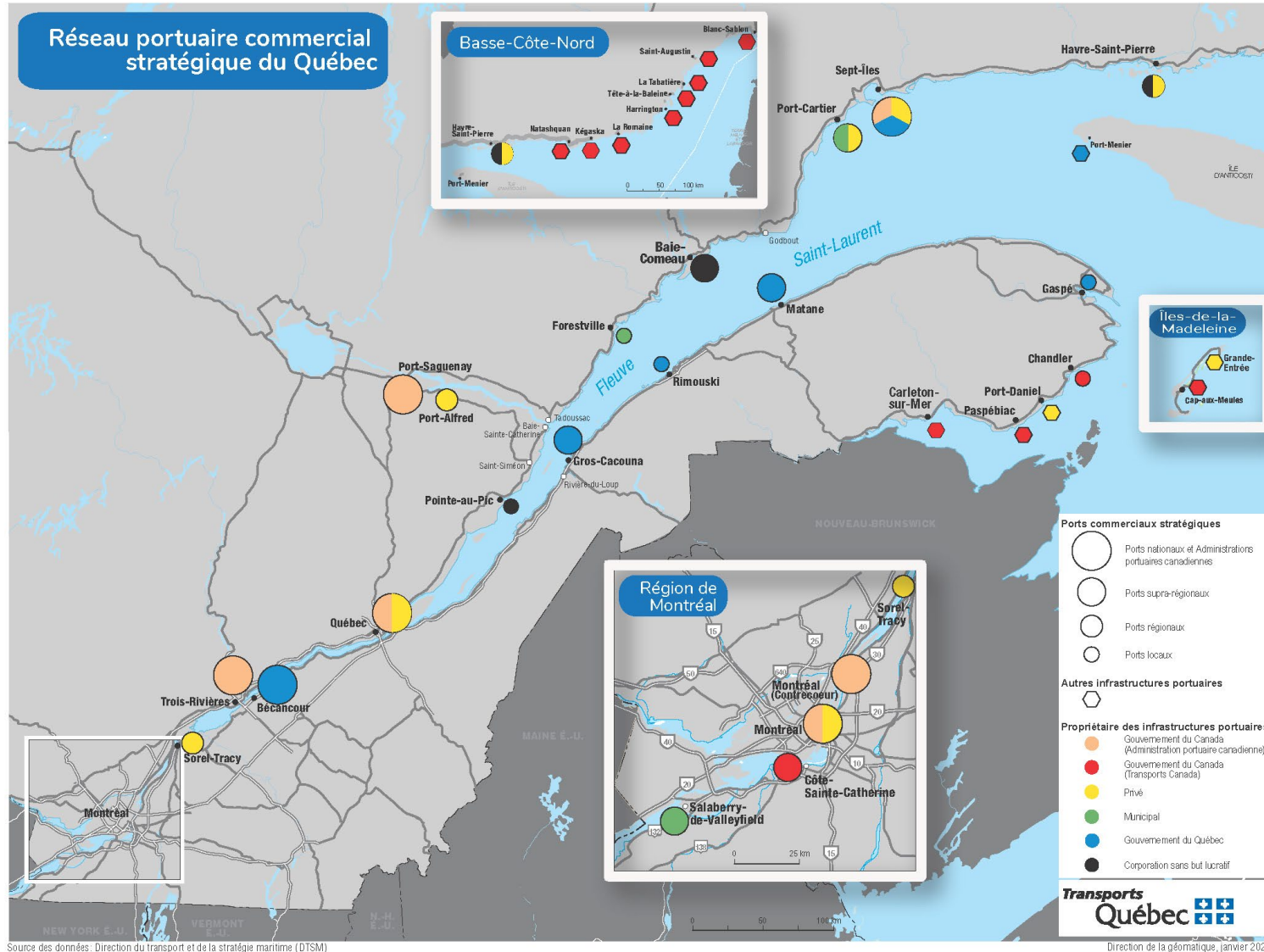


Corridor maritime vert: un agenda de décarbonation du transport maritime et portuaire du système Saint-Laurent

Présentation à la Chaire de gestion du secteur de l'énergie HEC Montréal
Montréal – 9 juillet 2024

Claude Comtois
Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport
Université de Montréal

