

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET AVANTAGES DE L'ATTÉNUATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE POUR LES ENTREPRISES MARITIMES

CLIMATE CHANGE AND THE EFFECTS OF INNOVATIONS ON SHIPPING COMPANIES.

Chadli Yaya

Doctorant au département de Géographie, Université Laval.

CANADA

chadli.yaya.1@ulaval.ca

Frédéric Lasserre

Professeur au département de Géographie, Université Laval.

CANADA

Frederic.Lasserre@ggr.ulaval.ca

Résumé

Le transport maritime est confronté à des défis de grande envergure en raison de réglementations environnementales plus strictes. Il est en effet soumis à une pression considérable pour réduire ses émissions de gaz à effet de serre. Dans ce contexte, l'innovation à travers l'atténuation des GES est devenue l'un des outils essentiels pour la lutte contre le changement climatique. L'innovation pour réduire les GES ne sert pas qu'à une cause environnementale, elle peut aussi permettre aux entreprises d'améliorer leur compétitivité. En se basant sur la littérature relative aux innovations dans l'industrie, cet article examine l'effet des innovations sur les entreprises maritime.

Mots clés : innovations, changement climatique, avantages concurrentiels.

Abstract

The shipping industry is facing major challenges due to stricter environmental regulations. It is indeed under considerable pressure to reduce its greenhouse gas emissions. In this context, innovation through GHG mitigation has become one of the key tools in the fight against climate change. Innovation to reduce GHGs does not only serve an environmental cause, but it can also

allow companies to improve their competitiveness. Based on the literature on innovation in industry, this paper examines the effect of innovation on maritime firms.

Keywords: innovations, climate change, competitive advantages.

Introduction

Pour atteindre l'objectif de l'Accord de Paris de 2015 visant à limiter l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2°C et de poursuivre les efforts pour les limiter à 1,5°C, il est essentiel que les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine soient atténuées (Bach et al. 2020). Les émissions de CO₂ du transport maritime représentent environ 3,3 % des émissions annuelles totales de gaz à effet de serre (GES) anthropiques (Saether et al. 2021). Ces émissions devront être réduites au moins de moitié d'ici 2050 par rapport à 2008, tel qu'adopté par la stratégie GES de l'Organisation maritime internationale (OMI) pour être conforme aux objectifs de l'Accord de Paris (Farkas et al. 2021). Bien que le transport maritime soit généralement considéré comme un mode de transport qui consomme le moins d'énergie et émet le moins de gaz à effet de serre par tonne kilomètre (Lindstad et al. 2020), sa dépendance aux énergies fossiles contribue aux changements climatiques (Buhaug et al. 2009; Eyring et al. 2010; Balcombe et al. 2019). Le changement climatique et ses conséquences sociales, environnementales, économiques et éthiques sont largement reconnus comme le principal ensemble de problèmes interconnectés auxquels les sociétés humaines sont confrontées (Vierth et Merkel, 2020). Ses impacts et ses coûts seront importants, graves et inégalement répartis dans le monde et pourraient entraver la compétitivité des entreprises (Huisingh et al. 2015). Les émissions de GES provenant du transport maritime international attirent de plus en plus l'attention (Eide et al. 2011; Stevens et al. 2015; Schøyen et Bråthen 2015; Toscano et Murena, 2019). La question du changement climatique est de plus en plus pertinente; elle représente un grand défi pour l'industrie du transport maritime et nécessite que les entreprises investissent pour atténuer les émissions des gaz à effet de serre (Miola et al. 2011).

Ainsi, à l'échelle mondiale, des efforts sont déployés pour réduire les émissions anthropiques de GES afin de lutter contre le changement climatique. Le transport maritime devrait contribuer aux objectifs de l'Accord de Paris, ainsi qu'à la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) (Prussi et al. 2021). Dans ce contexte, l'innovation est connue comme l'une des principales voies pour atténuer les gaz à effets de serre (Lai et al. 2011). Malgré l'importance de l'innovation pour

