne de valeur à travers le projet « Path2Zero de Fort Saskatchewan » qui vise à produire de l'éthylène et des dérivés de polyéthylène à faible teneur en carbone pour des clients internationaux (APPR, 2024h).

3.5.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)

Sous le leadership de l'APPR, les compagnies AltaGas (Calgary) et Royal Vopak (Pays-Bas) ont mis en place des installations de stockage d'énergie propre notamment du butane, du propane, et du méthanol qui pourraient être contenues dans des infrastructures ayant une capacité de plus de 7 millions de tonnes (APPR, 2024g). La mise en œuvre d'une telle initiative devrait permettre d'exporter du méthanol, du pétrole liquéfié et d'autres liquides en vrac tout en renforçant la transition énergétique du transport maritime international.

3.5.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.5.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Le port de Prince Rupert est connecté grâce au projet CARGO au réseau ferroviaire de CN qui offre une porte d'entrée desservant un nombre important de portes en Amérique du Nord (APPR, 2024c). A cela s'ajoute, l'installation d'IntermodeX renforçant la construction de CANXPORT qui devrait fournir le transbordement ferroviaire au conteneur pour améliorer la résilience de la chaîne d'approvisionnement, la compétitivité et l'accès stratégique aux marchés (APPPR, 2024i).

3.5.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.5.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

L'APPR œuvre pour le renforcement de capacité de ses travailleurs notamment à travers l'utilisation des carburant marins (APPR, 2024g). Certaines formations ont été réalisées par un processus de partage d'expérience avec l'équipe du port de Vancouver.

3.5.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

L'APPR dispose d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique (APPR, 2024f).

3.5.7 Coopération et nouveaux partenaires

3.5.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

En ce qui concerne le Port de Prince Rupert, il faut noter que les différentes parties prenantes notamment les locataires, les acteurs industriels, les employés, les autochtones et

les communautés locales ont été impliqués dans le processus de réalisation de l'inventaire des émissions de GES du port (APPR, 2024g).

3.5.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

Le port de Prince Rupert est un membre actif de l'Alliance Verte de même que d'autres partenaires comme Green Marine, Climate Smart, Ridley Island Energy Export Facility (REEF) et Dow (APPR, 2024c). L'APPR a signé lors de la 28^{ème} Conférence des Parties (COP28) sur les changements climatiques à Dubaï, un protocole d'accord mondial pour la mise en place des corridors maritimes verts internationaux de la Côte Ouest du Canada vers le Moyen-Orient et l'Asie (APPR, 2024h).

3.6 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSJ

3.6.1 Portrait général

3.6.1.1 Localisation géographique

Le port de Saint John est situé dans la province du Nouveau-Brunswick sur le territoire traditionnel non cédé des premières nations Peskotomuhkati, Wolastoqey, et Mi'kmaq (APSJ, 2024a). Situé sur un espace de 120 hectares, il dispose d'une liaison intermodale représentée par un vaste réseau de voie terrestre et ferroviaire donnant un accès à un arrière-pays portuaire qui relie le port à des zones peuplées du Centre du Canada, du Midwest et de l'est des Etats-Unis (APSJ, 2024b). De plus, c'est le seul port accessible par voie ferroviaire au Canada Atlantique reliant plus de 500 ports dans le monde (APSJ, 2024a).

3.6.1.2 Principales activités et installations

Les principales marchandises traitées se réfèrent en majorité aux vrac solides et liquides, aux conteneurs et des marchandises diverses. Le volume du trafic le plus élevé a été enregistré en 2017 alors que le plus faible a été observé en 2018 (figure 4). Le port de Saint John est l'un des principaux ports du Canada qui joue un rôle majeur pour l'économie du pays et pour la municipalité notamment à travers la création de plus de 3000 emplois indirects et directs (APSJ, 2024a).

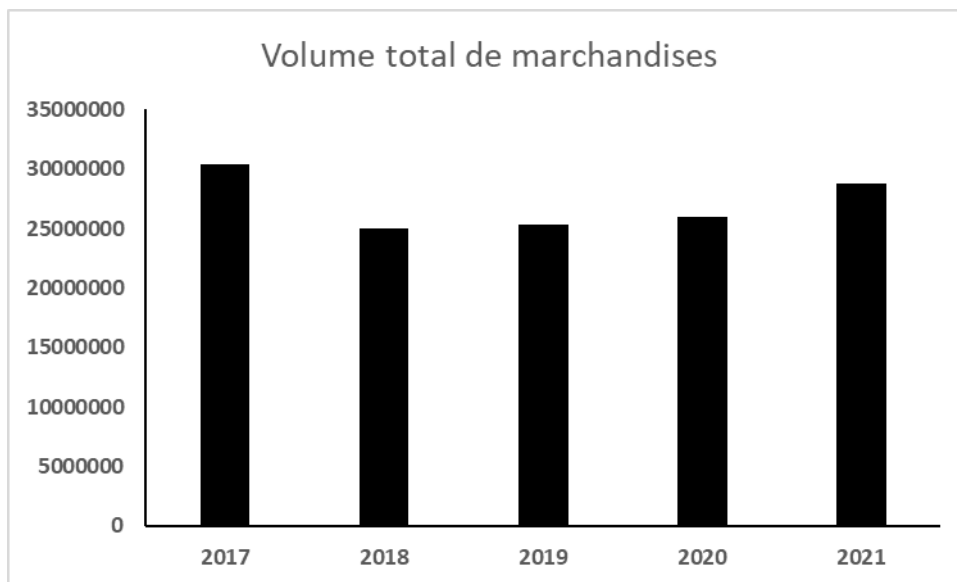


Figure 4. Evolution du volume de fret au port de Saint John.

Sources : Adaptée de APSJ (2024a)

3.6.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.6.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

L'APSJ dispose d'un programme d'inventaire des émissions de GES élaboré conformément au protocole des gaz à effet de serre (APSJ, 2024c).

3.6.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

Depuis 2022, la transition énergétique du port a commencé à travers l'achat des certificats verts à Saint John Energy (APSJ, 2024a). A cet effet, un plan directeur est en cours d'élaboration. Toutefois, en se référant aux inventaires des émissions de GES, l'APSJ vise à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. A ce titre, elle prévoit réduire de 60 % d'ici 2030 les émissions de GES par rapport aux niveaux de 2022 pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2040 (APSJ, 2024a). De plus, une réduction de 60 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 2022 est prévue pour la consommation d'électricité et de gaz naturel au niveau des gares maritimes. L'autorité portuaire s'engage également à atteindre le niveau 5 de tous les indicateurs applicables de l'Alliance Verte (APSJ, 2024a).

3.6.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

L'autorité portuaire a prévu atteindre le niveau 5 de l'Alliance Verte mais aucune mention n'a été faite sur la création des corridors maritimes verts (APSJ, 2024c).

3.6.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

L'APSJ s'efforce d'abandonner les projets à base de combustible fossile en prévoyant de convertir les véhicules du parc automobile à des options à faible émissions de GES et le remplacement des lampadaires des terminaux et l'utilisation de nouveaux véhicules à haut rendement en termes d'efficacité énergétique (APSJ, 2024a).

3.6.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.6.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

En ce qui concerne le port de saint John, il existe un programme d'incitation réduisant les droits de douane à tous les navires obtenant une note entre 25 et 100 accostant dans le port (APSJ, 2024c). En effet, une note 0 indique un rendement médiocre alors qu'une note 100 se réfère à un navire très performant (APSJ, 2024a). Par exemple en 2023, 51 rabais ont été délivrés dans le cadre de la mise en œuvre d'une telle mesure. La mise en place d'une telle initiative à des fins de transition énergétique permet de promouvoir les bonnes pratiques en matières d'énergie propre au niveau des navires.

3.6.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

Depuis 2022, l'APSJ compense une partie de ses émissions liées à la consommation d'énergie en achetant des certificats verts à Saint John Energy (APSJ, 2024a).

3.6.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.6.4.1 Electrification à quai

Le port de Saint John dispose d'un dispositif d'alimentation à quai pour les navires (APSJ, 2024c).

3.6.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

Dans le cas du port de Saint John, il a été observé que la totalité de l'électricité du port, notamment les locaux de l'APSJ, les gares maritimes ainsi que les terminaux de marchandises exploités par l'autorité, est exclusivement alimentée par l'énergie éolienne provenant du parc Burchill (APSJ, 2024c). Cette énergie éolienne d'une capacité de 2500 MWH permet de réduire 700 tonnes de CO₂ (APSJ, 2024c). Pour l'importation et l'exportation des marchandises, l'APSJ utilise de l'énergie marémotrice qui consiste à utiliser le marnage dans des zones littorales pour fournir de l'électricité en utilisant la différence de hauteur entre deux bassins séparés par un barrage. Le premier véhicule Ford e-transit entièrement électrique aide les électriciens à effectuer leur travail au sein du port (APSJ, 2024a). Il a été également mis en place quatre bornes pour les véhicules électriques et six connecteurs à disposition du personnel (APSJ, 2024a).

3.6.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.6.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

Dans son plan directeur (en cours d'élaboration), l'APSJ a prévu construire de nouveaux bâtiments appartenant au port selon les directives « net zéro » tout en modernisant tous les autres bâtiments existant et en se conformant aux objectifs de réduction sur la base des résultats d'inventaires de GES (APSJ, 2024a). Il est prévu également une conversion des lampadaires de terminaux d'ici 2030 et une utilisation systématique des lampadaires à haut rendement énergétique après 2030 (APSJ, 2024a).

3.6.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

L'APSJ a prévu construire de nouvelles infrastructures portuaires et moderniser les bâtiments existants afin qu'ils répondent aux normes des objectifs de décarbonation (APSJ, 2024a).

3.6.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Le port de Saint John dispose de trois lignes ferroviaires reliant les marchés clés de l'Amérique du Nord (APSJ, 2024a).

3.6.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.6.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.6.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

L'APSJ a réservé une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique.

3.6.7 Coopération et nouveaux partenaires

3.6.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

Dans le cas du port de Saint John, il a été observé que les différentes parties prenantes ont été impliquées dans l'élaboration de l'inventaire des émissions de GES notamment les acteurs locaux du secteur de l'énergie (APSJ, 2024c, d). Les principaux acteurs locaux du secteur de l'énergie sont entre autres Moltex Energy, Liberty Utilities, Saint John Energy, arc Clean Energy Canada, DP World, Irving Oil, la Ville de Saint John, etc.

3.6.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

L'APSJ s'implique activement au sein de nombreux organismes locaux, nationaux ou internationaux dans le cadre de la transition des activités portuaires (APSJ, 2024a, d). Il s'agit entre autres de l'Association Internationale des Villes et Ports (Pacte Mondial des Nations Unies, l'AIPH, l'Alliance Verte, Sustainable Saint John, l'Alliance de l'hydrogène de l'Atlantique et l'Economie verte du Nouveau-Brunswick (APSJ, 2024b, d).

3.7 TRANSITION ENERGETIQUES DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSTJ

3.7.1 Portrait général

3.7.1.1 Localisation géographique

Le port de St. John's, l'un des plus anciens ports naturels du Canada, est situé sur la Côte Est dans la province de Terre-Neuve-et-Labrador et constitue le premier passage des échanges économiques entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Le port détient un tirant d'eau d'environ 11,8 m et est accessible toute l'année (APSTJ, 2024a). Malgré que le port soit bordé par des eaux riches en ressource, celui-ci est également confronté à de nombreux défis notamment les mauvaises conditions météorologiques, la profondeur de l'océan et les icebergs (APSTJ, 2024b).

3.7.1.2 Principales activités et installations

Depuis 1965, le port de St. John's constitue une plaque tournante stratégique de transport international et un puissant moteur économique de la province. Le port est le lieu de nombreux trafics notamment des vracs liquides, des vracs solides et de certaines marchandises diverses (conteneurs, remorque et automobiles) (APSTJ, 2024 c,d,e,f). En 2023, le volume total de marchandises a connu une hausse par rapport à celui de 2022 (figure

5). D'autres activités économiques s'y mènent, entre autre, l'approvisionnement énergétique extracôtière et prestation des services connexes, l'entretien et la réparation maritime, la pêche et les croisières (APSTJ, 2024c, d, e, f). En 2016, le port a contribué à plus de 397 millions de dollars au PIB de la Province. De par ses activités, il génère environ 3890 emplois directs et indirects et contribue à plus de 160 000 dollars par an au budget du gouvernement fédéral (APSTJ, 2024d, e). Le port participe également à un certain nombre de programmes qui ont des répercussions positives sur les communautés autochtones notamment à travers l'octroi de bourse, etc.

Le port de St. John's en collaboration avec OCEANEX offre un réseau de transport intermodal efficace vers l'Amérique du nord et le reste du monde. Le port de St. John's abrite le terminal à conteneurs le plus important de la province et dispose de nombreuses infrastructures notamment les épis de quai, la Jetée 17, la jetée 12 et la jetée 20 (APSTJ, 2024f, b).