● Analyse énergétique de l'industrie maritime et portuaire

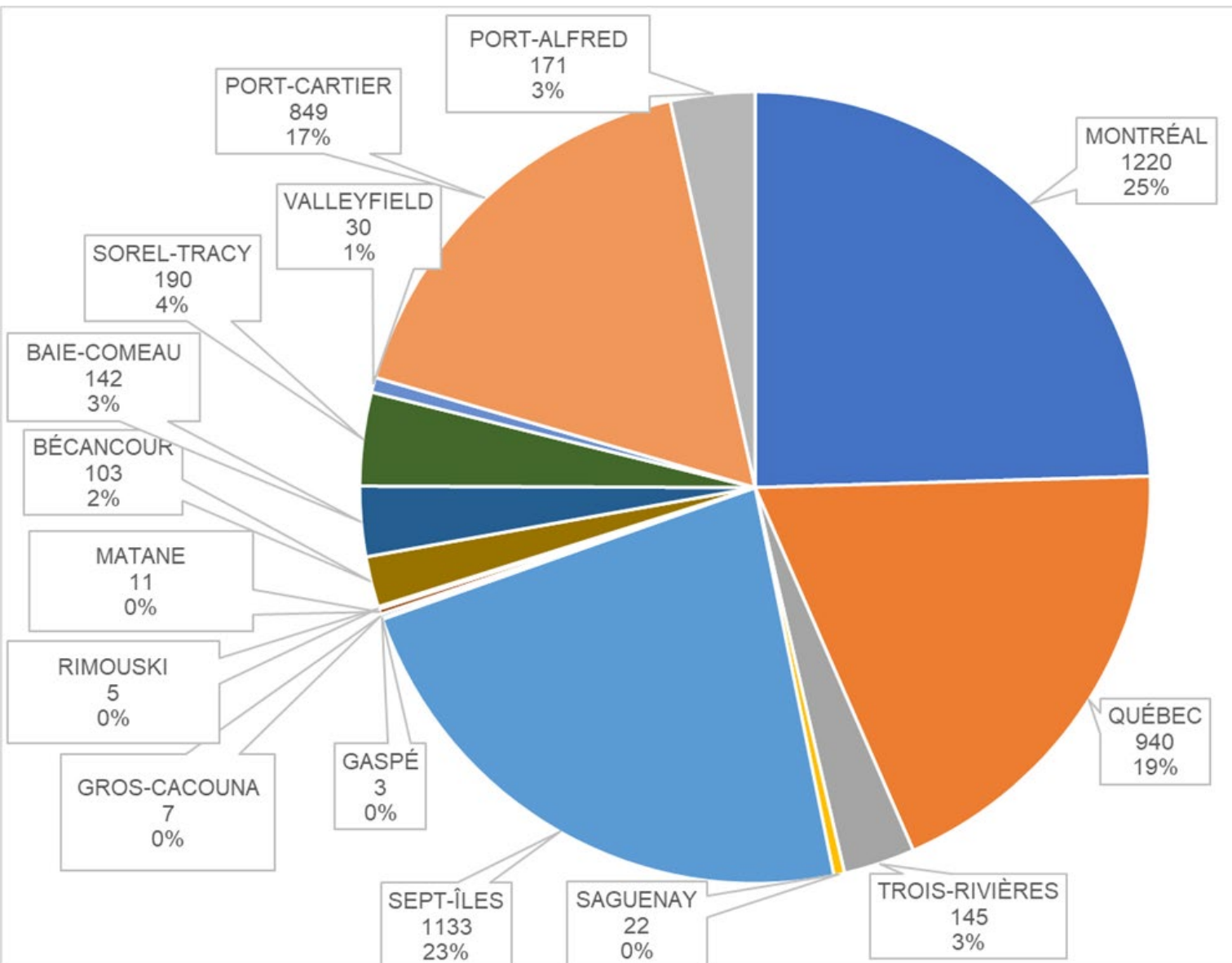


1. BAIE-COMEAU
2. BÉCANCOUR
3. CONTRECOEUR
4. GASPÉ
5. GROS-CACOUNA
6. MATANE
7. MONTRÉAL
8. POINTE-NOIRE
9. PORT-ALFRED
10. PORT-CARTIER
11. QUÉBEC
12. RIMOUSKI
13. SAGUENAY
14. SEPT-ÎLES
15. SOREL-TRACY
16. TROIS-RIVIÈRES
17. VALLEYFIELD

DONNÉES : Trafics maritimes; Terminaux; Locataires; Opérateurs; Équipements de manutention; Transport terrestre (rail et route); Bâtiments

APPROVISIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE : Électricité ; Diesel; Essence; Mazout; Gaz naturel; Propane