atténuer les GES, la mobilisation de l'innovation pour réduire les émissions de GES est souvent considérée comme un pur facteur de coût et de fait semble négligée par les entreprises (Tol, 2009). Dans le transport maritime, la littérature sur l'innovation environnementale s'est concentrée de plus sur la façon dont l'innovation contribue à atténuer les impacts du changement climatique en examinant les technologies et les programmes d'atténuation existants (Buhaug et al. 2009; Corbett et al. 2010; Rehmatulla et Smith 2015; Lindstad et al. 2020; Xing et al. 2020). Cependant, au-delà de la littérature sur l'architecture navale, peu d'études ont établi le lien entre l'innovation et la compétitivité des entreprises dans le transport maritime, et encore moins ont développé l'idée que l'innovation appliquée à la réduction des GES permet d'accroître la compétitivité des entreprises, au lieu de n'être qu'une source de coûts. En partant de l'hypothèse selon laquelle l'innovation pour atténuer les GES est positivement associée à la compétitivité des entreprises, cet article présente une synthèse de la littérature sur les effets en termes de compétitivité induits par les innovations destinées à atténuer les émissions de GES dans le transport maritime.

2- Vulnérabilités face aux changements climatiques et problèmes à la compétitivité des entreprises maritimes.

2-1- Les émissions de GES du transport maritime comme externalités contribuant au changement climatique.

L'utilisation du transport maritime est associée à des coûts externes comme ceux liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la pollution de l'air (Vierth et Merkel 2020). Le secteur maritime est un atout majeur pour l'économie mondiale, mais son impact environnemental représente une préoccupation majeure pour la communauté. Au cours de la dernière décennie, plusieurs chercheurs (Acciaro et Wilmsmeier 2015; Gilbert et al. 2018; Guimarans et al. 2019) ont tenté à plusieurs reprises d'évaluer les émissions totales de GES provenant du transport maritime. Le transport maritime représente près de 3,3 % des émissions anthropiques mondiales (Balcombe et al. 2019). La cause principale de ces émissions de GES est liée aux activités humaines (Eyring et al. 2010), qui s'accompagnent d'émission de GES, notamment de dioxyde de carbone (CO₂), de chlorofluorocarbures (CFC), de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O) et de vapeur d'eau. Ces substances sont caractérisées comme des émissions de GES directes ou indirectes, qui induisent le réchauffement climatique (Pielke et Sarewitz, 2005). Elles peuvent également polluer sur une base plus locale avec des effets néfastes sur les habitats marins et les communautés voisines (Fridell 2019). La principale source d'émissions des navires sont les gaz

d'échappement de leurs moteurs à combustion, suivis des émissions provenant de la production du carburant des navires. Le dioxyde de carbone (CO_2) affecte le climat, tandis que le monoxyde de carbone (CO), les oxydes de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), le méthane (CH_4) et les particules, y compris le carbone noir (BC), ont à la fois des effets sur le climat mondial et des impacts environnementaux régionaux et locaux sur les écosystèmes et indirectement sur les sociétés humaines (Salo et al. 2016).

Dès 1997 à Kyoto, la Conférence-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a désigné l'OMI, l'agence spécialisée des Nations Unies chargée de la sûreté et de la sécurité de la navigation et de la prévention de la pollution marine par navires, en tant qu'organisme chargé de réglementer les émissions atmosphériques maritimes. Cependant, les progrès sur ce front ont généralement été lents. En 2008, le Comité de protection de l'environnement marin (MEPC) de l'OMI a adopté des amendements aux règlements de l'annexe VI de MARPOL qui traitent des émissions de SO_x et de NO_x . Mais sur le front des GES, et malgré de nombreuses discussions, le transport maritime n'est toujours pas inclus dans l'objectif de réduction des émissions mondiales de CO_2 . Le transport maritime était le seul mode de transport pour lequel les émissions de GES n'étaient pas réglementées. L'ère de la non-réglementation du transport maritime des GES a officiellement pris fin en 2011, lorsque le MEPC a adopté l'indice de conception de l'efficacité énergétique (EEDI) pour les nouveaux navires (Psaraftis, 2016). Actuellement, seules les émissions de CO_2 sont réglementées dans le cadre de l'EEDI. Même si la contribution directe des émissions de CO_2 du secteur des transports maritime au changement climatique semble faible, ces émissions demeurent préoccupantes car le secteur semble éprouver des difficultés à atténuer ses émissions en raison de l'extrême dépendance aux combustibles fossiles, alors même que l'on prévoit un fort accroissement de l'activité du transport maritime. En l'absence d'actions appropriées, les émissions du secteur maritime pourraient augmenter de 150 à 250 % d'ici 2050, par rapport aux émissions de 2007 (Karim, 2015).

2-2- Le changement climatique pèse sur la compétitivité des entreprises.