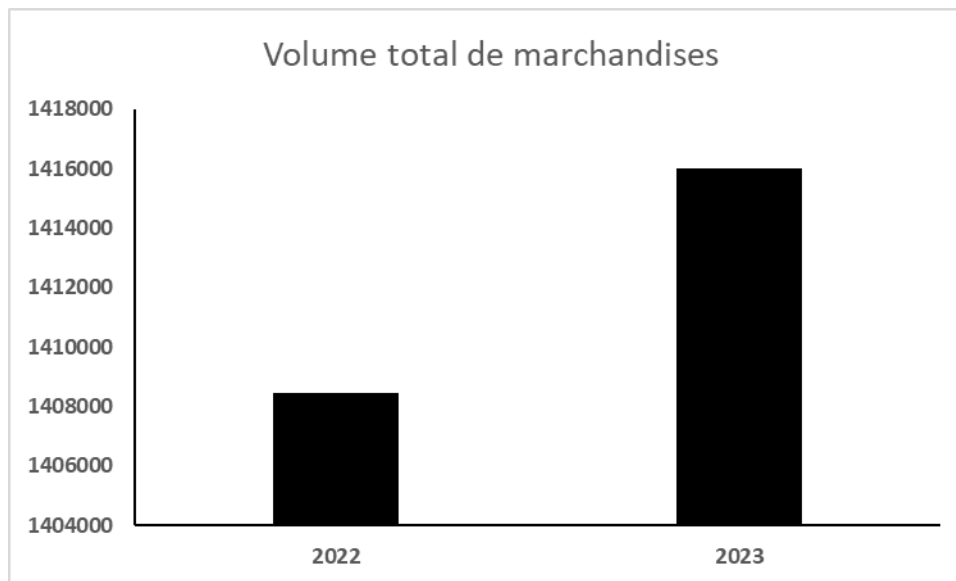


Figure 5. Evolution du volume de fret au port de St. John's.

Source : Adaptée de APSTJ (2024f)

3.7.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.7.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

Dans le cas du Port de St. John's, il a été constaté qu'il n'existe aucun programme d'inventaire des émissions de GES (APSTJ, 2024g). Toutefois, l'APSTJ est déterminée à soutenir les actions de décarbonation des activités et à participer ou mettre en place des corridors maritimes reliant le port de St. John's à un réseau plus étendu de corridors maritimes verts.

3.7.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

L'APSTJ a prévu mettre en œuvre des pratiques de décarbonation des activités portuaires. Toutefois, aucun plan ni seuil de réduction des émissions de GES n'ont été mis en exergue au cours de la collecte des données de la présente étude.

3.7.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

L'APSTJ s'est engagée à appuyer la décarbonation et se déploie à relier le port à un réseau étendu de corridors maritimes verts (APSTJ, 2024c).

3.7.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.7.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.7.4.1 Electrification à quai

L'APSTJ a considérablement augmenté sa capacité à fournir des systèmes d'alimentation à quai (APSTJ, 2024g).

3.7.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

Aucune mesure n'a été observée.

3.7.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride), bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride) et bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.7.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène ver, etc.)

Le port de St. John's a prévu jouer un rôle majeur pour la chaîne d'approvisionnement en énergie extracôtière tout en soutenant les efforts de décarbonation (APSTJ, 2024b).

3.7.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Le port dispose d'un réseau de transport intérieur porte-à-porte pour les marchandises des et vers les terminaux maritimes (APSTJ, 2024h). Par exemple, ce réseau de transport intermodal assure une liaison de service hebdomadaire avec les autres ports notamment les ports de Montréal et Halifax.

3.7.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.7.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

Le perfectionnement et l'apprentissage du personnel constituent une priorité pour l'autorité portuaire (APSTJ, 2024i, j). Toutefois, aucune mention n'a été faite sur les renforcements de capacité relatifs à la transition énergétique ou la décarbonation portuaire.

3.7.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

Il n'existe pas une page dédiée aux questions climatiques sur le site Web de l'APSTJ. Toutefois, il existe une page dédiée à la durabilité.

3.7.7 Coopération et nouveaux partenaires

3.7.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.7.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

L'APSTJ entretient des relations de coopérations avec l'Alliance Verte et Green Marine (APSTJ, 2024g, j).

3.8 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APSI

3.8.1 Portrait général

3.8.1.1 Localisation géographique

Au bord d'une baie circulaire de 45 km², le port de Sept-Îles est localisé sur la rive nord du Golfe du Saint-Laurent dans la province du Québec au cœur d'une voie maritime reliant l'océan Atlantique aux Grands Lacs (APSI, 2024a). La Baie des Sept-Îles et les terres adjacentes font partie du territoire ancestral des Innus. Jouissant d'une situation géographique et topographique privilégiée, le port offre un accès facile à l'ouest vers les marchés du Midwest américain et du Nord-Est et à l'est vers les marchés asiatiques et européens. En raison, des profondeurs de 20 m (quai multi-usager) à 80 m (près des îles), le port de Sept-Îles peut accueillir les plus gros vraquiers de l'industrie maritime (APSI, 2024a).

3.8.1.2 Principales activités et installations

Le port de Sept-Îles est le plus important port minéralier en Amérique du Nord (APSI, 2024a). Il dispose de nombreuses infrastructures logistiques pour le trafic et la manutention de diverses marchandises notamment les vracs solides (minerai de fer, alumine, pierre à chaux, etc.) et les vracs liquides (mazout, coke de pétrole, (APSI, 2024b). En 2023, du fait d'une augmentation de 10 % des exportations de minerai de fer, le volume du trafic a atteint 36,6 millions de tonnes (figure 6). Ceci, fait du port, le deuxième du Canada en termes de volume de marchandises. Les croisières font partie des activités menées au niveau du port.

Le port de Sept-Îles dispose de nombreux terminaux notamment Pointe-aux-basques, Monseigneur-Blanche, Pointe-Noire, Multiusagers et la Relance (APSI, 2024a). A cela s'ajoute, un pôle d'échanges multimodal (route nationale 138 et un réseau ferroviaire de plus de 650 km), une rampe mobile d'accès aux navires rouliers, un quai multiusager, des zones d'entrepôts, une zone industrialo-portuaire, des équipements de transbordement de marchandises, etc. (APSI, 2024a).

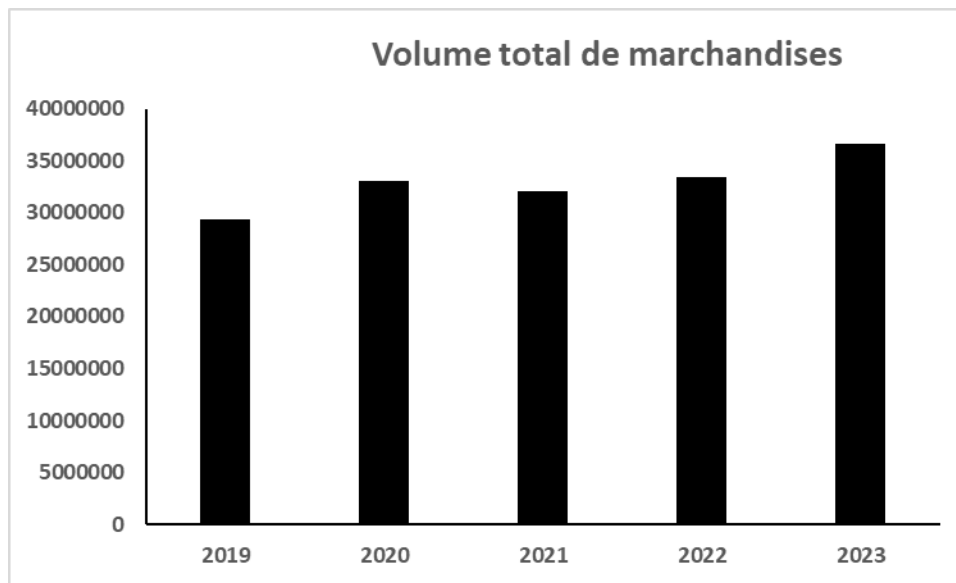


Figure 6. Evolution du volume de fret au port de Sept-Îles.

Source : Adaptée de APSI (2024b)

3.8.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.8.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

L'APSI a conduit son inventaire des émissions de GES (en particulier émissions administratives) dans le cadre de la cohorte carbone nord-côtière initiée par l'organisme Environnement Côte-Nord avec le concours financier de Écoleader. Cet inventaire a été réalisé en suivant la démarche fédérale « Climat de changement » (APSI, 2024b).

3.8.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

L'APSI a publié son plan d'action environnement, social et gouvernance sur la période 2024-2027 (APSI, 2024c). A cet effet, elle prévoit une réduction moyenne annuelle de GES de 2,4 % et au moins 1 % respectivement pour les émissions administratives et à l'échelle de port (APSI, 2024d). Toutefois, il n'existe pas concrètement un plan de transition énergétique ni aucune mention pour atteindre la neutralité carbone du port. Par ailleurs, d'autres documents de politiques ont été élaborés par l'autorité portuaire notamment la politique environnementale, les mesures de précaution environnementale et le plan d'utilisation des sols (APSI, 2024b).

3.8.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

L'APSI a prévu dans son plan d'action environnement, social et gouvernance sur la période 2024-2027, une synergie d'action avec d'autres ports, pour promouvoir la création des corridors maritimes verts (APSI, 2024c).

3.8.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

L'APSI mène des actions en vue d'abandonner l'utilisation des combustibles fossiles. A ce titre, environ la moitié (soit 50 %) de la flotte de véhicules utilise désormais de l'énergie de la technologie verte (APSI, 2024b).

3.8.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.8.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

L'APSI encourage fortement la substitution des véhicules et équipements plus anciens par des modèles récents disposant d'un plus grand rendement énergétique (véhicules hybrides ou électriques, meilleurs carburants, améliorations technologiques, etc.).

3.8.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

L'APSI a mis en place le programme « Bleu 5 Etoiles » qui vise à encourager les pionniers à adopter et à investir dans les technologies durables afin de limiter les émissions de GES (Alliance Verte, 2025). Le programme offre aux navires jusqu'à une réduction de 30 % des frais portuaires.

3.8.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

L'APSI compense ses propres émissions de GES avec le programme Carbone Boréal (APSI, 2024b).

3.8.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.8.4.1 Electrification à quai

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybrides) et bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

L'APSI a converti 50 % de la flotte de ses véhicules de service aux technologies vertes.

3.8.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride) et bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.8.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Depuis 2008, l'APSI a mis en place le traversier-rail qui est une alternative au transport par camion. Ce réseau intermodal reste moins plus polluant pour l'atmosphère (APSI, 2024b). Ce type de transport intermodal, tout en participant au développement durable, contribue à réduire plus de 20 000 tonnes des émissions de GES (APSI, 2024b).

3.8.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.8.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.8.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

Il n'existe pas une page dédiée aux questions climatiques sur le site Web de l'APSI. Toutefois, il existe une page dédiée à l'environnement.

3.8.7 Coopération et nouveaux partenaires

3.8.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

Dans le cadre de son inventaire des émissions de GES, l'APSI travaille en synergie avec divers partenaires notamment les employées, les locataires, diverses institutions à caractère scientifiques (Ministère des Pêches et Océans Canada, Centre d'Education et de recherche de Sept-Îles, etc.) (APSI, 2024b).

3.8.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

L'APSI est membre de l'Alliance Verte.

3.9 TRANSITION ENERGETIQUE DES PORTS CANADIENS : CAS DE L'APV

3.9.1 Portrait général

3.9.1.1 Localisation géographique

Le port de Vancouver est situé sur la côte Sud-Ouest dans la province de la Colombie-Britannique. L'APV est située sur le territoire traditionnel non cédé des nations Sk̓wx̓wú7mesh (Squamish), x̓w̓məθk̓w̓əy̓əm (Musqueam), et səlilwətał (Tsleil-Waututh), qui représentent depuis des temps anciens les nations autochtones de ces terres et eaux. Il s'étend du fleuve Fraser et de Roberts Bank jusqu'à Burrard Inlet sur un territoire de 16 000 hectares d'eau et 1500 hectares de terre avec des centaines de rivages (APV, 2024a). De par sa position géographique, le port relie le Canada avec une centaine de pays à travers le monde et facilite les échanges commerciaux entre différents partenaires de l'industries maritimes canadienne et internationale.

3.9.1.2 Principales activités et installations

Le port de Vancouver, le plus diversifié en Amérique du Nord, opère dans cinq grands secteurs commerciaux. Les activités commerciales prennent en compte automobiles, marchandises en vrac, marchandises diverses, conteneurs et croisières. Le volume total de marchandises a évolué de 141 millions en 2022 à 150 millions en 2023, soit une hausse de 6 % (figure 7). A ce titre, le port de Vancouver est le premier port du Canada en termes de volumes de marchandises. Les marchandises en vrac liquides et secs sont les plus importants, bien que le port fait partie des plus grands ports à conteneurs du Canada (APV, 2024c). Par ailleurs, le port enregistre chaque année, plus de 300 navires de croisière et environ un million de passagers (APV, 2024c). Le port enregistre par an des échanges commerciaux d'une valeur de 300 milliards dollars par an et contribue à plus de 16,3 milliards de dollars au PIB du Canada tout en soutenant la création de 132 400 emplois (APV, 2024b). Le port est desservi par trois chemins de fer de classe I reliant de nombreuses régions dans toute l'Amérique du Nord (APV, 2024a). Pour mener à bien ses activités, le port de Vancouver dispose de 29 principaux terminaux, d'une ligne ferroviaire régionale de courtes distances, de trois chemins de fer de classe I, d'une multitude de services et d'installations pour le fret et les passagers (APV, 2024b, c).