● Consommation énergétique des ports du St-Laurent et Saguenay



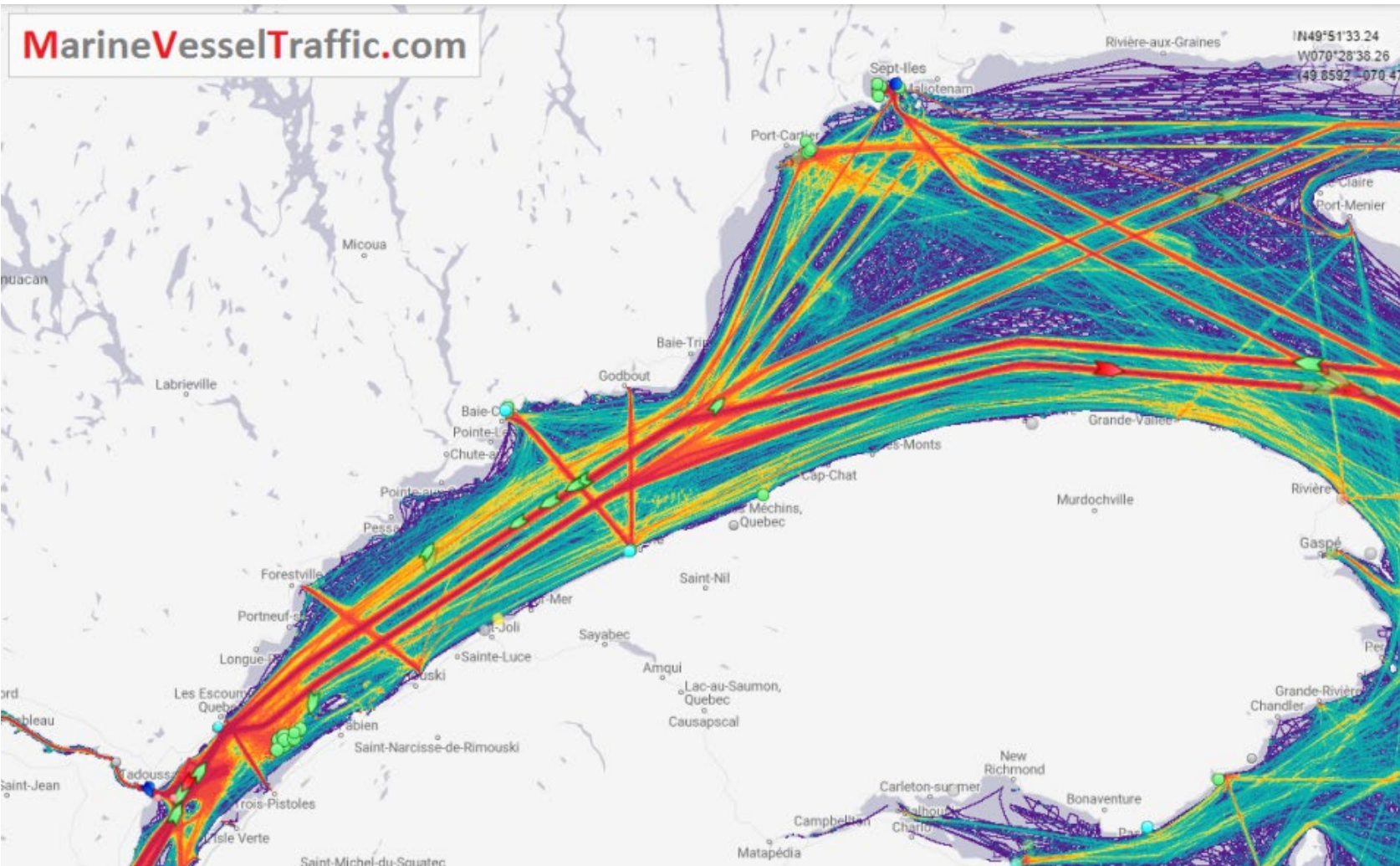
➤ Consommation énergétique du système portuaire Saint-Laurent est estimée à environ 5 000 Térajoules/an

➤ Influence des volumes et des types de trafic

➤ Principaux consommateurs: 1) Équipements des locataires; 2) Transport terrestre; 3) Bâtiments

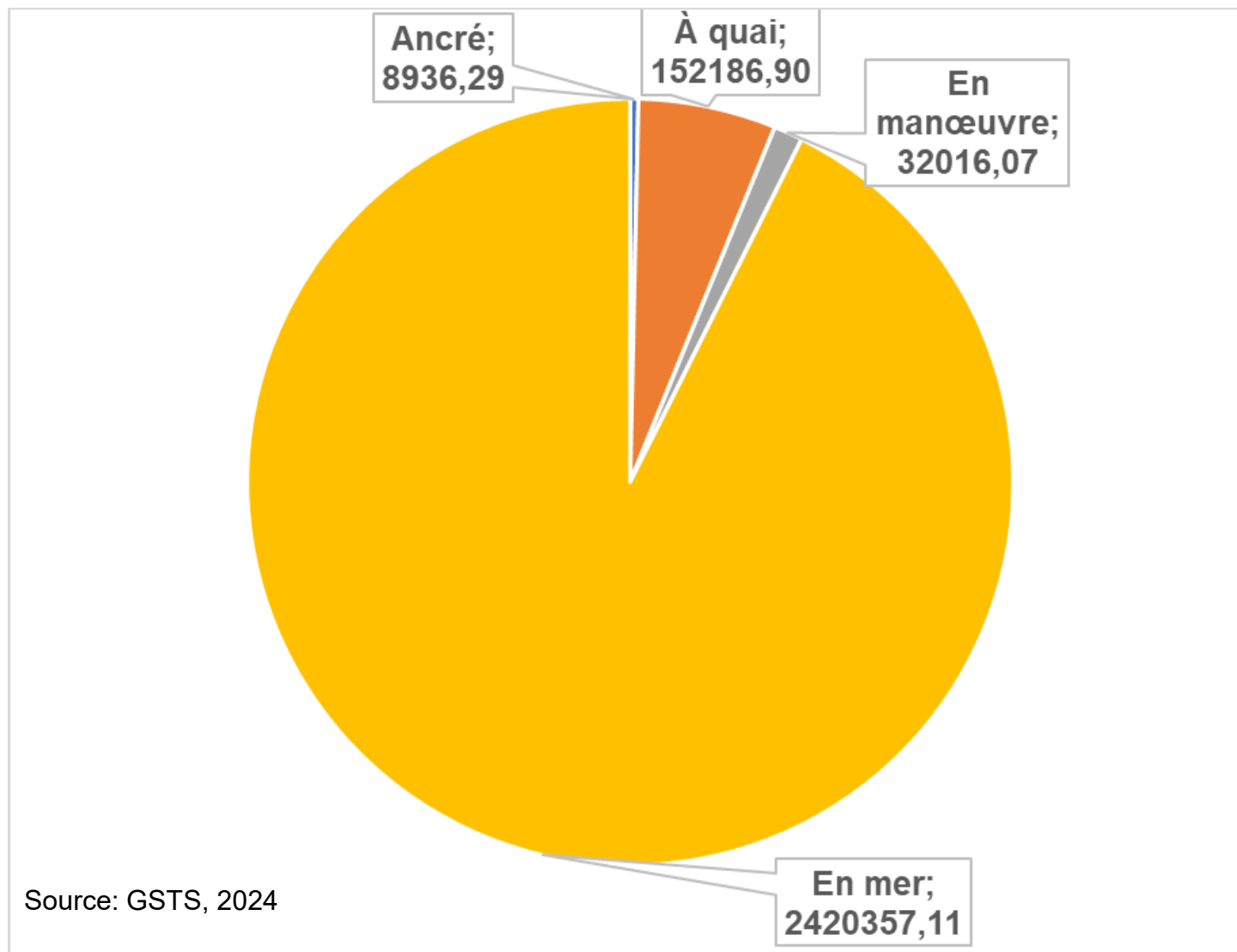
➤ Émissions de GES des activités portuaires sont estimées à 200 000 Tonnes d'éq. CO₂/année