Le secteur maritime est très important pour le transport de marchandises et de personnes à travers le monde et est particulièrement important dans les pays côtiers (Miola et al. 2011). De par sa dépendance en énergies fossiles, le transport maritime impacte l'environnement à travers les émissions de gaz à effet de serre (Chapman, 2007; Sudhakara Reddy et Assenza 2009; Saether et al. 2021). Le changement climatique provoque une augmentation de la température moyenne mondiale. L'augmentation de cette température entraîne des impacts importants tels qu'une réduction des rendements alimentaires, des pénuries d'eau importantes, des conditions météorologiques extrêmes (Marsden et Rye, 2010). Par conséquent, des conséquences humaines et économiques importantes comme les coûts élevés des technologies (Okereke, 2007). Le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) a confirmé l'existence du réchauffement climatique, en s'appuyant sur les précédents rapports du GIEC. Il a révélé que le changement climatique a affecté négativement les systèmes naturels et humains sur tous les continents et à travers les océans (Shi et Gullett, 2018). De manière générale, le changement climatique affectera un large éventail de caractéristiques de l'environnement côtier, y compris les changements chimiques (acidification des océans), les changements biologiques (habitat et distribution des espèces) et, finalement, la façon dont les humains utilisent les ressources naturelles (Schultz et Williamson, 2005; Karl et al. 2009; Messner et al. 2013). Le changement climatique affecte directement les opérations et les transports publics et privés dans les zones côtières par le biais de changements physiques comme l'élévation du niveau de la mer, les inondations et l'augmentation de la fréquence des tempêtes (Becker et al. 2012). Les preuves issues de la littérature académique indiquent qu'il y a déjà eu des dommages et des perturbations majeurs dans les ports du monde entier à cause des risques liés au climat et que ces impacts devraient augmenter dans les années et les décennies à venir (Becker et al. 2017). Les ports maritimes sont conçus pour résister à diverses contraintes tout au long de leur durée de vie, mais ils peuvent être vulnérables aux événements météorologiques extrêmes qui peuvent perturber les opérations. Des événements discrets, tels que des tempêtes exceptionnellement fortes ou des changements à plus long terme comme l'élévation du niveau de la mer, peuvent avoir un impact majeur sur la fiabilité des services portuaires et affecter l'ensemble de la chaîne de transport et de logistique (Becker et al. 2012; Becker et al. 2013; Christodoulou et al. 2019). Par exemple, les ports situés dans les zones basses d'une ceinture d'ouragans seront confrontés à des défis physiques liés à l'accroissement et à l'intensité des événements météorologiques extrêmes. Des courants plus forts et

défavorables peuvent également augmenter la probabilité d'accidents, de courants et de temps de trajet (Achurra-Gonzalez et al. 2019; Verschuur et al. 2020). De plus, les sécheresses peuvent perturber gravement la navigation intérieure en réduisant les niveaux d'eau soit à des niveaux totalement non navigables, soit, plus fréquemment, à des niveaux auxquels les opérateurs seront contraints de réduire les coefficients de remplissage des navires (Christodoulou et al. 2020).

Le changement climatique implique ainsi une variété de conséquences pour les entreprises en ce qui concerne les aspects opérationnels, de relations publiques et financiers (Wittneben et Kiyar, 2009). Il engendre des implications financières et humaines importantes autour des ports, y compris l'expansion et l'entretien des installations (le dragage dans les ports), la santé et la sécurité humaines, le tourisme et les loisirs (Asariotis et Benamara, 2012). Le changement climatique peut entraîner des résultats commerciaux défavorables, notamment des interruptions d'activité, une augmentation des coûts d'investissement ou d'assurance (Halkos et Skouloudis 2016). Les impacts du changement climatique sont considérés comme un risque financier potentiel pour un certain nombre de secteurs industriels (Cai et Li, 2018). Selon l'économie de l'environnement, le changement climatique pourrait créer un certain nombre d'obstacles pour les entreprises, principalement en raison des besoins de ressources financières supplémentaires pour modérer les conséquences des risques possibles (par exemple, les événements météorologiques extrêmes) et pour adapter leurs opérations en fonction de la réalité contemporaine (Nikolaou et al. 2015). Si l'infrastructure actuelle doit être protégée, il faut s'attendre à des coûts extrêmement élevés (Cherrafi et al. 2018). Le changement climatique étant considéré comme ayant des effets substantiels sur les entreprises ainsi que sur la société mondiale dans son ensemble, les entreprises ignorant cette réalité sont de plus en plus soumises aux pressions des parties prenantes afin de les contraindre à mettre la question du changement climatique à leur ordre du jour (Busch et Hoffmann, 2009). La gravité des impacts du changement climatique sur les opérations commerciales diffère selon le secteur économique (Lash et Wellington, 2007). Cependant, les mesures d'adaptation peuvent offrir de nouvelles sources d'avantages concurrentiels. Premièrement, les entreprises peuvent viser à améliorer la productivité de leurs ressources (par exemple en augmentant l'efficacité énergétique), réduisant ainsi leurs coûts. Deuxièmement, le changement climatique peut stimuler l'innovation, inspirant de nouveaux produits et services qui sont moins intensifs en carbone ou qui permettent la réduction du carbone par d'autres. Troisièmement, les entreprises peuvent améliorer la résilience de leurs chaînes d'approvisionnement, par exemple en réduisant la dépendance à