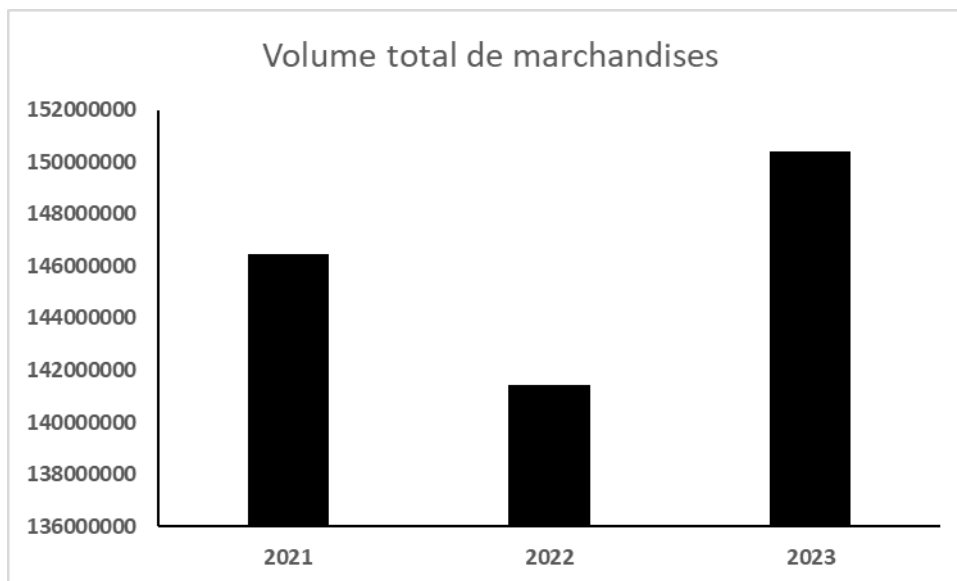


Figure 7. Evolution du volume de fret au port de Vancouver.

Source : Adaptée de APV (2024b)

3.9.2 Niveau de préparation et d'engagement

3.9.2.1 Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES

L'étude a permis d'observer qu'il existe au port de Vancouver, un plan d'inventaire complet des émissions de GES (APV, 2024d). Ce plan est mis à jour tous les cinq ans et prend en compte plusieurs secteurs d'activités notamment les activités de l'APV mais aussi les activités maritimes, ferroviaires et routière.

3.9.2.2 Existence d'un plan de décarbonation définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales

Pour ce concerne le port de Vancouver, un plan d'action sur le climat et la qualité de l'air est en cours d'élaboration (APV, 2024d). Ce plan devrait prévoir une réduction de 40 % des émissions de GES d'ici 2030 par rapport au niveau de l'année de référence 2010 et l'atteinte de la carboneutralité en 2050 (APV, 2024e). Par ailleurs, le plan d'action climat et de la qualité de l'air, du port de Vancouver, en cours d'élaboration, est aligné aux directives

du gouvernement du Canada en ce qui concerne la neutralité carbone d'ici 2050 (APV, 2024f). Il devrait aussi s'arrimer à la Stratégie de qualité de l'air des ports du Nord-Ouest (APV, 2024f).

3.9.2.3 Engagement ou création et participation aux corridors de transport maritimes verts

L'APV a déployé ces dernières années de nombreux efforts dans la mise en œuvre des corridors maritimes verts en vue d'accompagner les politiques de réduction des émissions de GES du transport maritime international (APV, 2024e). A titre d'exemple, il existe entre autres le corridor vert entre l'Alaska et la région du Nord-Ouest du Pacifique. D'autres corridors maritimes verts sont en cours de mise en œuvre notamment le corridor dans la région du Nord-Ouest du Pacifique de l'Amérique du Nord.

3.9.2.4 Abandon de tous les projets liés aux combustibles fossiles

L'APV déploie des efforts pour accompagner le remplacement graduel des vieux équipements diesel par de nouveaux équipements en énergie propre offrant des mesures de contrôle des émissions de GES. A travers cette initiative, le programme de réduction des émissions de diesel autres que celui liées au transport routier, pourrait permettre de réduire environ 90 % des émissions de GES (APV, 2024e).

3.9.3 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

3.9.3.1 Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer

Les utilisateurs du port sont tenus de signaler et d'enregistrer tout équipement alimenté au diesel, et d'acquitter des frais pour l'utilisation de certains équipements plus anciens et plus polluants. En effet, lorsque ces équipements désuets sont remplacés, les propriétaires bénéficient des remboursements allant jusqu'à 90 % des frais payés.

3.9.3.2 Existence de mesures pour la conversion des navires à énergie fossiles en navires à zéro émission

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.3.3 Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres

Grâce au programme « EcoAction », l'APV offre des rabais pouvant aller jusqu'à 47 % aux navires plus propres et silencieux (APV, 2024e). Ceci dans le but d'encourager les propriétaires des navires à adopter les bonnes pratiques en matière de réduction des émissions de GES.

3.9.3.4 Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.3.5 Utilisation d'une tarification carbone

Depuis 2010, l'APV achète des crédits carbone pour compenser ses émissions de GES et maintenir la neutralité carbone des opérations du port (APV, 2024d).

3.9.4 Énergies sans hydrocarbure utilisées

3.9.4.1 Electrification à quai

A travers le réseau hydroélectrique, l'APV offre des raccordements à l'alimentation à quai au niveau des terminaux de conteneurs de Deltaport et Centem, et du terminal de croisière de Canada Place. A ce titre, 112 raccordements à alimentation à quai, ont été réalisés en 2022. Ceci a permis de réduire plus de 6 900 tonnes métriques d'émission de GES (APV, 2024e). Le plan de réalisation de l'alimentation à quai devrait se poursuivre à d'autres

terminaux d'ici 2030. L'APV envisage renforcer l'électrification du port à travers le programme Energy action en collaboration avec BC Hydro (APV, 2024e).

3.9.4.2 Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile

L'APV fait partie des 200 membres de la coalition « Getting to Zero ». Il s'agit d'un partenariat entre Global Maritime Forum, Friends of Ocean Action et le Forum économique mondial, dont la mission est d'accélérer la décarbonation du transport maritime. La coalition s'est engagée à mettre en service des navires à émissions nulles commercialement viables d'ici 2030, et à atteindre une décarbonation complète d'ici 2050.

3.9.4.3 Optimisation des moteurs à énergie fossile

L'APV a mis en place un système de délivrance de permis aux camions, obligeant, les propriétaires-exploitants de camions à acquérir de nouveaux camions conformes au programme (APV, 2024e).

3.9.4.4 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogènes vert, bi-carburants (hybrides) et bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (routes, bâtiments, etc.)

Depuis 2010, l'APV achète des crédits carbone pour compenser ses émissions de GES et maintenir la neutralité carbone de ses opérations portuaires (APV, 2024d).

3.9.4.5 Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, bi-carburants (hybride) et bio-carburants, soleil, vent, etc.) pour les navires

En 2022, l'APV a participé à des études de recherche industrielles pour améliorer la compréhension de l'utilisation des carburants marins de remplacement aux énergies fossiles notamment, en utilisant le GNL synthétique, le bioGNL, le méthanol, l'ammoniac et l'hydrogène (APV, 2024e). Des études de faisabilité de l'utilisation des carburants de remplacement sont prévues se réaliser à partir de 2023. Au cours de la même année (2023),

l'autorité portuaire en collaboration avec Shell a testé le diesel 100 % renouvelable sur l'un de ses navires de patrouille portuaire (APV, 2024e).

3.9.5 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

3.9.5.1 Evaluation de l'efficacité énergétiques des infrastructures et équipements

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.5.2 Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions de GES

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.5.3 Existence d'infrastructures accueillant des navires à faibles émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.5.4 Existence d'infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)

Aucune mesure ou action n'a été observée.

3.9.5.5 Dématérialisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques

L'APV a mis en place un programme numérique « Connecter+ » afin d'optimiser et de répondre efficacement à une hausse sans cesse croissante des échanges commerciaux (APV, 2024g). Le programme comprend trois composantes à savoir : le programme de gestion active de la circulation des navires ; le programme de visibilité de la chaîne d'approvisionnement et le système de délivrance des permis aux camions. Cette application numérique intégrée présente en temps réel un portrait du rendement opérationnel des

systèmes routiers, ferroviaires et maritimes. Elle favorise aussi une collaboration entre les différents partenaires et un partage de données.

3.9.5.6 Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique

Le port de Vancouver dispose d'un réseau important de routes et de voies ferrées qui facilitent le mouvement des personnes et des marchandises (APV, 2024g).

3.9.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

3.9.6.1 Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires

Il existe un programme de renforcement de capacité initié par l'APV en collaboration avec Climate Smart (APV, 2024e). Ce programme est réalisé à l'intention des locataires en vue de les accompagner dans l'élaboration des rapports d'évaluation des émissions de GES. Ce qui devrait leur faciliter l'obtention des certifications de réductions des émissions de GES.

3.9.6.2 Existence d'une page Web dédiée aux questions climatiques et transition énergétique

L'APV dispose une page Web dédiée aux actions climatiques. Cette page met en exergue les inventaires des émissions de GES et les différentes mesures de réduction mises en œuvre en partenariats avec d'autres acteurs aussi bien au niveau national qu'international.

3.9.7 Coopération et nouveaux partenaires

3.9.7.1 Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions de GES

L'inventaire des émissions portuaires (année 2020) du port de Vancouver a été élaboré grâce à l'implication et la contribution d'une diversité de parties prenantes notamment le

personnel de l'APV, les peuples autochtones, les consultants techniques, les compagnies ferroviaires, les entreprises de camionnage, les fournisseurs de carburant, les organisations maritimes à but non lucratif, les locataires, le milieu universitaire, Pinna Sustainability Inc, Starcrest, TransLinh, le Conseil national de recherches du Canada (APV, 2024d).

3.9.7.2 Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international (OMI, Accord de Paris, etc.) et / ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques

Dans sa stratégie de décarbonation et pour l'air pur, l'APV a établie des initiatives de coopération avec les groupes industriels, les administrations portuaires de Tacoma, de Seattle et de Northwest Seaport Alliance (APV, 2024e). L'APV a adhéré également à d'autres partenariats à l'international notamment l'Alliance Verte, le programme World Port Climate Action (œuvrant à l'accélération de la décarbonation des ports), l'AIPH, etc. L'APV collabore également avec d'autres ports européens notamment le port de Hambourg afin d'améliorer la durabilité et l'efficacité des opérations logistiques (APV, 2024g).

3.10 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DES SIX APC ANALYSÉES

L'analyse des six cas a mis en évidence que les APC ont opéré différentes actions et mesures en matière de réduction des émissions de GES et ne sont toujours pas au même niveau d'avancement.

3.10.1 Niveau de préparation et d'engagement

Sur les six cas, seule l'APSTJ ne dispose pas d'un programme d'inventaire des émissions de GES alors que seule l'APM dispose en ligne un plan de décarbonation à l'horizon 2050. À l'exception de l'APSJ, les cinq autres APC enquêtées, ont affiché une volonté manifeste pour créer et participer aux corridors de transports maritimes verts. Par ailleurs certaines APC se sont engagées à abandonner à court, moyen et long termes les projets liés aux combustibles fossiles notamment l'APM, l'APPR, l'APSJ, l'APSI et l'APV.

3.10.2 Cadre politique, institutionnel et réglementaire

Sur les six cas étudiés, seules l'APPR, l'APSJ, l'APSI et l'APV ont mis en place des politiques de tarification pour encourager les pionniers utilisant les énergies propres. Par ailleurs, l'APPR, l'APSI et l'APV ont mis en place des mesures pour la conversion des navires à énergies fossile en navires à zéro émission. En revanche, aucune APC n'a adopté de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires.

3.10.3 Energies sans hydrocarbure utilisées

L'électrification à quai a été observée dans la majorité (cinq sur six) des APC enquêtées à l'exception de l'APSI. En revanche, seule l'APV a envisagé l'utilisation des navires à zéro émission et l'optimisation des moteurs à énergie fossile. A l'exception de l'APSTJ, les autres APC enquêtées ont utilisé les énergies propres et renouvelables pour alimenter les infrastructures portuaires. Par ailleurs, l'APM et l'APV ont mis en place des projets d'expérimentation pour évaluer la faisabilité des énergies propres pour les navires.

3.10.4 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

Il a été observé que seules l'APM, l'APPR et l'APSJ ont envisagé des mesures pour évaluer l'efficacité énergétique des infrastructures portuaires tout en mettant en place des aménagements portuaires optimisant une logistique à faible émission de GES. Aucune APC enquêtée ne dispose d'infrastructures pour accueillir des navires à faible émission de GES. Par ailleurs, seule l'APPR a mis en place des infrastructures de chargements et de distribution d'énergie verte. En matière de réduction des émissions de GES, certaines APC notamment l'APM et l'APV ont fait recours à la dématérialisation des activités portuaires. Par ailleurs, l'APV est carboneutre depuis 2010 alors que l'APPR, l'est partiellement depuis 2015.

3.10.5 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

Il a été observé que seules l'APM, l'APPR, l'APSJ et l'APV ont une page dédiée aux questions des changements climatiques et aux enjeux de la transition énergétique. L'APM, l'APPR et l'APV sont les seules à disposer des programmes de renforcement de capacité en matière de réduction des émissions de GES.

3.10.6 Coopération et nouveaux partenaires

En termes de coopération, il a été observé que toutes les parties prenantes ont été impliquées dans le cadre du programme d'inventaire des émissions de GES pour ce qui concerne les APC qui ont mis en place une telle stratégie notamment l'APM, l'APPR, l'APSJ, l'APSI et l'APV. En ce qui concerne, les nouveaux partenariats, il a été observé que toutes les APC enquêtées sont membres de l'Alliance Verte et ont entrepris à différents niveaux des possibilités de partenariat aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale.