Mouvements sur le St-Laurent par type de navires, 2022



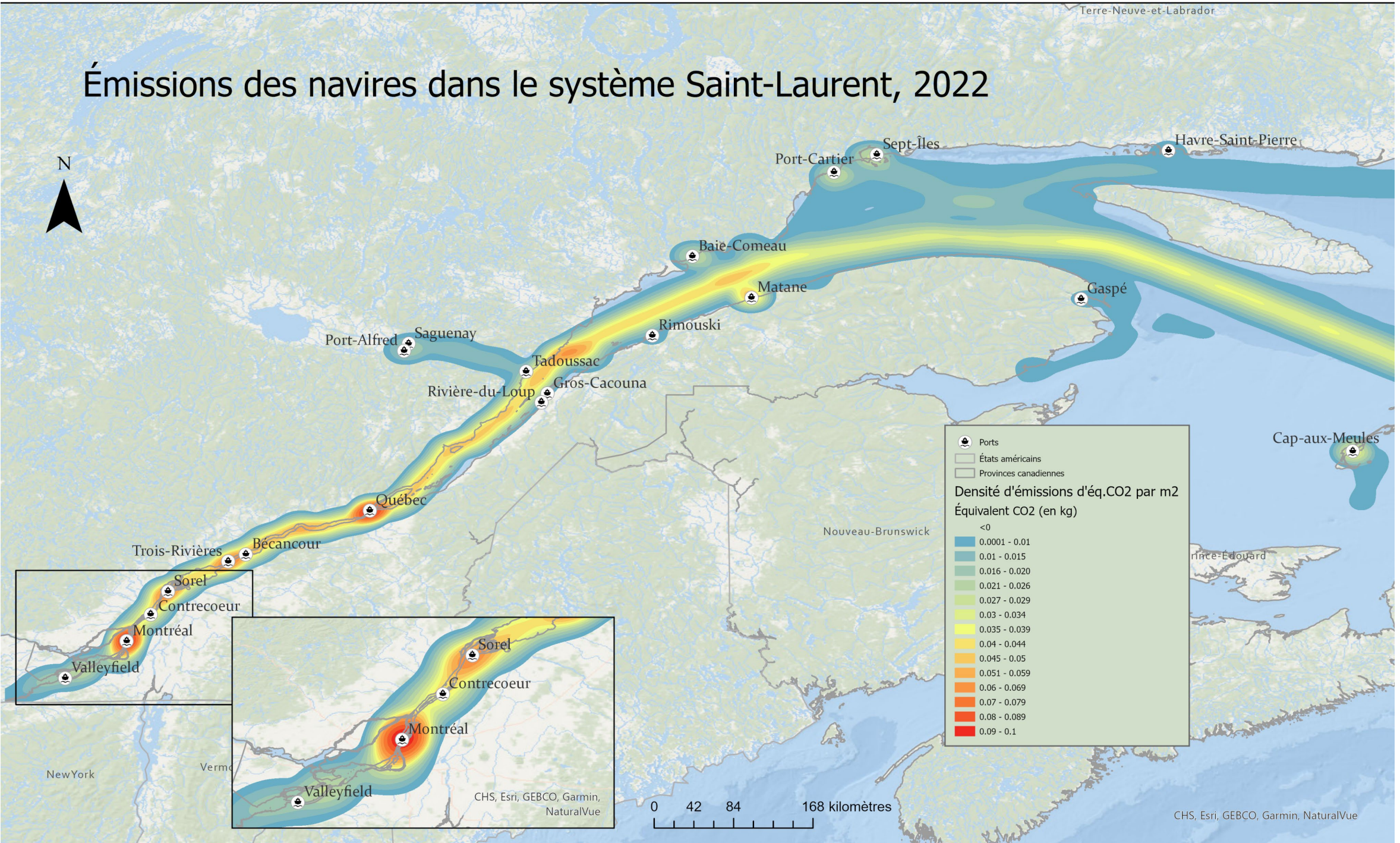
- Système d'identification automatique (AIS)
- Identité dans le service mobile maritime (MMSI) (caractéristiques des navires, types de moteur, carburant utilisé)
- Localisation des navires (Longitude et Latitude/heure; vitesse)
- Comportement des navires (ancré, à quai, en manœuvre ou en mer)
- Consommation de carburant et émissions de GES
- 35 000 lignes de données entrantes/mois (Ociana-GSTS)