l'égard des combustibles fossiles dont les prix sont volatils en se tournant vers les énergies renouvelables. Ensemble, ces actions peuvent favoriser la compétitivité et ouvrir de nouvelles opportunités de marché. Face à la problématique du changement climatique, et pour s'aligner sur les objectifs de l'Accord de Paris, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a instauré des stratégies qui ne visent pas seulement à atténuer les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime, mais qui peuvent contribuer à la compétitivité des entreprises.

3. Atténuation des émissions de GES du transport maritime et compétitivité des entreprises maritimes.

3-1. Les innovations comme solution pour atténuer les GES dans le transport maritime.

Dans le secteur du transport maritime, les discussions sur les instruments susceptibles d'atténuer les impacts climatiques du transport maritime se produisent principalement à l'OMI. Au niveau international, les règles de l'OMI sont abordées dans la Convention Internationale pour la Prévention de la Pollution par les navires (MARPOL). Des politiques de réduction sont élaborées au niveau de l'OMI. Ainsi pour atténuer les GES, l'OMI a inclus des mesures obligatoires - l'indice de conception d'efficacité énergétique pour les nouveaux navires (EEDI), et le Plan de gestion de l'efficacité énergétique des navires (SEEMP) appliqués aux anciens et nouveaux navires (Balcombe et al. 2019). À cette fin, l'OMI a fixé des objectifs ambitieux dans sa stratégie dite initiale adoptée par plus de 100 États Membres lors de la 72^{ème} session du Comité de la protection du milieu marin (MEPC 72) de l'OMI, qui s'est déroulée au siège de l'Organisation, à Londres (Royaume-Uni), du 9 au 13 avril 2018 (OMI, 2018). La stratégie classe les mesures de réduction des émissions en trois groupes en fonction du temps : mesures à court moyen et long terme. À court terme, les mesures devraient être convenues et commencer à être mises en œuvre d'ici 2023. Des mesures à moyen terme sont attendues entre 2023 et 2030, tandis que les mesures à long terme se réfèrent à la période 2030-2050. La première catégorie s'articule autour du *slow streaming* et de l'optimisation des opérations, tandis qu'à moyen terme, il est envisagé de déployer des mesures basées sur le marché (MBM) comme le Fonds international pour les émissions de gaz à effet de serre des navires (Fonds GES) initialement proposé par Chypre, le Danemark, les Îles Marshall, le Nigéria et l'International Parcel Tanker Association-IPTA; le Leveraged Incentive Scheme (LIS) pour améliorer l'efficacité énergétique des navires, mécanisme basé sur le Fonds international de GES proposé par le Japon; la proposition des États-Unis de réduire les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime

international, le Ship Efficiency and Credit Trading; le système d'échange de quotas d'émission (ETS) pour le transport maritime international proposé par la France (Psaraftis 2019). A long terme, l'accent sera mis sur les carburants alternatifs à faible intensité de carbone comme l'ammoniac, l'hydrogène, les mélanges de biocarburants, ou la propulsion éolienne (Zis et Psaraftis, 2021). L'EEDI se concentre par exemple sur les économies d'énergie grâce à une conception écoénergétique améliorée, un système de propulsion et d'alimentation amélioré et des carburants alternatifs ou plus propres. Certaines mesures peuvent être appliquées à travers des efforts de modernisation des navires, tandis que d'autres ne peuvent être envisagées que pour les navires neufs (Johnson et al. 2013 ; Lindstad et Bø 2018). Le SEEMP vise à réduire les émissions lors des opérations au niveau du navire ou de la flotte. Le SEEMP a également été introduit dans MARPOL, tant pour les navires neufs que pour les navires existants, comme mesure visant à améliorer l'efficacité énergétique grâce à des améliorations opérationnelles. De même la tarification des émissions de carbone est envisagée par les États pour atténuer les GES du transport maritime. Récemment, une importante association de l'industrie maritime a indiqué qu'elle soutenait les plans d'une taxe mondiale sur les émissions de carbone du transport maritime pour aider à financer la transition du secteur vers des carburants plus respectueux de l'environnement et du climat (Jordans, 2021).