En définitive, sur les six cas étudiés, trois APC notamment l'APV, l'APPR et l'APM seraient plus en avance alors que l'APSTJ serait la moins avancée en matière de transition énergétique. Le **chapitre 4** essaiera d'approfondir et de discuter les différents résultats en mettant l'accent sur les mesures déployées en matière de transition énergétique et les perspectives à envisager pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

CHAPITRE 4

DISCUSSION

L'objectif principal de cette étude était de comparer les plans de décarbonation de six APC en mettant en évidence le choix des mesures et actions déployées par ces dernières en termes de transition énergétique. Dans ce chapitre, les différents résultats obtenus au niveau des six APC ont été discutés en mettant l'accent sur les mesures déployées en matière de transition énergétique et les perspectives à envisager pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

4.1 CHOIX DES MESURES ET ACTIONS DEPLOYEES PAR LES APC EN MATIERE DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GES

4.1.1 Énergies sans hydrocarbure utilisées

Il a été observé que seule l'APSI n'utilise pas l'électrification à quai (tableau 10). En revanche, cinq sur six des APC ont largement adoptée cette technologie. Ceci pourrait se justifier par la disponibilité de l'électricité notamment l'hydro-électricité dans la plupart des provinces abritant les APC enquêtées (AIPL, 2023). Des résultats similaires ont été rapportés par Yaya et Lasserre (2024) qui indiquent que l'électrification à quai est une nouvelle technologie d'atténuation des émissions de GES largement adoptée au niveau des ports du Saint-Laurent.

Nos résultats indiquent que quatre sur six des APC (tableau 10) n'utilisent pas les navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile. Seule, l'APV a affiché une volonté pour promouvoir une telle technologie. Ceci pourrait se justifier par le volume important de marchandises traitées au niveau de l'APV qui fait partie des plus grands ports du Canada (AIPL, 2023). L'utilisation des navires à zéro émission devrait être une technologie idéale pour accélérer la transition énergétique. Pour atteindre les objectifs de

la transition énergétique, il ressort que les APC devraient intensifier les investissements afin d'augmenter le nombre de navires à zéro émission qui pourraient être du ressort de l'APC. Cette mesure largement adoptée au niveau des APC pourrait aussi renforcer la mise en place des corridors maritimes verts.

Il ressort de notre étude qu'un sur six des APC (tableau 10) fait recours à l'optimisation des moteurs à énergie fossile. Cette technologie a été seulement observée au niveau de l'APV. Cette technologie bien qu'aidant à améliorer le rendement énergétique, elle reste toujours une source d'émission de GES, puisqu'elle utilise les énergies fossiles.

Les énergies propres et renouvelables fournissant de l'électricité pour alimenter les infrastructures portuaires ont été observées chez la plupart des APC (cinq sur six des APC) alors qu'elles sont faiblement utilisées pour alimenter les navires (un sur six des APC) (tableau 10). Toutefois, même si ces énergies renouvelables sont observées au niveau des infrastructures portuaires celles-ci sont utilisées à petite échelle et ne couvriraient pas la totalité des besoins énergétiques des APC. Les résultats similaires ont été observés par Yaya et Lasserre (2024) qui ont rapporté que la majorité des entreprises sur la voie maritime du Saint-Laurent, en matière de réduction des émissions de GES, utilisent très peu les sources d'énergie propres et renouvelables. Les différents types d'énergie propre et renouvelables observées étaient notamment, l'énergie générée par le recyclage des déchets organiques et de l'énergie solaire (APM), l'énergie éolienne, l'énergie marémotrice, et l'utilisation des batteries électriques (APSJ), les technologies verte (APSI) (tableau 10), etc. L'utilisation de l'énergie propre et renouvelable au niveau des navires reste encore très peu utilisée au niveau des APC. Ceci se justifierait par le fait que ces nouveaux types d'énergie sont encore pour la plupart en phase d'expérimentation en particulier au niveau de deux APC : l'APM (e-méthanol,) et l'APV (GNL synthétique, bioGNL, méthanol, ammoniac et hydrogène). Cela révèle un besoin urgent en termes de réalisation d'étude de faisabilité pour accroître l'expérimentation et l'adoption des sources d'énergies propres et renouvelables pour les navires. Ceci devrait être une mesure prioritaire à privilégier en vue d'accélérer la transition énergétique et contribuer à réduire les émissions de GES au niveau des ports. Ces

observations sont confirmées par Song (2024) qui ont rapporté qu'environ 99,39 % des navires dans le monde sont encore dépendant des sources d'énergie fossile. En maintenant la trajectoire et le rythme de changement en cours, il serait impossible de réaliser les seuils de réduction des émissions de GES fixés par les différentes APC. Ramsay et al. (2023) ont recommandé l'évaluation du cycle de vie des technologies d'énergie propre et renouvelable en vue de faciliter leur adoption.

4.1.2 Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques

Il a été observé que trois sur six des APC notamment l'APM, l'APPR et l'APSJ (tableau 10) ont fait recours à l'évaluation de l'efficacité énergétique des infrastructures et équipements, quatre sur six des APC notamment l'APM, l'APPR, l'APSJ et l'APSI (tableau 10) ont mis en œuvre les techniques d'aménagement portuaire pour optimiser la logistique, un sur six des APC (APPR) a mis en place des infrastructures de chargement et de distribution d'énergie verte alors qu'aucune APC (zéro sur six des APC) ne dispose d'infrastructures pour accueillir les navires à faible émission de GES. Par ailleurs les infrastructures de chargements et de distribution des énergies propres de même que les infrastructures pour accueillir les navires à faible émission de GES devraient jouer un rôle crucial dans le processus de la transition énergétique des APC. La quasi inexistence de ces infrastructures ne facilite pas la mise en œuvre de la transition énergétique des APC. Pour accélérer la transition énergétique, des efforts sont attendus pour renforcer la capacité des APC à investir dans la mise en place de ces infrastructures et contribuer efficacement à la mise en œuvre de la transition énergétique.

Toutes les APC enquêtées ont mis en place des mesures de l'intermodalité pour renforcer les chaînes d'approvisionnement et logistique (tableau 10). L'existence d'une telle mesure pourrait être expliquée par le fait qu'elle facilite mieux la connexion entre plusieurs modes de transport tout en contribuant à la réduction des émissions de GES. Elle ne serait efficace dans la mise en œuvre de la transition énergétique que si les modes de transports qui sont connectés aux ports utilisent des sources d'énergies propres et renouvelables. En

revanche, ces modes de transport connectés au port sont encore pour la plupart dépendants des sources d'énergies fossiles.

Il a été observé que deux sur six des APC (APM et APV) (tableau 10) font recours à la dématérialisation des activités portuaires en matière de réduction des émissions de GES. En effet, l'APM (PORTail de camionnage) et l'APV (Connecter+) ont mis en place des applications Web pour dématérialiser les activités portuaires et logistiques. Ceci pourrait se justifier par le fait que ces deux APC manipulent un grand volume de marchandises (vracons solides, vracons liquides, conteneurs, etc.) dont la manutention induirait d'importantes émissions de GES qui nécessiterait une automatisation des opérations. Ce qui devrait motiver ces APC à davantage œuvrer pour innover afin d'optimiser les activités logistique et portuaire. Fadiga et al. (2024) ont rapporté que l'utilisation de la digitalisation pourrait contribuer à réduire significativement les émissions de GES du secteur portuaire et maritime. Les grands ports comme Rotterdam, Anvers-Brugge et Hambourg en Europe font également recours à la digitalisation voire l'intelligence artificielle pour assurer une performance optimale des opérations logistique et portuaire tout en limitant le mouvement des moteurs à énergie fossile (Nguyen et al., 2022). La digitalisation, très peu, utilisée au niveau des APC (deux sur six des APC) devrait être une piste à privilégier pour accélérer la transition énergétique. Toutefois, la plupart des APC ont très peu d'expérience pour la mise en place des ports intelligents face aux défis qu'imposent les changements climatiques (Alzahrani et al., 2021). A ce titre, il urge d'encourager et de sensibiliser les APC dans l'adoption de la digitalisation des activités portuaires. Le partage d'expérience et des bonnes pratiques, entre APC adoptant et non adoptant la digitalisation, pourraient être également une piste à privilégier.

4.1.3 Mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES

L'étude a tenté de regrouper ces deux précédents critères de la grille d'analyse notamment, énergies sans hydrocarbure utilisées (**section 4.1.1**) et infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques (**section 4.1.2**), en

un seul groupe de mesures nommé mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES (tableau 10). Ces mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES sont considérées comme des mesures qui pourraient avoir un impact potentiel direct sur les émissions de GES (figure 8).

Tableau 10.

Mesures potentielles à effet direct sur les émissions de GES.

Critères	Indicateurs	APM	APPR	APSJ	APSTJ	APSI	APV
Énergies sans hydrocarbure utilisées	Electrification à quai	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
	Navires à zéro émission avec échéance pour remplacer les navires à énergie fossile	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
	Optimisation des moteurs à énergie fossile	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
	Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, les bi-carburants (hybride) et le bio-méthanol, soleil, vent, etc.) pour les infrastructures portuaires (route, bâtiments, etc.)	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Utilisation des énergies propres et renouvelables (hydrogène vert, les bi-carburants (hybride) et le bio-méthanol, soleil, vent, etc.) pour les navires	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
Infrastructures intelligentes et gestion optimale des opérations portuaires et logistiques	Evaluation de l'efficacité énergétique des infrastructures et équipements	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
	Aménagements portuaires optimisant la logistique et limitant les émissions des GES	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
	Existence d'infrastructures accueillant des navires à faible émissions de GES (hybrides, électriques, etc.)	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Existence d'infrastructures de chargement et de distribution d'énergie verte (hydrogène vert, etc.)	Non	Oui	Non	Non	Non	Non
	Numérisation des activités portuaires, manutentionnaires et logistiques	Oui	Non	Non	Non	Non	Oui
	Promotion et utilisation de l'intermodalité (voie ferrée, etc.) pour renforcer la chaîne d'approvisionnement et logistique	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Source : Enquête en ligne (2024-2025)

4.1.4 Niveau de préparation et d'engagement

Nos résultats révèlent que cinq sur six des APC ont mis en œuvre un programme d'inventaire des émissions de GES. Seule l'APSTJ ne dispose pas d'un programme d'inventaire des émissions de GES (tableau 11). Ceci pourrait se justifier par le manque de ressources et de compétence qualifiée pour conduire une telle activité. La majorité des ports en Chine ne dispose pas d'un programme d'inventaire des émissions de GES en raison de la non disponibilité des données et des ressources (Xiaoli et Zhihang, 2023). Par ailleurs, l'absence d'un inventaire des émissions de GES devrait limiter l'APSTJ à identifier les sources d'émissions de GES et définir en conséquence les seuils appropriés de réduction de même que les mesures ou technologies de réduction. De plus, l'absence d'un programme d'inventaire indique que les mesures de transition énergétique mises en œuvre au niveau de l'APSTJ ne seraient fondées sur aucune base scientifique et méthodologique. En effet, l'évaluation du niveau des émissions de GES constituerait une étape fondamentale pour toute action de réduction des émissions de GES au niveau d'une entité (Gouvernement du Québec, 2024a).

En ce qui concerne la disponibilité d'un plan de transition énergétique avec un objectif quantifié de réduction, il a été observé qu'un sur six des APC (APM) dispose d'un plan de transition énergétique posté officiellement sur son site Web lors de la collecte des informations (tableau 11). Toutefois, d'autres APC ont mentionné sur leur site Web que ce plan est en cours d'élaboration notamment l'APSJ, l'APPR et l'APV. Seule l'APSTJ ne dispose ni d'un plan de transition énergétique ni d'un seuil de réduction quantifié pour les années à venir. Ceci pourrait se justifier par l'inexistence d'un programme d'inventaire des émissions de GES au niveau de l'APSTJ. Les résultats similaires ont été observés par Yaya et Lasserre (2024) qui ont indiqué, qu'en général, les entreprises maritimes sur la Voie maritime du Saint-Laurent ne disposent d'aucun plan de réduction des émissions de GES. Pour une transition énergétique concrète, il serait important que les objectifs soient fixés au

préalable avec des cibles de réduction claires à atteindre dans un délai de temps précis. Toutefois, il a été remarqué que les niveaux et les horizons temporels de réduction des émissions de GES de même que les années de référence ne sont toujours pas les mêmes et varient d'une APC à une autre. Par exemple, l'APV, l'APM et l'APSJ ont fixé des niveaux de réduction des émissions de GES respectivement de 40 %, 55 % et 60 % d'ici 2030 alors que l'APSI a fixé des seuils annuels sans mentionner aucune année pour l'atteindre. Ceci indique que les seuils ne sont pas harmonisés et varient d'une APC à une autre. Cette différence pourrait se justifier par le manque ou la disponibilité de données de même que par une faible concertation entre APC. En effet, ceci n'est pas de nature à faciliter la comparaison, l'harmonisation et la transparence dans ce processus mondial de transition énergétique des ports qui se veut être juste et équitable. Par ailleurs, deux seuils ont été fixés par l'OMI, notamment une réduction de 40 % d'ici 2030 par rapport à la référence de 2008 et la carboneutralité d'ici 2050 (Fadiga et al., 2024). Ce qui montre que bien que les seuils des APC ne soient pas toujours harmonisés, ces seuils sont toutefois alignés aux directives de l'OMI. Les seuils de plus de 40 % d'ici 2030, révèlent que l'APM et l'APSJ ont tendance à rehausser leurs ambitions en termes de réduction des émissions.

Les résultats ont révélé que la majorité des APC (cinq sur six des APC) (tableau 11), exceptée l'APSJ, se sont engagées à participer aux corridors de transports maritimes verts (tableau 11). Cela démontre que les APC enquêtées ont une volonté de s'inspirer des expériences de mise en œuvre de la transition énergétique d'autres ports aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale. Ces résultats corroborent l'effectivité de la signature du protocole d'entente soutenant l'établissement d'un corridor maritime vert international, multipolaire et multi juridictionnel signé lors de la 28^{ème} Conférence des Parties (COP28) à la CCNUCC à Dubaï (Gouvernement du Canada, 2024e). De plus, dans ce cadre, le Canada a mis en place un programme de corridors maritimes verts en vue d'améliorer la durabilité de la chaîne d'approvisionnement et la qualité de l'air tout en renforçant la résilience climatique par la création d'emplois dans une économie sobre en carbone (Alliance Verte, 2024c).