● Consommation énergétique des navires (tonnes d'éq. mazout lourd)

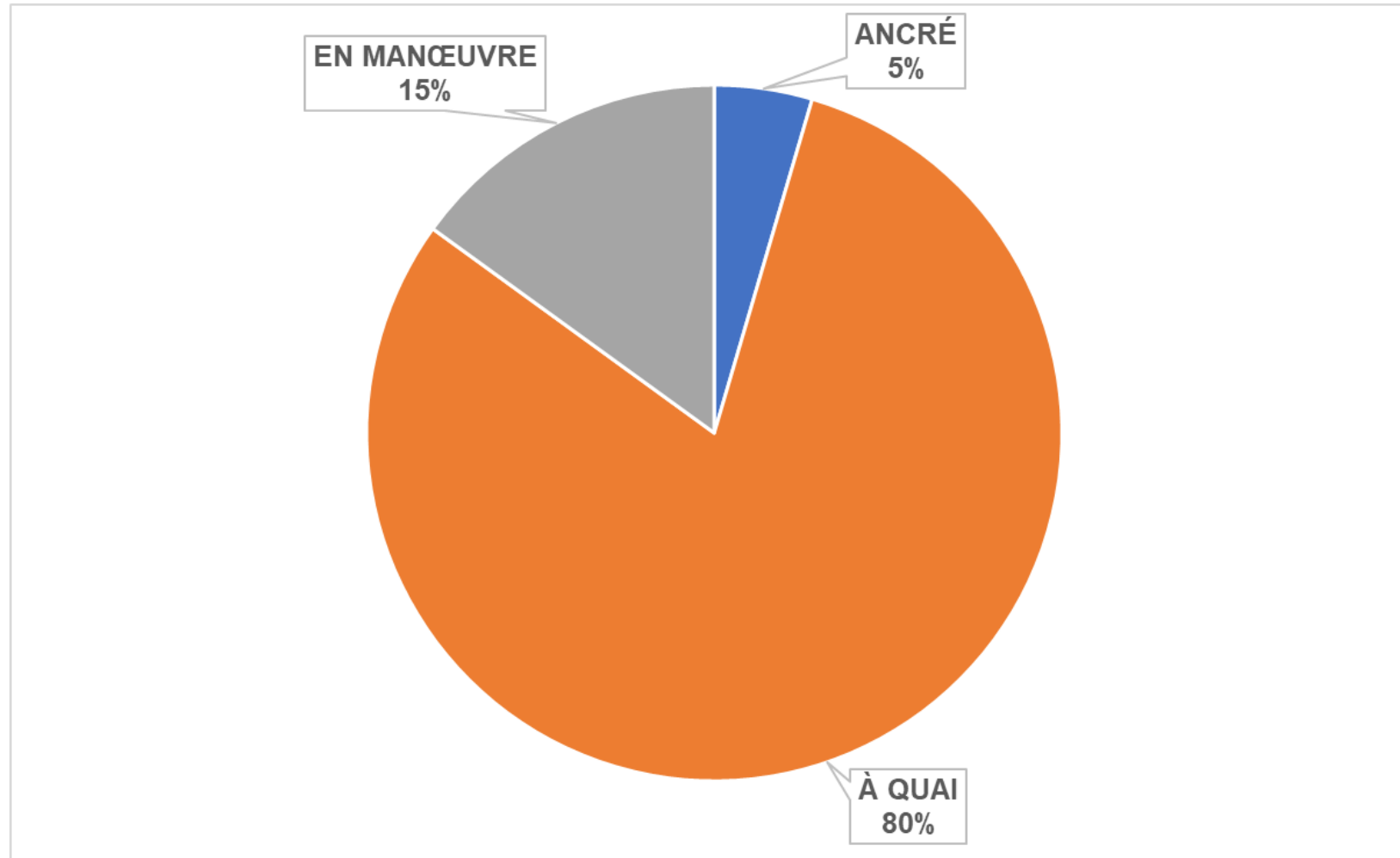


- Approximativement 8 000 navires/année en transit sur le système Saint-Laurent
- Les trafics maritimes commerciaux du Québec (domestiques et internationaux) consomment 2,6 Mt de carburant

Émissions des navires dans le système Saint-Laurent, 2022



Émissions de GES des navires en escale sur le Saint-Laurent et Saguenay



- Navires commerciaux en escale dans 17 installations portuaires du Saint-Laurent en 2022
- Segmentation des émissions de GES par type de navire, comportement des navires et par port
- Consommation d'environ 190 000 tonnes de carburant - Émissions de GES estimées à 600 000 tonnes d'éq. CO₂
- Plus de 70% des émissions de GES des ports proviennent des navires à quai

● Tendances des besoins énergétiques portuaires

- Croissance des trafics
- Services aux navires
- Automatisation et robotisation des opérations
- Système de contrôle des conteneurs
- Intermodalité et véhicules autonomes
- Changements climatiques
- Intelligence embarquée et port digital
- Cybersécurité