Par ailleurs, la littérature scientifique fait état d'un large éventail d'innovations, déjà appliquées ou en phase de recherche, qui pourraient permettre au transport maritime de devenir moins polluant. Bouman et al. (2017) ont identifié une liste de mesures, qui entrent dans les catégories suivantes: conception de la coque, puissance et propulsion, carburants alternatifs, sources d'énergie alternatives et mesures opérationnelles et de conduite du navire. Faber et al. (2011) ont identifié six groupes principaux d'innovations: conception de la coque ; économie d'échelle ; puissance et propulsion (y compris les dispositifs d'économie d'énergie); *slow streaming*; carburants et sources d'énergie alternatives. La conception de la coque par exemple couvre les aspects liés aux dimensions, à la forme et au poids de la coque, qui contribuent à améliorer les performances hydrodynamiques et à minimiser la résistance. Les économies d'échelles sont un autre moyen de réduire les émissions, car les navires et les cargaisons plus gros ont tendance à être plus économes en énergie par unité de fret. En règle générale, lorsque la capacité de transport de marchandises est doublée, la puissance requise et la consommation de carburant augmentent d'environ deux tiers, réduisant ainsi la consommation de carburant par unité de fret (Faber et al. 2011). L'alimentation et la propulsion comprennent la conception du

système d'alimentation et des machines, des solutions d'alimentation hybride, une efficacité de propulsion plus élevée, la récupération de la chaleur résiduelle, et la réduction de la demande de puissance à bord par des dispositifs d'économie d'énergie tels que les cerfs-volants et les voiles. Les systèmes d'alimentations hybrides permettent l'exploitation efficace de diverses sources d'énergie, comme la combinaison de batteries avec des moteurs à combustion pour utiliser le meilleur de chaque technologie, c'est-à-dire que les batteries peuvent être utilisées comme tampon pour couvrir les besoins de puissance de pointe et pour éviter les opérations à faible puissance des moteurs à combustion (Rehmatulla et Smith, 2015). L'adoption du slow streaming est devenue de plus en plus courante dans le transport maritime. Un effet positif du slow streaming est qu'il réduit les émissions de CO₂, proportionnelles à la quantité de combustible brûlé (Cariou, 2011). Il concerne la vitesse opérationnelle du navire, ainsi que sa vitesse commerciale. Réduire la vitesse du navire à 21 nœuds représente une navigation « lente » avec 18 nœuds définis comme « extra lents » et 15 nœuds comme « super lents » (Pastra et al. 2021). Quoique certains chercheurs remettent en cause la pertinence du slow streaming à très basse vitesse (Adland et al. 2020), des vitesses plus lentes améliorent généralement *l'efficacité énergétique des navires* (Psaraftis, 2019), puisque la consommation est proportionnelle au cube de la vitesse pour les vitesses élevées, permettant aux transporteurs d'économiser sur le carburant, mais suscitent des problématiques logistiques. Ainsi, réduire la vitesse d'un navire de 10 % réduit les émissions d'au moins 10 à 15 %, mais crée également des pertes substantielles de revenus, en réduisant le nombre de rotations qu'un navire peut effectuer dans l'année (Psaraftis et Kontovas 2010). De plus, lorsque que la chaîne logistique est réglée sur une vitesse plus faible, on assiste à une augmentation des stocks - les marchandises vont passer plus de temps en mer- ce qui engendre également un coût pour les acteurs de la chaîne logistique. L'armateur doit alors effectuer un calcul en coordination avec sa clientèle pour trouver la vitesse idoine pour maintenir la rentabilité de son service.