Seules les APC notamment l'APM, l'APPR, l'APSJ, l'APSI et l'APV (cinq sur six des APC) ont pris des engagements pour abandonner les projets liés aux combustibles fossiles (tableau 11). L'abandon des sources d'énergies fossiles est une étape fondamentale dans la mise en œuvre de la transition énergétique des APC.

4.1.5 Cadres politique, institutionnel et réglementaire

Les résultats révèlent que trois sur six des APC notamment l'APPR, l'APSJ et l'APV (tableau 11) disposent de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans leurs ports. Ceci pourrait renforcer les stratégies de réduction des émissions de GES mises en œuvre par les APC.

Il ressort des résultats que trois sur six des APC (APPR, APSI et APV) ont mis en place des mesures pour convertir les navires à énergie fossile en navires à zéro émission. En effet, seule l'APV oblige les utilisateurs à signaler et à enregistrer tout équipement alimenté au diesel.

Pour ce qui concerne, l'existence de politique de tarification et règlement, il a été observé que trois sur six des APC (APPR, APSJ et APV) font recours à une telle mesure afin d'encourager les pionniers qui s'investissent dans l'utilisation et la promotion des sources d'énergies propres et renouvelables (tableau 11). Ces résultats montrent qu'en utilisant un outil de récompense, il est possible d'inciter les acteurs à renforcer leurs pratiques et engagement dans l'utilisation des technologies d'énergie propre permettant de réduire les émissions de GES. Les travaux de Hsu et al. (2024) ont révélé qu'en appliquant une taxe carbone sur les émissions de GES, il est possible d'atteindre la carboneutralité au niveau des ports.

Nos résultats révèlent qu'aucune APC n'adopte des programmes de navigation lente et de ralentissement des navires.

4.1.6 Stratégies de communication et de renforcement de capacité

Il a été observé que quatre sur six des APC (APM, APPR, APSJ et APV) ont réellement dédiée une page spéciale aux questions climatiques et aux enjeux de la transition énergétique (tableau 11). Cela dénote de l'implication et de l'engagement de ces APC à diffuser les progrès réalisés en ce qui concerne la transition énergétique de leur port à l'endroit du public et des différentes parties prenantes. Ceci respecte les exigences qui stipulent que tout acteur mettant en œuvre un plan climat à l'obligation de rendre disponible et accessible tout progrès réalisé à l'endroit du public (Gouvernement du Québec, 2024a). En général, il existe au niveau des APC des programmes de renforcement de capacités sur les questions environnementales. Quant aux stratégies de renforcement de capacité relatives aux questions climatiques et transition énergétique, il a été observé que trois sur six des APC (APM, APPR et APV) ont mis en place des programmes de formation.

4.1.7 Coopération et nouveaux partenariats

En termes de coopération, pour cinq sur six des APC disposant d'un inventaire des émissions de GES, les résultats révèlent que toutes les parties prenantes ont été impliquées (tableau 11). Ceci devrait faciliter la mise en œuvre des politiques de transition énergétique au sein de l'espace portuaire. Les APC enquêtées sont toutes membres de l'Alliance Verte et ont entrepris à différents niveaux des possibilités de partenariat aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale afin de renforcer la mise en œuvre de la transition énergétique. Ceci devrait faciliter les échanges d'expériences sur les bonnes pratiques et l'harmonisation des normes ou pratiques permettant d'atteindre les objectifs de la transition énergétique.

4.1.8 Mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES

L'étude a tenté de regrouper les différents critères ci-dessous (**sections 4.1.4 à 4.1.7**) en mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES. Il s'agit des mesures qui pourraient faciliter ou créer un cadre technique, institutionnel ou réglementaire favorable pour les mesures potentielles à effet direct pour la mise en œuvre de la transition énergétique.

Pour une meilleure transition énergétique, il devrait exister une interaction d'action entre les deux groupes de mesures (effets direct et indirect) en vue de mieux conduire la transition énergétique des APC (figure 8).

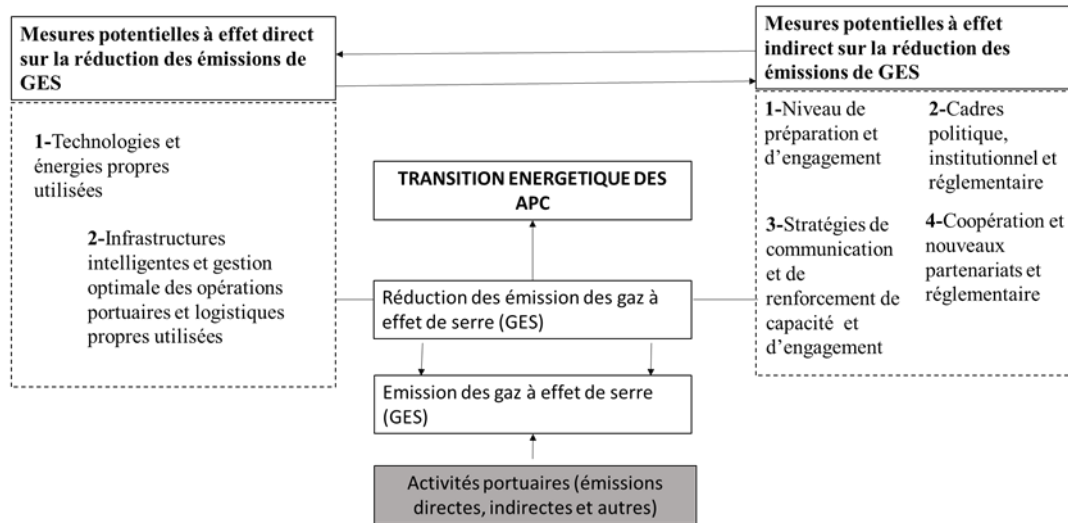


Figure 8. Piste potentielle pour la transition énergétique des APC.

Tableau 11.
Mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES.

Critères	Indicateurs	APM	APPR	APSJ	APSTJ	APSI	APV
Niveau de préparation et d'engagement	Existence d'un programme d'inventaire d'émissions de GES	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Existence d'un plan de transition énergétique définissant un objectif clair de réduction quantifié aligné aux politiques nationales et /ou internationales	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
	Engagement ou création et participation aux corridors de transports maritime verts	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
	Abandon de tous les projets liés au combustibles fossiles	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Cadre politique, institutionnel et réglementaire	Existence de normes obligatoires de zéro émission pour tous les navires faisant escale dans le port notamment au niveau des quai-mouillage, navires portuaires et navires de haute mer	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui
	Existences de mesures pour la conversion des navires à énergie fossile en navires à zéro émission	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui
	Existence de politiques de tarification et règlement visant à encourager les pionniers notamment les armateurs, les exploitants des navires et les compagnies maritimes de même que l'attraction des navires utilisant les sources d'énergies propres	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Adoption de programmes de navigation lente et de ralentissement des navires	Non	Non	Non	Non	Non	Non

Tableau 12.

Mesures potentielles à effet indirect sur les émissions de GES (suite et fin).

Critères	Indicateurs	APM	APPR	APSJ	APSTJ	APSI	APV
Stratégies de communication et de renforcement de capacité	Existence d'un programme de renforcement des capacités des travailleurs et partenaires	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
	Existence d'une page Web dédiée aux questions environnementales notamment les questions climatiques	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Coopération et nouveaux partenariats	Implication de toutes les parties prenantes aux initiatives de réduction des émissions des GES	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Collaboration avec d'autres institutions au niveau national, régional et international et/ ou établissement de nouveaux partenariats stratégiques	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Source : Enquête en ligne (2024-2025)

4.2 TRANSITION ENERGETIQUE ET NEUTRALITE CARBONE DES APC

La transition énergétique est un processus complexe qui devrait se traduire principalement par un changement de paradigme notamment en ce qui concerne la distribution et l'utilisation de l'énergie au niveau des APC. Pour conduire à bien la transition énergétique, il s'avère donc indispensable d'adopter une vision systémique de l'énergie plutôt que cloisonnée ou limitée seulement à la production, consommation ou distribution de celle-ci (Debizet et La Branche, 2019). En effet, la neutralité carbone des activités portuaires à l'horizon 2050 est la finalité ultime de tout processus de transition énergétique des ports (Issa Zadeh et al., 2023; OMI, 2023; Clear Sea, 2024a; Halpe et al., 2025). Ceci étant, une transition énergétique mal préparée ou mal conduite risque de ne jamais aboutir à la neutralité carbone. Par ailleurs, il a été observé lors de la présente étude, que toutes les APC enquêtées ont affiché sur leur site Web, une volonté à atteindre la carboneutralité d'ici 2050. Toutefois, de nos résultats, il a été décelé qu'en maintenant la trajectoire et le rythme de changement en cours, il serait difficile aux APC d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. C'est pourquoi, nos résultats suggèrent de discuter de certaines actions à proscrire de même que d'autres mesures ou pratiques observées qui méritent d'être promues au niveau des APC en vue de véritablement les renforcer pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Elaboré sur la base de l'inventaire des émissions de GES, le plan pluriannuel de transition énergétique du secteur maritime, préférablement fixé pour l'horizon 2050 (Fadiga et al., 2024; Halpe et al., 2025), devrait prévoir les objectifs de réduction des émissions à court, moyen et long terme. A ce titre, il devrait être, un document stratégique de politique énergétique des APC, servant de base pour fixer et évaluer périodiquement le niveau de progrès en matière de réduction des émissions de GES. En revanche, il a été observé que seulement un sur six des APC (APM) dispose d'un plan de transition énergétique. De plus, ce plan disponible seulement au niveau de l'APM, reste très peu détaillé et ne mentionne pas concrètement les actions à mener. Ceci n'est pas de nature à faciliter le suivi-évaluation voire la reddition des comptes en termes de réduction des émissions de GES et dénote que la majorité des APC enquêtées ne seraient pas techniquement et institutionnellement prêtes

pour conduire en toute transparence de véritables actions de transition énergétique qui devraient contribuer à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Un tel document de politique énergétique devrait servir de base pour engager concrètement toute action de réduction de GES mesurable et vérifiable de mise en œuvre de la transition énergétique des ports (Browne et O'Leary, 2022; Alamoush et al., 2022a). Pour une transition énergétique, transparente et juste, la mise à disposition d'un tel document de stratégie et de politique énergétique serait une étape fondamentale pour affirmer leur volonté et leur engagement à réduire les émissions de GES au niveau des espaces portuaires du Canada. Par ailleurs, lorsque c'est disponible, ce plan devrait être actualisé de manière périodique sur la base d'une mise à jour régulière des inventaires des émissions de GES au niveau des APC.

L'étude a révélé que cinq sur six des APC se sont engagées à abandonner tout projet lié au combustible fossile. Toutefois, celles-ci sont encore dépendantes toutes à différents niveaux des énergies fossiles, sources d'émissions de GES et du changement climatique. Ce qui implique que malgré les efforts actuels consentis en matière de transition énergétique, les APC, de par leurs activités économiques, continuent d'émettre de GES dans l'atmosphère. Il a été observé que quatre sur six des APC ne sont pas encore carboneutres. Toutefois, deux sur six des APC (APPR et APV) ont atteint et maintiennent leurs carboneutralité en compensant les émissions difficilement inévitables par des mécanismes de crédits carbone. Le recours aux mécanismes de marché de carbone ne garantit pas toujours une réduction totale et effective des émissions de GES, car ces mécanismes n'empêchent pas les ports de continuer toujours par émettre les GES. Même si ces émissions sont compensées sous d'autres cieux ou par des activités de reforestation, ces émissions contribuent toujours à l'effet de serre. L'APV et l'APPR, respectivement carboneutres, depuis 2010 et 2015, font recours à une telle initiative jusqu'à ce jour. Par ailleurs, le recours à un tel mécanisme de compensation ne devrait pas durer longtemps. En effet, le maintien à long terme d'un tel mécanisme n'est toujours pas bénéfique pour l'environnement et ne serait donc pas une possibilité viable pour véritablement atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. En se référant à une émission nulle de GES, il est cohérent d'affirmer qu'aucune des six APC enquêtées n'est véritablement carboneutre.

Les résultats ont montré que l'utilisation des sources d'énergies renouvelables pour les navires est encore en phase d'expérimentation et très peu exploitée au niveau des infrastructures et bâtiments portuaires appartenant aux APC. Ce qui pourrait limiter les APC à atteindre la carboneutralité d'ici 2050 et qui confirme les résultats précédents relatifs à la dépendance des APC aux sources d'énergies fossiles. Face à une telle situation de « *business as usual* », la marche vers la carboneutralité serait compromise et serait considérée comme une utopie. En effet, la substitution des énergies fossiles par l'hydrogène vert, les biodiesels et le bio-méthanol, pourrait réduire les émissions de GES respectivement de 74-81%, 87% et 85-97% (Tomos et al., 2024). Toutefois, les carburants verts ont tendance à être plus chers que les carburants provenant des sources d'énergie fossile (Comtois et al., 2024). Par ailleurs, du point de vue économique, l'une des préoccupations majeures est de savoir aussi comment toutes les parties prenantes des APC sont prêtes à ces changements de paradigme et quel serait leur niveau d'engagement pour une transition énergétique juste et inclusive. En effet, les travaux de Yaya et Lasserre (2024) sur la Voie maritime du Saint-Laurent ont révélé que toutes les entreprises maritimes enquêtées ne s'impliquent pas toujours de la même manière lorsqu'il s'agit de la transition énergétique des ports. L'une des raisons évoquées est l'implication des coûts additionnels et de l'incertitude en termes de rentabilité qu'impliquerait la transition énergétique. Toutefois, pour accélérer la transition énergétique et atteindre rapidement la neutralité carbone, le recours aux sources d'énergies propres et renouvelables aussi bien pour les infrastructures portuaires que pour les navires est une condition sine qua non et devrait être une piste prioritaire à privilégier par les APC. Dans cette optique, les APC ont un grand intérêt à investir et opérer un véritable changement de paradigme par des choix stratégiques énergétiques vers l'utilisation des sources d'énergies propres et renouvelables.