- Demande d'énergie pour la mobilité
- Demande d'énergie pour les hautes températures
- Demande d'énergie pour les systèmes de refroidissement
- Demande d'énergie pour l'électricité

➤ Demande énergétique en équivalent électrique de l'industrie portuaire Saint-Laurent Saguenay (Équipements, transports terrestres, bâtiments) est estimée à environ 1,4 M MWh

➤ Selon AAPA, 48% des administrations portuaires s'attendent à une multiplication par au moins 5 de la demande énergétique à l'horizon 2035

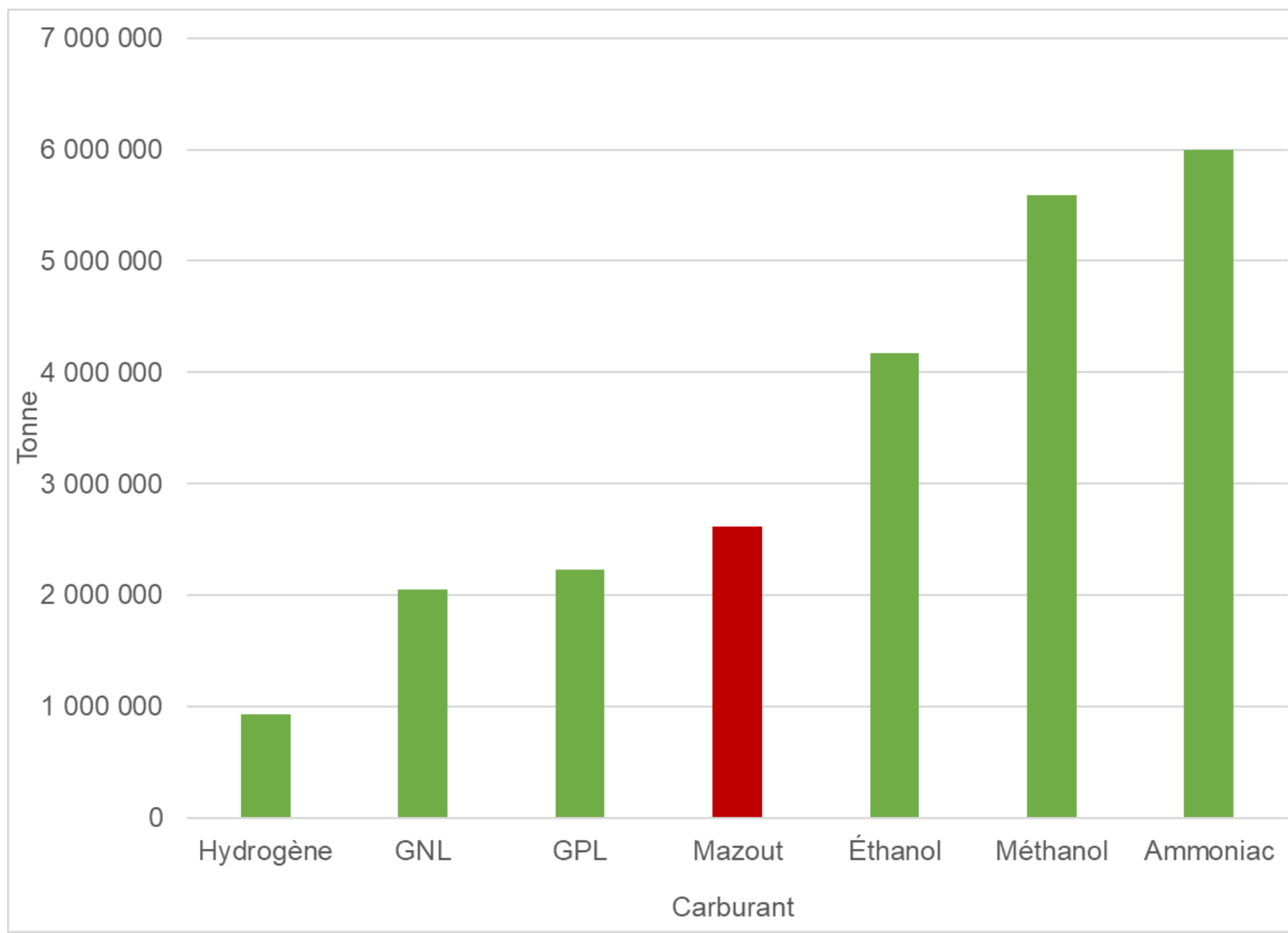
➤ Peu de possibilité pour les ports du système Saint-Laurent de générer leur propre énergie

Avitaillement des navires sur le Saint-Laurent

	MGO	VLSFO	380 CST	LNG	MFO	MDO	HFO	Diesel	ULSFO	ULSD	Diesel coloré	Total	Pourcentage
Vraquier	46 082	32 521	2 165		1 225	395	620	11,3	70			83 089,3	41,70
Pétrolier	26 130	11 204	210	6 257		210						44 011	22,09
Porte-conteneur	30 020	2 085	1 120									33 225	16,68
Cargo général	13 704	4 790	3 395				210		350			22 449	11,27
Croisière	10 094		245					127				10 466	5,25
Ro-Ro	755				138,5	1 236		284			20	2 433,5	1,22
Remorqueur	42				1715	240		7				2 004	1,01
Brise-glace						440						440	0,22
Militaire	83,3					280						363,3	0,18
Péto-vraquier	350											350	0,18
Dragueur										235		235	0,12
Baliseur	126											126	0,06
Remorqueur-pousseur					20			28				48	0,02
Total	127 386,3	50 600	7 135	6 257	3 098,5	2 801	830	457	420	235	20	199 240,1	100,00