Les combustibles et sources d'énergie alternatives couvrent tous les aspects liés au remplacement ou au complément des combustibles HFO-MGO par des vecteurs énergétiques alternatifs. Aujourd'hui, l'hydrogène retient de plus en plus l'attention, ainsi que les énergies renouvelables comme l'éolien et le solaire. Le routage et la programmation météo consistent à trouver l'itinéraire et les vitesses de navigation optimales, en tenant compte des conditions actuelles, des vagues et des conditions météorologiques, et des livraisons selon les accords contractuels ou les horaires publiés, afin de minimiser la résistance et la consommation de

carburant (Bouman et al. 2017). Les actions visant à réduire les émissions du transport maritime vont de la promotion de solutions technologiques à des mesures opérationnelles et à des actions de soutien et de coordination (Xing et al. 2020). En ce qui concerne la motorisation, la grande majorité des navires utilisent de gros moteurs diesel à deux temps ou à quatre temps fonctionnant au fioul lourd (HFO). Leur conception a également évolué au fil du temps, intégrant des améliorations comme le cycle Miller (Wik et Niemi, 2016), la turbo compression à deux étages et les systèmes d'injection de carburant avancés. Ces technologies sont déjà largement mises en œuvre dans les nouveaux moteurs de navires. Récemment, les fabricants de moteurs ont commencé à produire des moteurs conçus pour fonctionner à la fois au Heavy Fuel Oil (HFO), Marine Diesel Oil (MDO) et au gaz naturel (GNL). D'autres technologies de propulsion des navires plus avancées qui sont en cours de développement comprennent les dispositifs de propulsion éolienne tels que les rotors Flettner (Acciaro, 2014) et d'autres systèmes de propulsion des navires assistée par le vent (WASP) tels que les éoliennes et divers types de voiles (Chou et al. 2021). L'innovation peut augmenter les coûts à travers la gestion des émissions, les risques physiques, et les pressions sociales, mais elle peut aussi fournir une opportunité d'augmenter les profits et d'améliorer la réputation des entreprises (Hoffman 2008; Karl et al. 2009).

3-2- L'adoption des innovations comme facteur à la compétitivité des entreprises maritimes

L'innovation est l'indicateur d'une économie prospère et elle conduit le développement économique et crée de nouveaux domaines d'activité (Dereli, 2015). La relation entre la durabilité environnementale des entreprises et leur compétitivité a suscité très peu d'intérêt jusqu'à présent parmi les chercheurs dans le transport maritime (Acciaro 2014; Rehmatulla et Smith 2015; Lindstad et al. 2017). Pendant longtemps, de nombreuses entreprises ont considéré les innovations en matière de durabilité principalement comme des facteurs de coûts (Dey et al. 2020). Elles étaient considérées comme nécessitant des investissements élevés, avec un long temps de retour sur investissement et ne produisant que des avantages environnementaux limités, et pas d'avantage concurrentiel pour l'entreprise (Hojnik et Ruzzier, 2016; Teguh et al. 2021). Les facteurs favorisant les différents types d'innovation varient et peuvent être liés soit aux caractéristiques internes de l'entreprise, soit aux relations qu'elle entretient avec les autres

acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Des recherches antérieures ont identifié une variété d'incitatifs ou de moteurs pour favoriser l'adoption d'innovations (Urbancova 2013; Lun et al. 2016; Caniels et al. 2016). Yang et al. (2016) soutiennent que ces moteurs appartiennent à deux catégories principales : la pression externe des gouvernements et des parties prenantes (par exemple, sous la forme de réglementations ou d'avantages en termes d'image auprès de l'opinion publique) et la motivation interne par la réduction des coûts opérationnels. D'autres études ont trouvé des moteurs émergeant pour adopter les pratiques de durabilités. Par exemple, Poulsen et Sornn-Friese (2015) ont constaté que les facteurs liés au marché et à l'économie, comme les exigences des clients, la réputation des entreprises, et les économies de coûts relatives aux énergies sont des moteurs importants pour l'adoption des innovations durables. Il arrive parfois que, la réglementation et la quête de compétitivité agissent ensemble pour stimuler les innovations en matière de durabilité (Horbach et al., 2012). De même, Montabon et al. (2007) constatent que la pression concurrentielle du marché stimule l'innovation environnementale davantage que les réglementations et, par conséquent, motive davantage de recherches sur le rôle des innovations à caractère environnemental dans l'augmentation de la compétitivité. Les entreprises créent et maintiennent un avantage concurrentiel en raison de leur capacité à continuellement améliorer, innover et mettre à niveau leurs avantages concurrentiels au fil du temps (Teece et al. 1997; Dereli 2015).