Nos résultats ont montré qu'aucune APC enquêtée ne dispose d'infrastructures pour accueillir les navires à faible émission de GES et un sur six des APC (APV) dispose des installations de stockage et de distribution des sources d'énergie renouvelable. Ce qui pourrait les limiter dans le ravitaillement des navires en escale au niveau des APC. En raison d'une forte demande en énergie renouvelable pour les prochaines années, du fait de la

transition énergétique, Vanderbeek et Lewis (2023) ont suggéré que la réalisation des infrastructures de stockage et de distribution devrait être une priorité pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Pour atteindre la neutralité carbone, il est suggéré aux APC d'accélérer la mise en place de ces infrastructures clés qui n'existent presque pas.

Tout en automatisant et optimisant les opérations logistiques et portuaires, la digitalisation serait considérée comme une innovation pour réduire les émissions de GES. Toutefois, deux sur six des APC (APM et APV) ont adopté cette technologie pour amorcer la transition énergétique des opérations portuaires. De nombreux auteurs, notamment, Bouman et al. (2017), Alzahrani et al. (2021) et Fadiga et al. (2024) ont indiqué que la digitalisation des activités portuaire, manutentionnaire et logistique pourrait contribuer à réduire significativement les émissions de GES du secteur portuaire. En effet, la digitalisation devrait être valorisée tout en évitant la suppression des emplois actuels. Pour accélérer la transition énergétique et atteindre la carboneutralité, il urge que les APC intensifient les efforts pour renforcer leur capacité afin de numériser autant que possible les opérations portuaires. Malgré son empreinte carbone, à court et moyen terme, la transformation numérique devrait faciliter la transition énergétique permettant d'atteindre la neutralité carbone (Ferdaus et al., 2024). La digitalisation devrait être utilisée pour intégrer les systèmes de production d'énergie et de transport en vue d'optimiser la consommation d'énergie au niveau de l'espace portuaire.

Il ressort de nos résultats que trois sur six des APC ont mis en place un programme de renforcement des capacités relatif aux questions climatiques et à la transition énergétique. En effet, les acteurs actuels incluant les employés de l'APC impliqués dans la gestion et le fonctionnement du port disposeraient très peu d'expérience en matière de technologie ou mesure fondée sur les sources d'énergie propre et renouvelable contrairement aux sources d'énergie fossile. La transition énergétique est un processus complexe exigeant que les acteurs soient bien formés et familiarisés à l'utilisation des innovations et technologies modernes de réduction des émissions de GES. Dans cette optique, Henriksen et al. (2023) ont identifié, le renforcement de capacité, comme un facteur déterminant, pour atteindre la

neutralité carbone de l'industrie maritime. La mise en place d'un programme de renforcement de capacité spécifique aux questions climatique et à la transition énergétique devrait être une étape décisive pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

Face à la complexité qu'impliquerait la transition énergétique des ports, Iris et al. (2019) et Raeesi et al. (2023) ont suggéré d'intégrer et de combiner à la fois plusieurs mesures notamment les énergies renouvelables, les biocarburants et la digitalisation ou l'utilisation des bases de données (Big Data). Pour renforcer les APC à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, la présente étude recommande de combiner à la fois toutes sortes de mesures aussi bien technique, technologique, politique, économique qu'institutionnelle.

CHAPITRE 5

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude, utilisant une approche de cas multiples, vise à comparer les plans de décarbonation de six APC. Ce chapitre a abordé plusieurs points notamment la contribution de l'étude, les limites de la recherche, les pistes pour les recherches futures et la conclusion générale de l'étude.

5.1 CONTRIBUTIONS DE L'ETUDE

L'une des contributions majeures de ce mémoire a été la conception d'une grille d'analyse de la transition énergétique portuaire. Cette grille pourrait être utilisée comme un guide méthodologique pour orienter les politiques, les stratégies ou toutes autres initiatives de transition énergétique portuaire et maritime. Une telle grille pourrait être un outil pour évaluer le niveau ou les progrès réalisés en termes de transition énergétique permettant d'atteindre la neutralité carbone. La présente étude se démarque également par son approche qualitative qui essaie de mettre en exergue les enjeux de gestion relatifs à la transition énergétique de l'espace portuaire voire de l'industrie maritime. A ce titre, elle pourrait s'adresser aux gestionnaires des ports notamment du département environnemental et toute autre institution spécialisée impliquée dans la transition énergétique des ports.

Cette étude a permis de déceler qu'en maintenant la trajectoire et le rythme de changement en cours, il serait difficile aux APC d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. C'est pourquoi, nos résultats suggèrent aux APC d'élaborer et de rendre disponible leur plan de décarbonation, d'opérer un véritable changement de paradigme en abandonnant l'utilisation des énergies fossiles, d'investir dans les sources d'énergies propres et renouvelables, de renforcer leur capacité à digitaliser les activités portuaires et logistiques, et

d'investir dans les infrastructures de stockage et de distribution d'énergie renouvelables de même que dans les infrastructures d'accueil des navires à faibles émissions de GES.

5.2 LIMITES DE LA RECHERCHE ET RECOMMANDATIONS

En conduisant la présente étude, quelques limites de recherche ont été également identifiées et méritent d'être discutées. Les limites importantes de la méthodologie utilisée au cours de la présente étude ne permettent pas une analyse quantitative afin d'évaluer à quel niveau les mesures et technologies mises en œuvre par les APC permettent concrètement de réduire les émissions de GES. Par contre, l'approche qualitative retenue, à partir de la revue documentaire et de l'enquête en ligne, a fait en sorte que les comparaisons entre APC soient possibles, permettant ainsi de dresser un portrait global des mesures retenues en matière de réduction des émissions au niveau des APC, ce qui rejoint davantage les objectifs de la présente étude.

L'enquête en ligne seule retenue a été également une autre limite de cette recherche. En effet, tout au long du déroulement de la présente étude, une question est toujours revenue à l'esprit. Existe-t-il une concordance réelle entre les informations fournies sur le site Web des APC et les mesures concrètement mises en place sur le terrain ? Malheureusement, la réponse à cette question dépasse les limites de réalisation et le temps imparti pour élaborer un mémoire de maîtrise.

Le recours à une enquête en ligne sur les sites Web des APC est également vu comme une autre limite de notre recherche car ces sites sont des interfaces numériques dynamiques, fluides et facilement modifiables par les responsables en charge en la matière au niveau des APC. A cet effet, il est possible que les informations collectées au cours de la présente étude soient changées ou n'existent pratiquement plus en ligne. Ce qui pourrait rendre caduque ou obsolète la validité de nos résultats dans le temps. Toutefois, les résultats de la présente étude

ont permis de réaliser une première étude de base et de référence qui pourrait permettre de mesurer ou d'évaluer les écarts entre les informations présentes et futures des sites Web.

5.3 PISTES POUR LES RECHERCHES FUTURES

Les résultats de la présente étude obtenus à travers une simple enquête en ligne associée à une revue littéraire pourraient paraître insuffisants. Ce qui nécessiterait une étude approfondie en matière de mesures concrètement mises en œuvre sur le terrain au niveau des APC. Cette insuffisance relevée pourrait faire l'objet d'une autre recherche notamment à travers un sujet de thèse de doctorat qui impliquerait une enquête en personne combinée à une enquête en ligne auprès des APC enquêtées. Une étude plus large pourrait inclure toutes les APC voire d'autres ports d'importance socio-économique et commerciale du Canada. Ce qui pourrait permettre d'identifier et de retenir les mesures communes qui pourraient faciliter la mise en place des corridors maritimes verts.

Toutes les données collectées au cours de l'enquête en ligne sont appelées à être caduques ou obsolètes. De même, certaines mesures ou technologies seront appelées à devenir moins ou parfois plus importantes que d'autres au cours des années à venir du fait d'éventuels changements de politiques ou de réglementations. Ce qui suggère que la présente étude devrait être actualisée dans les années à venir afin d'évaluer les progrès réalisés pour la marche vers la carboneutralité d'ici 2050. Idéalement, cette étude devrait combiner les méthodes quantitatives et qualitatives afin d'aider les APC dans la mise en œuvre des plans de décarbonation et de l'élaboration du cadre méthodologique des inventaires de GES. D'autres études pourraient inclure l'utilisation des énergies renouvelables et l'évaluation du cycle de vie des technologies de réduction des émissions de GES

Sur le plan technologique, la mise au point des moteurs des navires ou équipements utilisant les sources d'énergies propres et renouvelables au niveau des ports reste encore très peu utilisée et demeure un défi majeur pour accélérer la transition énergétique et atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. A cela s'ajoute aussi, le manque des installations de stockage et de distribution d'énergie. La présente étude a révélé par exemple, que l'utilisation des

sources d'énergies propres et renouvelables au niveau des navires, est encore pour la plupart au stade d'expérimentation au niveau des APC (tableau 10). L'investigation des sources d'énergie solaires, éoliennes et hydro-électriques reste une opportunité potentielle de recherche à explorer pour combler les besoins énergétiques des ports en vue d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de GES.

5.4 CONCLUSION GENERALE

La transition énergétique du secteur portuaire est un enjeu complexe qui devrait permettre de réduire la dépendance des énergies fossiles et promouvoir les sources d'énergies propres et renouvelables. Pour élaborer ce mémoire, il a fallu, dans un premier temps, réaliser une revue de littérature approfondie et détaillée afin de dresser l'état de connaissances dans le domaine de la transition énergétique du secteur portuaire. Cette étape a permis de démontrer que très peu de recherches ont été conduites dans le cadre de la transition énergétique des ports notamment au niveau des ports du Canada. Ce qui a permis d'identifier les lacunes dans la littérature et les besoins de recherche. Ceci nous a permis de définir l'objet, les questions et les objectifs de recherche.

L'objectif principal de cette étude était de comparer les plans de décarbonation de six APC les plus dynamiques dans une diversité de régions. De façon spécifique, il s'agissait de : (i) identifier les différentes mesures ou technologies de réduction des émissions de GES opérées dans l'industrie maritime et portuaire à travers le monde; et (ii) mettre en évidence le choix des mesures et actions déployées en matière de réductions des émissions de GES au niveau des APC. Pour ce faire, deux principales questions de recherche distinctes mais intimement liées ont été formulées : quelles sont les technologies disponibles ou en développement, les bonnes pratiques et les stratégies de gestion pour enclencher et gérer au mieux la transition énergétique dans les ports ? et (ii) Où en sont les ports canadiens dans le cadre de la transition énergétique ?

Pour atteindre les différents objectifs et répondre aux différentes questions, la revue documentaire combinée à l'analyse de contenu et l'étude de cas ont été les deux principales

méthodes utilisées pour collecter, analyser, commenter et organiser les données. Le cadre méthodologique utilisé est scindé en trois principales étapes : (i) clarification des concepts et identification des technologies, stratégies et bonnes pratiques disponibles ou en développement de réduction des émissions de GES; (ii) conception d'une grille d'analyse; et (iii) recrutement des cas des APC et enquête en ligne.

Les résultats révèlent qu'il existe une diversité de mesures et technologies disponibles relevant soit du domaine politique, réglementaire, technique et technologique pour amorcer la transition énergétique des ports. Les mesures et technologies identifiées dans la revue documentaire ont été d'une importance majeure dans la définition des critères et indicateurs de regroupement. Ces critères et indicateurs définis par cette étude ont permis de construire la grille d'analyse de la transition énergétique portuaire. Cette grille a été l'outil principal qui a servi de guide pour la collecte des données à travers une enquête en ligne au niveau des sites Web officiels des APC.

Les résultats de notre étude de cas révèlent que les APC ont opéré différentes actions et mesures en matière de réduction des émissions de GES et ne sont toujours pas au même niveau d'avancement. Très peu de mesures à effet direct sur les émissions de GES ont été adoptées par les APC notamment la digitalisation des activités portuaires, l'utilisation des navires à zéro émission, l'utilisation des énergies propres et renouvelables, la mise en place des infrastructures de chargement et de distribution des énergies, et d'accueil des navires à faible émissions. Sur les six cas, seulement trois APC notamment l'APV, l'APPR et l'APM seraient plus en avance alors que l'APSTJ serait la moins avancée en matière de transition énergétique. Cette étude a permis de déceler qu'en maintenant la trajectoire et le rythme de changement en cours dans la transition énergétique en cours, il serait difficile aux APC d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. C'est pourquoi, au vu des résultats obtenus, la présente a suggéré des actions ou bonnes pratiques à promouvoir en vue de renforcer la transition énergétique en cours des APC tout en leur permettant de réaliser les objectifs de la neutralité carbone d'ici 2050.