- Les ports sont des intermédiaires entre armateurs et fournisseurs
- Approvisionnement : 80% par camion 20% par navire ravitailleur

● **Équivalent en carburant pour les navires en transit sur le St-Laurent et Saguenay
(à quai, ancré, en mouvement et en mer)**



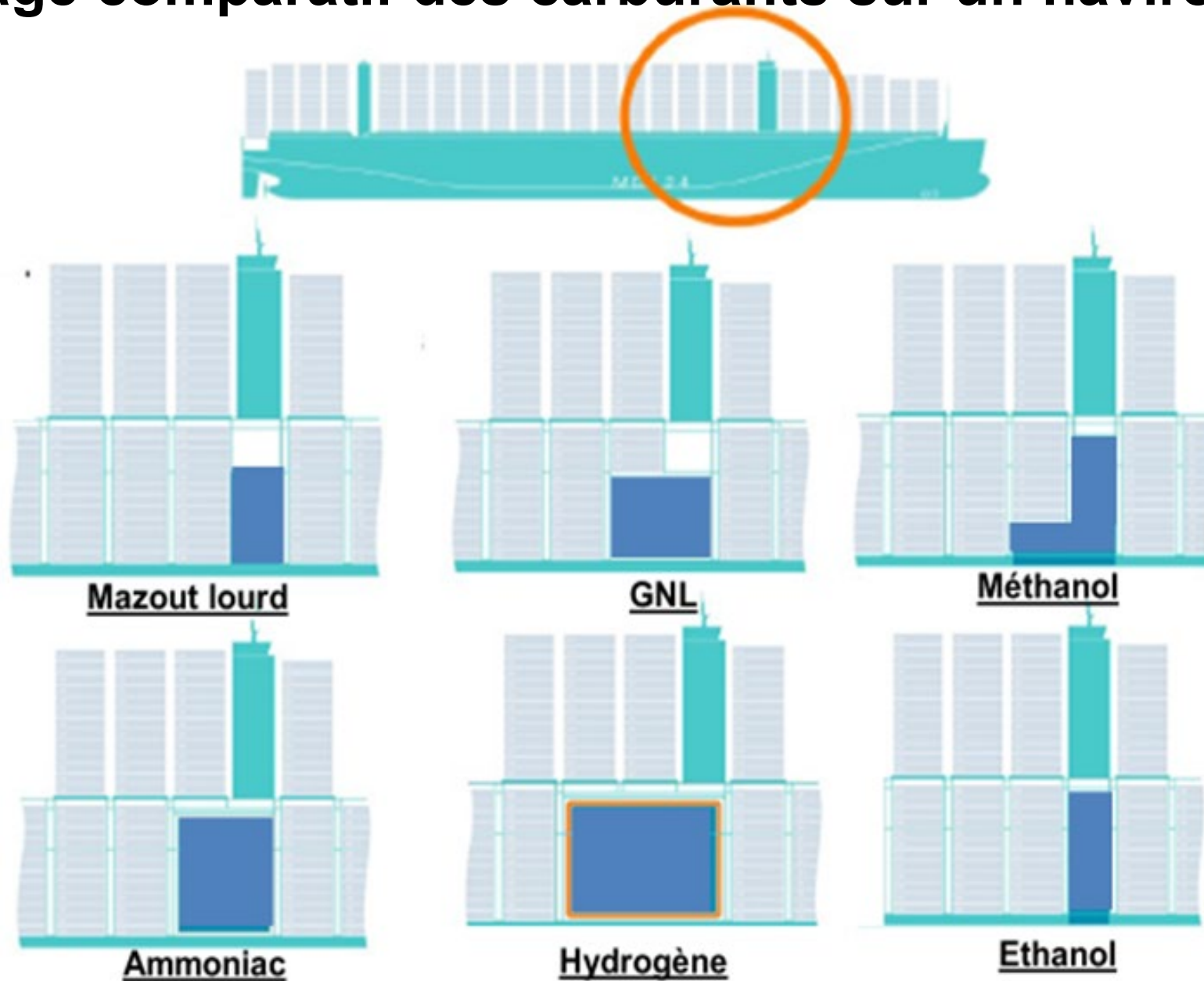
Prix au comptant des carburants de remplacement, 2023

Carburant de remplacement sous forme liquide	US \$/tonne
Mazout lourd	654
GNL	373
Méthanol	550 (gris); 2 754 (vert)
Biocarburants	1 210 (EMAG); 2 085 (Biodiesel)
Hydrogène	2 130 (gris); 3 150 (bleu); 6 400 (vert)
Ammoniac	1 237 (gris); 2 754 (vert)

Valeur calorifique, densité énergétique et émissions de CO₂ de carburants de remplacement

Carburant	Valeur calorifique (Mj/Kg)	Densité énergétique (Kg/m ³)	Émission de CO ₂ (Kg CO ₂ /Kg carburant)
Mazout lourd	41	860	3,2
GNL	49	422	2,75
Méthanol	20	790	1,37
Biodiesel	37	850-885	3
Hydrogène vert	120	70	0
Ammoniac vert	19	682	0

● Stockage comparatif des carburants sur un navire



● Autres enjeux des carburants de remplacement

- Répartition géographique des producteurs et des fournisseurs est limitée (plusieurs projets ne sont pas encore opérationnels dont certains pourraient ne jamais l'être)
- Absence d'harmonisation réglementaire
- Distinction entre avitaillement des navires océaniques et services côtiers
- Concurrence entre l'industrie maritime et autres industries ou modes de transport

Limites à l'utilisation de bloc-pile (faible densité énergétique et poids élevé)

Coûts d'immobilisation d'alimentation électrique des navires = ~10M\$/quai – 1M\$/navire

L'électrification à quai des navires en escale sur le Saint-Laurent atteindrait 1,3 M MWh

● Réglementation internationale sur la décarbonation

Organisation Maritime Internationale (OMI)

Cadre normatif

- Annexe VI Convention MARPOL «Réglementation pour la Prévention de la Pollution de l'Air par les Navires»
- Protocole de Londres «Protocole à la Convention de 1972 sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets»

Stratégies et directives

- Stratégies 2023 de l'OMI sur la réduction des émissions de GES des navires
- Directives sur les carburants marins

● Réglementations nationales sur la décarbonation

CANADA

- *Canada Shipping Act;*
- *Canada Marine Act;*
- *Canadian Net-Zero Emissions Accountability Act;*
- *Greenhouse Gas Pollution Pricing Act.*

UNITED STATES OF AMERICA

- *CLEAN Future Act;*
- *Catalyzing Clean Energy Industries and Jobs Through Federal Sustainability;*
- *Federal Greenhouse Gas Accounting and Reporting Guidance.*

QUÉBEC

- *Loi sur la qualité de l'environnement;*
- *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre.*

EUROPE

- *European Climate Law;*
- *“Fit for 55” package*
- *Regulation on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport (FuelEU Maritime initiative)*

- **Stratégie de décarbonation et de réduction des émissions de GES des ports du Saint-Laurent**
- Administrations portuaires du Saint-Laurent
- Analyse de contenu de documents corporatifs, site internet, Protocole d'entente, ...
- Critères d'analyse fondés sur la stratégie 2023 de l'OMI:
 - Objectifs
 - Vision
 - Mesures techniques
 - Collecte de données et informations
 - Enjeux de sécurité
 - Incitatifs financiers

● **Adaptation sélective des ports sur la décarbonation**

Régimes de réglementation sur la décarbonation sont arbitrés par des normes locales et des processus institutionnels

Rôle des autorités politiques, leaders socio-économiques et experts

- Perception des standards de décarbonation
- Complémentarité avec les conditions et besoins locaux
- Acceptation légitime du processus de décarbonation

● Capacité institutionnelle des ports à décarboner

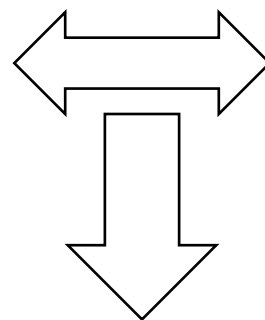
Implantation locale des standards réglementaire dépend des organisations institutionnelles

Habilité des organisations portuaires à effectuer des tâches est conditionnelle aux conditions locales

- Structure de gouvernance (privée, municipale, provinciale, fédérale)
- Cohésion des parties prenantes (clarté et consensus)
- Orientation stratégique (priorités et pratiques)

● Cadre normatif et pratique de décarbonation portuaire

Adaptation sélective



Capacité institutionnelle

Éventail de réponses locales à la réglementation sur la décarbonation

- Conformité légitime non homogène
- Non conforme

- Signes d'accommodement et de résistance aux régimes de réglementation sur la décarbonation
- Modèle dynamique pour comprendre le processus d'interprétation et d'implantation locale des régimes internationaux sur la décarbonation
- Permet le développement du droit comparatif et la résolution de conflits

● Direction des investissements

- Changements précaires en lien avec les navires carboneutres
 - Efforts d'adaptation considérables et commercialement prohibitifs pour les ports
 - Nécessité de regroupement portuaire pour l'achat d'équipement
1. Électrification des équipements, bâtiments certifiés LEED
 2. Développer un réseau accessible de stockage d'énergies vertes et un système batteries de stockage d'énergie
 3. Standardisation des infrastructures d'interconnexion électrique
 4. Réaménagement et réfection des cours et des quais portuaires (stations de recharge, enfouissement des câbles, poids des équipements électriques)
 5. Production accrue et diversifiée de carburants de remplacement dont des carburants renouvelables d'origine non-biologique
 6. Investir dans la construction navale (moteurs hybrides à bicarburation, remorqueurs, navires côtiers)
 7. Développement industriel national de PME d'équipements portuaires carboneutres

● Conclusion

- Aucun modèle unique sur la décarbonation portuaire
- Implication politique nécessaire pour transformer les objectifs en normes
- Pénalités vs incitatifs financiers
- Nouvelle architecture financière par des alliances portuaires pour réduire les coûts
- Principal facteur : harmonisation des politiques continentales de décarbonation