Par ailleurs, les résultats obtenus pourraient susciter une incertitude dans l'atteinte de la neutralité carbone des APC à l'horizon 2050, malgré l'existence des plans de décarbonation pour certains et des mesures déployées par d'autres. En effet, ces plans constituant des outils stratégiques et structurants, semblent encore, limités à une logique de déclaration d'intention et de marketing ou orientés plus vers des mesures à effet indirect de réduction de GES. De manière hypothétique, il est évident que sans dynamique systémique véritable consistant à se passer des déclarations d'intention, la transition énergétique des APC, risque de demeurer fragmentée, lente et inégalement répartie. Ce constat fait, nous amène à se poser un certain nombre de questions : les plans de décarbonation, dans leur forme actuelle, sont-ils suffisamment robustes et ambitieux pour engendrer un réel changement de paradigme énergétique? Ces plans, dans leur mise en œuvre rencontrent-ils des contraintes de gouvernance, de faibles financements ou d'inexistence de leviers ou d'incitations économiques, comme par exemple l'application d'une taxe carbone? Existe-t-il un conflit entre ces plans de décarbonation et la compétitivité des APC notamment, en termes de maximisation de profits générés à travers l'utilisation de l'énergie fossile? Faudrait-il, dès lors, revoir l'ambition, la portée et le mode de financement des plans de décarbonation en cours ? Ces questions appellent sans doute à une révision ou à une remise en cause des approches en cours, adoptées par les APC, et de leurs engagements dans la mise en œuvre de la transition énergétique. Elles pourraient également faire l'objet de nouvelles pistes de recherche ou d'intervention stratégique qui pourraient contribuer à accélérer la transition énergétique vers la neutralité carbone des APC d'ici 2050.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aisha, T.A., Ouhimmou, M., Paquet, M. et Montecino J. (2022). Developing the seaport container terminal layout to enhance efficiency of the intermodal transportation system and port operations-case of the Port of Montreal. *Maritime Policy and Management*, 49 (2), 181-198. <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1875140>
- Aktouf, O. (1987). *Méthodologie des sciences sociales et approche qualitative des organisations. Une introduction à la démarche classique et une critique*. Montréal : les Presses de l'Université du Québec.
- Alamoush, A.S., "Olçer, A.I. et Ballini, F. (2022a). Port greenhouse gas emission reduction: port and public authorities' implementation schemes. *Research in Transportation Business and Management*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100708>
- Alamoush, A.S., "Olçer, A.I. et Ballini, F. (2022b). Ports' role in shipping decarbonisation: a common port incentive scheme for shipping greenhouse gas emissions reduction. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100021>
- Alzahrani, A., Petri, I., Rezgui, Y. et Ghoroghi, A. (2021). Decarbonisation of seaports: a review and directions for future research. *Energy Strategy Reviews*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100727>
- Alliance Verte. (2024a). *Ports et voie maritime : Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et de polluants atmosphériques*. <https://allianceverte.org/certification/indicateurs-de-performance/emissions-atmospheriques-gaz-a-effet-de-serre/#portsetvoiemaritime>
- Alliance Verte. (2024b). *Opportunities to improve environmental performance in the great lakes St. Lawrence maritime transportation system*. Rapport technique, 46p. <https://gsgp.org/media/mchnfs21/green-marine-9-21.pdf>
- Alliance Verte. (2024c). *Le Canada investit 30 millions de dollars dans les ports du Québec dans le cadre du Programme de corridors maritimes verts*. <https://allianceverte.org/s->

[informer/nouvelles/le-canada-investit-30-millions-de-dollars-dans-les-ports-du-quebec-dans-le-cadre-du-programme-de-corridors-maritimes-verts/](#)

Alliance Verte. (2025). *Le Port de Sept-Îles lance son Programme Bleu 5 Étoiles pour inciter les armateurs à des pratiques durables.* <https://allianceverte.org/s-informer/nouvelles/le-port-de-sept-iles-lance-son-programme-bleu-5-etoiles-pour-inciter-les-armateurs-a-des-pratiques-durables/>

APM (Administration portuaire de Montréal). (2024a). *Comité de direction et conseil d'administration.* <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/le-port/structure-et-gouvernance/conseils-d-administration>

APM (Administration portuaire de Montréal). (2024b). *Le port de Montréal.* <https://www.port-montreal.com/fr/>

APM (Administration portuaire de Montréal). (2024c). *Statistique : le port est ses activités en chiffre.* [https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/le-port/en-bref/statistiques.](https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/le-port/en-bref/statistiques)

APM (Administration portuaire de Montréal). (2024d). *Centre de documentation.* <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/le-port/centre-de-documentation>

APM (Administration portuaire du Port de Montréal). (2024e). *Environnement : nos actions pour un avenir vert et bleu.* <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/responsabilite-sociale/developpement-durable#air>

APM (Administration portuaire du Port de Montréal). (2024f). *Le Grand Quai du Port de Montréal passe à l'énergie 100 % renouvelable.* <https://www.port-montreal.com/fr/le-port-de-montreal/nouvelles-et-evenements/nouvelles/communiques-de-presse/gnr-grand-quai>

APM (Administration portuaire du Port de Montréal). (2023g). *Plan stratégique 2023-2027 du port de Montréal.* <https://www.port-montreal.com/m/plan-strategique/index.php/fr/>

- APM (Administration portuaire du Port de Montréal). (2023h). *Terminaux de vrac liquide*. <https://www.port-montreal.com/fr/la-zone-petroliere>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024a). *Guide d'information portuaire*. <https://www.rupertport.com/fr/guide-dinformation-portuaire/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024b). *Services portuaires*. <https://www.rupertport.com/fr/services-portuaires/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024c). *2023 Annual Report*. <https://2023.portderupert.com>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024d). *Gouvernance*. <https://www.rupertport.com/fr/a-propos-de/gouvernance/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024e). *Volumes de fret*. <https://www.rupertport.com/fr/volumes-de-fret/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024f). *Inventaire et réduction des émissions*. <https://www.rupertport.com/fr/inventaire-et-reduction-des-emissions/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024g). *Un avenir brillant*. <https://2023.portderupert.com/#unavenirbrillant>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024h). *L'Administration portuaire de Prince Rupert signe un protocole d'accord mondial sur les couloirs de navigation verts multiportuaires et multijuridictionnels*. <https://www.rupertport.com/fr/ladministration-portuaire-de-prince-rupert-signe-un-protocole-daccord-mondial-sur-les-couloirs-de-navigation-verts-multiportuaires-et-multijuridictionnels/>
- APPR (Administration portuaire de Prince Rupert). (2024i). *Innovation humaine. Avantages naturels*. <https://www.rupertport.com/fr/>

- APSI (Administration portuaire de Sept-Îles). (2024a). *Huit excellentes raisons de Choisir le Port de Sept-Îles*. <https://www.portsi.com/affaires/8-excellentes-raisons-de-choisir-le-port-de-sept-iles/>
- APSI (Administration portuaire de Sept-Îles). (2024b). *Centre de Documentation*. <https://www.portsi.com/centre-de-documentation/#operations>
- APSI (Administration portuaire de Sept-Îles). (2024c). *25 ans d'excellence portuaire et de partenariat local*. <https://www.portsi.com/>
- APSJ (Administration portuaire de Saint John). (2024a). *Rapport sur la durabilité 2022-2023*. <https://rapportsweb.sjport.com/2022-rapport-de-developpement-durable-1>
- APSJ (Administration portuaire de Saint John). (2024b). *Transport ferroviaire et routier*. <https://fr.sjport.com/transport-ferroviaire-routier>
- APSJ (Administration portuaire de Saint John). (2024c). *Environnement*. <https://fr.sjport.com/environnement-accueil>
- APSJ (Administration portuaire de Saint John). (2024d). *Partenariats*. <https://fr.sjport.com/search?q=partenariat>
- APSJ (Administration portuaire de Saint John). (2024e). *10 commitments to sustainability - A collaborative effort*. <https://fr.sjport.com/nouvelles-accueil/10-commitments-to-sustainability-a-collaborative-effort-3-2xdby>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024a). *Entrée du port*. <https://sjpa-apsj.com/fr/operations-maritimes/entr%C3%A9e-du-port/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024b). *Approvisionnement en énergie extracôtière et prestation des services connexes*. <https://sjpa-apsj.com/fr/industries/approvisionnement-en-energie-extrac%C3%B4ti%C3%A8re-et-prestation-des-services-connexes/>

- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024c). *Profil du port*. <https://sjpa-apsj.com/fr/port-de-st-johns/port-profile/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024d). *Accueillir le monde et faire croître l'économie océanique*. <https://sjpa-apsj.com/fr/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024e). *Accessibilité*. <https://sjpa-apsj.com/fr/administration-portuaire/accessibilit%C3%A9/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024f). *Transport maritime de conteneurs*. <https://sjpa-apsj.com/fr/industries/transport-maritime-de-conteneurs/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024g). *Durabilité*. <https://sjpa-apsj.com/fr/industries/durabilite/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024h). *Croisières*. <https://sjpa-apsj.com/fr/industries/croisieres/>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024i). *Environnement*. <https://fr.sjport.com/environnement-accueil>
- APSTJ (Administration portuaire de St. John's). (2024j). *Responsables en gérance de l'environnement*. <https://sjpa-apsj.com/fr/administration-portuaire/responsables-eng%C3%A9rance-de-lenvironnement/>
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024a). *L'Administration portuaire Vancouver Fraser : un moteur de l'activité commerciale du Canada*. <https://www.portvancouver.com/fr/propos>
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024b). *Rapports et ressources*. <https://www.portvancouver.com/fr/rapports-et-ressources>
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024c). *Marchandises et terminaux*. <https://www.portvancouver.com/fr/marchandises-et-terminaux>

- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024d). *Action climatique et gestion de la qualité de l'air*. <https://www.portvancouver.com/fr/action-climatique-et-gestion-de-la-qualite-de-lair>
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024e). *Port de Vancouver : lutte contre les changements climatiques*. https://portvancouver.metro.net/indicators/healthy_environment/climate_action
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024f). *Plan d'action climat et qualité de l'air*. <https://portvancouver.civilspace.io/fr/projects/climate-and-air-quality-action-plan-e525>
- APV (Administration portuaire de Vancouver). (2024g). *Chaîne d'approvisionnement*. <https://www.portvancouver.com/fr/operations-portuaires/chaine-approvisionnement>
- AIPL (Arup International Project Limited). (2023). Canadian green shipping corridors preliminary assessment. Oceans North Conservation Society, 61p.
- Ateb, A. (2022). *La route vers un transport maritime à émission quasi nulle : règlements et technologies*. [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Rimouski.
- Beyer, A. et Loprete, M. (2019). *Les enjeux portuaires de l'adoption du GNL comme carburant : contextes, projets et stratégies des acteurs portuaires*. Rapport d'étude pour la Fondation SEFACIL Responsable scientifique. halshs-02514721
- Bouman, E.A., Lindstad, E., Rialland, A.I. et Strømman, A.H. (2017). State-of-the art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping-a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408-421. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.03.022>
- Clear Sea. (2024a). *Getting to zero by 2050: technical regulatory details matter in accelerating decarbonization of marine fuels*. <https://clearseas.org/insights/getting->

[to-zero-by-2050-technical-regulatory-details-matter-in-accelerating-decarbonization-of-marine-fuels/](#)

Clear Sea. (2024b). *Sondage d'opinion publique 2024 : attitudes de la population canadienne sur le transport maritime*. <https://clearseas.org/fr/research/sondage-dopinion-publique-2024-attitudes-de-la-population-canadienne-sur-le-transport-maritime/>

Clear Sea. (2024c). *Carburants marins et réduction des émissions de gaz à effet de serre provenant du transport maritime*. <https://clearseas.org/fr/research/carburants-marins-et-reduction-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-provenant-du-transport-maritime/>

Clear Sea. (2024d). *Électrification des remorqueurs : une bonne idée?* <https://clearseas.org/fr/insights/electrification-des-remorqueurs-une-bonne-idee/>

Clear Seas. (2024e). *La carboneutralité d'ici 2050 : les détails techniques de la réglementation sont importants pour accélérer la décarbonisation des carburants marins*. <https://clearseas.org/fr/insights/la-carboneutralite-dici-2050-les-details-techniques-de-la-reglementation-sont-importants-pour-accelerer-la-decarbonisation-des-carburants-marins/>

Conseil Génération Énergie. (2018). *La transition énergétique du Canada*, 59p.

Comtois, C. et Slack, B. (2001). Le port de Montréal : un système portuaire inachevé ? In: *Cahiers Nantais*, n°55-56. *Terres, sociétés, itinéraires atlantiques*. pp. 141-149. <https://doi.org/10.3406/canan.2001.1005>

Comtois, C., Cloutier, J., Novikov, S., Renaud-Moyneur, S. et Slack, B. (2024). *Corridor maritime vert : un agenda de décarbonation du transport maritime et portuaire du système Saint-Laurent*. *Projet de recherche*: Plaine-2023PS01, Réseau Québec Maritime, Université de Montréal, 31p. https://energie.hec.ca/wp-content/uploads/2024/05/RAPPORT2024_ConsEnergie-GES_St-Laurent.pdf

Debizet, G. et La Branche, S. (2019). *Approche critique des scénarios technico-économiques de la transition énergétique*. Baggioni, Burger, Cacciari et Mangold (sous la dir.), *Repenser la transition énergétique : un défi pour les sciences humaines et sociales*, Presse Universitaire de Rennes.

- Deffains-Crapsky, C. (2023). Le financement de la transition bas-carbone des PME : enjeux et défis. *Revue d'Economie Financière*, 150, 213-227.
- Delbosc, A. et Perthuis, C. (2009). *Les marchés du carbone expliqués*. In *Bureau du Pacte Mondial de l'ONU. Climate Care Series*. http://www.cdcclimat.com/IMG/pdf/09-09_c4c-les_marches_du_carbon_expliques.pdf
- De Martino, M., Carbone, V. et Morvillo, A. (2017). Value creation in the port: opening the boundaries to the market Value creation in the port: opening the boundaries to the market. *Maritime Policy and Management*, 42(7), 682–698.
- Dequiedt, V., De Ubeda, A.A. et Mien, E. (2024). *Vers une taxe carbone sur le transport maritime international : mesurer les effets économiques pour évaluer la pertinence et accompagner la mise en œuvre*. FERDI, Notes brèves / Policy briefs. hal-04573855
- DNV (Det Norske Veritas) Group. (2024). *Ports: green gateways to Europe*. <https://www.dnv.com/publications/ports-green-gateways-to-europe-179372/>
- EIT (European Institute of Innovation & Technology). (2022). *A practical guide to decarbonising ports : catalogue of innovative solutions*, 34p. <https://eit.europa.eu/library/practical-guide-decarbonising-ports-catalogue-innovative-solutions>
- EPRS (European Parliamentary Research Services). (2020). *Decarbonising maritime transport : the EU perspective*. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2020\)659296](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)659296)
- European Green Deal. (2019). |European Commission. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Fadiga, A., Miguel, L.D.F. et Bigotte, F. (2024). Decarbonising maritime ports: a systematic review of the literature and insights for new research opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 452. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142209>

- Ferdaus, M.M., Dam, T., Anavatti, S. et Das S. (2024). Digital technologies for a net-zero energy future: a comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114681>
- Gagnon, Y-C. (2011). *L'étude de cas comme méthode de recherche*. Presses de l'Université du Québec, 2ème ed.
- Gagnon, Y.-C. (2012). *L'étude de cas comme méthode de recherche (2e éd)*. Presses de l'Université du Québec. <https://www.deslibris.ca/ID/442241>
- Gouvernement du Canada. (2009). *Cadre de politique nationale sur les portes et les corridors commerciaux stratégiques*. Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Transports Canada), 16p.
- Gouvernement du Canada. (2024a). *Transport maritime*. <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/transparence/gestion-rapports-ministeriels/rapports-annuels-transports-canada/transports-canada-2011/transport-maritime#footnotes>
- Gouvernement du Canada. (2024b). *Programme de corridors maritimes verts*. <https://tc.canada.ca/fr/binder/32-programme-corridors-maritimes-verts>
- Gouvernement du Canada. (2024c). *Cadre canadien sur les corridors maritimes verts*. <https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/pollution-marine-intervention-environnementale/corridors-maritimes-verts/cadre>
- Gouvernement du Canada. (2024d). *Défi carboneutre*. <https://www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/carboneutralite-2050/defi.html>
- Gouvernement du Canada. (2024e). *Protocole d'entente mondial sur les corridors maritimes verts multiportuaires et multijuridictionnels*. <https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/pollution-marine-intervention-environnementale/cadre-canadien-corridors-maritimes-verts/protocole-entente-mondial-corridors-maritimes-verts-multiportuaires-multijuridictionnels>

- Government of Canada. (2024f). *List of Canada port authorities*. <https://tc.canada.ca/en/marine-transportation/ports-harbours-anchorages/list-canada-port-authorities>
- Gouvernement du Canada. (2024g). *Vingt (20) principaux ports canadiens, selon le tonnage (intérieur et international)-2011*. <https://www144.statcan.gc.ca/nats-stna/tables-tableaux/tbl11-4a/tbl11-4a-CAN-fra.htm>
- Gouvernement du Canada. (2024h). *Document d'information sur le système portuaire canadien*. <https://tc.canada.ca/fr/marine/document-information-systeme-portuaire-canadien>
- Gouvernement du Canada. (2024i). *Portes d'entrée et corridors*. <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/transparence/gestion-rapports-ministeriels/rapports-annuels-transports-canada/transports-canada-2011/portes-entree-corridors>
- Gouvernement du Québec. (2024a). *Guide d'élaboration d'un plan climat. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les Changements Climatiques, de la Faune et des Parcs*. www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp
- Gouvernement du Québec. (2024b). *Marché du carbone : émetteurs assujettis et entités inscrites aux systèmes de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE) du Québec et des autres gouvernements participants*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/carbone/participants-inscrits-au-SPEDE.htm>
- Halpe, P., Adams, M. et Walker, T. R. (2025). Challenges and opportunities for ports in achieving net-zero emission in maritime transport. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101379>
- Hendriks, C. et de Gooyert, V. (2023). *Towards sustainable port areas: dynamics of industrial decarbonization and the role of port authorities*. Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen, 38p. <https://repository.ubn.ru.nl/handle/2066/291818>

- Henriksen, S., Platten, G., Cotton, S., Van Gogh, M. et Slingsby, T. (2023). *Why skills development is vital for shipping's green transition*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/why-skillsdevelopment-it-vital-for-shipping-s-green-transition/>
- Hossain, T. (2018). *Assessment of sustainability initiatives in port operations: an overview of global and Canadian ports*. Master of Environmental Studies, Dalhousie University.
- Hossain, T., Adams, M. et Walker, T.R. (2019). Sustainability initiatives in Canadian ports. *Marine Policy*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103519>
- Hsu, W.K., Huang, S.H.S., Le, T.N.N. et Huynh, N.T. (2024). Evaluating Vietnam's container terminal efficiency considering carbon neutrality. *Utilities Policy*, 90, <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101809>
- ICCT (International Council on Clean Transportation). (2019). *Silent but deadly: the case of shipping emissions*. 22 March 2019. <https://theicct.org/blog/staff/silent-deadly-case-shipping-emissions>
- IMO et IAPH (International Maritime Organization) et (International Association of Ports and Harbors). 2018. *Development of port emissions reductions strategies*. Port emissions toolkit, guide N°2.
- Kuper, A., Reeves, S. et Levinson, W. (2008). An introduction to reading and appraising qualitative research. *British Medical Journal*, 337 (288). <https://doi.org/10.1136/bmj.a288>
- IMO (International Maritime Organization). (2005). *MARPOL*. [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- IMO (International Maritime Organization). (2015). *Study of emission control and energy efficiency measures for ships in the port area*. Starcrest Consulting Group, LLC CE Delft Civic Exchange, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR, 212p. www.imo.org

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
- Iris, C. et Lee Lam, J.S. (2019). A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.069>
- Issa Zadeh, S.B., López Gutiérrez, J.S., Esteban, M.D., Fernández-Sánchez, G. et Garay-Rondero, C.L. (2023). Scope of the literature on efforts to reduce the carbon footprint of seaports. *Sustainability*, 15, 8558. <https://doi.org/10.3390/su15118558>
- Jusoh, L.S., Hashim, H., Lim, J.S. et Mansor N.N.A. (2017). Framework for greenhouse gas accounting towards green port. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 685-690. <https://doi.org/10.3303/cet1756115>
- Laribi, S. et Guy E. (2023). Marine energy transition with LNG and electric batteries: a technological adoption analysis of Norwegian ferries. *Maritime Business Review*, 8 (1), 80-96. <https://doi.org/10.1108/MABR-11-2021-0086>
- Larouche, R., Lagacée, F. et Dubé, S. (2023). *Les ports de Montréal, Québec et Trois-Rivières se joignent au défi carboneutre*. <https://porttr.com/les-ports-de-montreal-quebec-et-trois-rivieres-se-joignent-au-defi-carboneutre/>
- Lejoux, P. et Ortat N. (2014). La transition énergétique : vrais enjeux, faux départs? *SHS Web of Conference*, 9, 01001. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20140901001>
- Loza, P. et Veloso-Gomes, F. (2023). Literature review on incorporating climate change adaptation measures in the design of new ports and other maritime projects. *Sustainability* 15 (5), 4569. <https://doi.org/10.3390/su15054569>

- MacNeil, J.L., Adams, M. et Walker, T.R. (2022). Evaluating the efficacy of sustainability initiatives in the Canadian Port sector. *Sustainability*, **14**, 373. <https://doi.org/10.3390/su14010373>
- Mao, X. et Meng, Z. (2023). *Port of Yangpu emissions inventory report using the goPEIT model*. Working paper 2023-26. International Council on Clean Transportation.
- Mayring, P. (2000). Qualitative of content analysis. *Forum Qualitative Sozialforschung Forum: Qualitative Social Research*, 1(2). <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089> .
- Miller, C.A., Richter, J. et O’Leary J. (2015). Socio-energy systems design: a policy framework for energy transitions. *Energy Research and Social Science*, 6, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.11.004>
- Nguyen, H.P., Pham, N.D.K. et Bui, V.D. (2022). Technical-environmental assessment of energy management systems in smart ports. *International Journal of Renewable Energy Development*, 11(4), 889-901.
- O’Leary, A., 2022. Freedom to Regulate the High Seas. *Transport & Environment*. <https://www.transportenvironment.org/articles/freedom-to-regulate-the-high-seas>
- OMI (Organisation Maritime Internationale). (2019). *Travaux de l’OMI pour réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant des navires*. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-missions.aspx>
- OMI (Organisation Maritime Internationale). (2023). *Demande d'avis consultatif présentée par la Commission des petits États insulaires sur les changements climatiques et le droit international*. Tribunal International du Droit de la Mer, Affaire N° 31, 40p.
- OMI (Organisation Maritime Internationale). (2024). *Stratégie de l’OMI de 2023 concernant la réduction des émissions de GES provenant des navires*. <https://www.imo.org/fr/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>

- OQLF (Office Québécois de la Langue Française). (2024). *Décarbonation*. <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/26507207/decarbonation>
- Orygeen. (2024). *Décarbonation (ou décarbonisation) : comment limiter l'empreinte carbone ?* <https://www.orygeen.eu/docs-actus/glossaire/decarbonisation/>
- Browne, A. et O'Leary, A. (2022). Guide des ports pour un transport maritime « zéro émission ». *Pacific Environment et Opportunity Green*, 39p. <https://portsforpeople.pacificenvironment.org/wp-content/uploads/2022/10/P4P-playbook-french.pdf>
- Pivetta, D., Dall'Armi, C., Sandrin, P., Bogar, M. et Tacani, R. (2024). The role of hydrogen as enabler of industrial port area decarbonization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113912>
- Psaraftis, H.N. et Kontovas, C.A. (2010). Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), 458-462. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.05.001>
- Raeesi, R., Sahebjamnia, N. et Mansouri, S.A. (2023). The synergistic effect of operational research and big data analytics in greening container terminal operations: a review and future directions. *European Journal of Operational Research*, 310 (3), 943-973. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.11.054>
- Ramsay, W., Fridell, E. et Michan M. (2023). Maritime energy transition: future fuels and future emissions. *Journal of Marine Science and Application*, 22, 681-692. <https://doi.org/10.1007/s11804-023-00369-z>
- Roy, S. N. (2009). L'étude de cas. Dans B. Gauthier (Éd.), *Recherche sociale de la problématique à la collecte de données* (5e éd., pp. 199-225). Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Seuring, S., Gold, S. (2012). Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17, 544-555. <https://doi.org/10.1108/13598541211258609>

- Sharmina, M., Edelenbosch, O.Y., Wilson, C., Freeman, R., Gernaat, D.E.H.J., Gilberta, P.,....et Le Quéré, C. (2021). Decarbonising the critical sectors of aviation, shipping, road freight and industry to limit warming to 1.5-2°C. *Climate Policy*, 21 (4), 455-474. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1831430>
- Song, D.-P. A. (2024). Literature review of seaport decarbonisation: solution measures and roadmap to net zero. *Sustainability*, 16, 1620. <https://doi.org/10.3390/su16041620>
- Stake, R.E. (1995). *The art of case study research*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Tomos, B.A.D., Stamford, L., Welfle, A. et Larkin, A. (2024). Decarbonising international shipping-a life cycle perspective on alternative fuel options. *Energy Conversion and Management*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117848>
- Transport and Environment. (2018). *Roadmap to decarbonising European shipping*. European Federation for Transport and Environment, Square de Meeûs, 18, 2nd floor, B-1050 Brussels, Belgium, 22p.
- UNCTAD. (2023). *Decarbonizing the maritime sector: mobilizing coordinated action in the industry using an ecosystems approach*. <https://unctad.org/news/decarbonizing-maritime-sector-mobilizing-coordinated-action-industry-usingecosystems-approach>
- United Nations. (2021). *Sustainable transport, sustainable development*. Interagency report for second Global Sustainable Transport Conference, 120p.
- United Nations. (2017). *The Ocean conference*. New York.
- Vanderbeek, M. et Lewis, J. (2023). Decarbonizing California's Ports: Challenges and Opportunities. *Australasian Coasts & Ports 2023 Conference-Sunshine Coast, QLD, 15-18 August 2023*, 436-442.
- Villeneuve, C., Riffon, O. et Tremblay, D. (2016). *Comment réaliser une analyse de développement durable? Guide d'utilisation de la grille d'analyse de développement*

durable. Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, en partenariat avec l'OIF/IFDD.

Vujičić, A., Zrnić, N. et Jerman, B. (2013). Ports sustainability: a life cycle assessment of zero emission cargo handling equipment. *Journal of Mechanical Engineering*, 59(9), 547-555.

Wang, Z., Dong, B., Li, M., Ji, Y. et Han, F. (2024). Configuration of low-carbon fuels green marine power systems in diverse ship types and applications. *Energy Conversion and Management*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118139>

WPCI (World Ports Climate Initiative). (2010). *Port of Los Angeles. Carbon foot printing guidance for ports*. 2010. https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/Carbon_Footprinting_Guidance_Document.pdf

World Bank. (2023). *Charting a course for decarbonizing maritime transport : summary for policy makers and industry*. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 40p.

Xiaoli, M. et Zhihang, M. (2023). *Port of Yangpu emissions inventory report using the goPEIT model*. International Council on Clean Transportation, Working paper 2023-26.

Yaya, C. et Lasserre, F. (2024). Transition énergétique dans le transport maritime : une enquête sur les choix des entreprises en matière de réduction des émissions de GES sur la Voie maritime du Saint-Laurent. *Organisations and Territoires*, 33(1). <https://doi.org/10.1522/revueot.v33n1.1717>

Yin, R. K. (2009). *Case study research: design and methods (4th ed)*. Sage Publications.

Zhao, X., Ma, X., Chen, B., Shang, Y. et Song, M. (2022). Challenges toward carbon neutrality in China: strategies and countermeasures. *Resources, Conservation and Recycling*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105959>