Par ailleurs, en adoptant des innovations proactives, il est possible pour les entreprises de gagner des parts de marché, d'accroître leurs revenus, de réduire leurs coûts et, plus généralement, d'augmenter leur rentabilité afin d'acquérir un avantage concurrentiel (Levering et al. 2013). Certaines innovations créent un avantage concurrentiel en percevant une opportunité de marché entièrement nouvelle ou en servant un segment de marché que d'autres ont ignoré, surtout lorsque les concurrents sont lents à réagir. Par exemple, dans des secteurs comme l'automobile et l'électronique domestique, les entreprises japonaises ont acquis leurs avantages concurrentiels en mettant l'accent sur des modèles plus petits, plus compacts et de moindre capacité que les concurrents étrangers dédaignaient comme moins rentables, moins importants et moins attrayants (Porter, 1990). En fait, dans l'industrie maritime, l'innovation joue un rôle important car elle est l'une des rares sources d'avantage concurrentiel (Casadiego Fonseca 2019). L'innovation contribue au développement de propositions de valeur qui impliquent soit la capacité d'offrir des services à un prix inférieur, principalement grâce à une meilleure utilisation des actifs, une consommation de carburant réduite et des coûts unitaires

inférieurs (Ambec et al. 2013; Beltrán-Esteve et Picazo-Tadeo 2015). Malgré son rôle vital dans le commerce international et la logistique, le transport maritime a été confronté à des périodes de turbulences ces dernières années en raison des faibles taux de rentabilité et de la concurrence accrue (Heilig et al. 2017). Face à telle situation, plusieurs entreprises ont mises en place des innovations pour rentabiliser leurs activités. Par exemple, les entreprises de logistique ont utilisé l'innovation pour différencier leur offre de services de celle de leurs concurrents principalement en élargissant la portée de leur réseau et en augmentant les services à la clientèle au moyen des technologies TIC avancées comme une traçabilité accrue des marchandises ou des services de porte à porte (Busse et Marcus Wallenburg, 2011). Au cours des décennies précédentes, les entreprises avant-gardistes de la chaîne d'approvisionnement maritime ont investi dans des systèmes informatiques autonomes pour améliorer leurs opérations et maintenir leur compétitivité (Tidd et Bessant 2009; Carlan et al. 2017). Les entreprises de logistique reconnaissent aujourd'hui l'importance de l'information (connaissance), non seulement pour améliorer les compétences de base de l'entreprise, mais aussi en tant que caractéristique de service qui aide les clients et les parties prenantes. Par exemple, « le système de suivi Internet Minitel » développé par Calberson, l'une des principales sociétés européennes de transport et de logistique, a propulsé Calberson à l'avant-garde de son industrie en améliorant sa compétitivité (Chapman et al. 2002). Dans l'amélioration de leur compétitivité certains ports ont également adopté des innovations numériques en matière d'échange de données informatisées (EDI), les applications concernant le suivi des véhicules et des marchandises, et celles soutenant les flux de marchandises (Carlan et al. 2017). L'adoption de technologies innovantes pour l'atténuation des émissions de GES dans les transports maritimes devrait conduire à un avantage concurrentiel et à une rentabilité améliorée grâce à des économies de coûts. Certes, il existe des contre-exemples d'innovations dans l'industrie du transport maritime qui n'ont pas donné d'avantage compétitif durable aux entreprises qui les ont adoptées. C'est l'exemple de la généralisation du conteneur à partir de la fin des années 1950, ou la banalisation des gros navires. Cela ne doit pas dissuader les entreprises de recourir à l'innovation en raison du fait qu'outre la dimension de responsabilité sociale à travers un effort pour réduire leurs émissions de GES, elles pourraient en dégager un avantage concurrentiel.

Conclusion

Le transport maritime joue un rôle central dans le débat sur la durabilité des secteurs des transports. Il engendre de nombreux problèmes environnementaux dont les causes fondamentales sont liées aux émissions des navires. L'innovation est identifiée comme l'une des principales voies de maintien de la compétitivité et son importance est bien établie dans les études commerciales. Le long des chaînes logistiques maritimes, l'innovation est de plus en plus reconnue comme un facteur de réussite. L'adoption des innovations peut aider les compagnies maritimes à réduire leur impact négatif sur l'environnement tout en fournissant ou en renforçant un avantage concurrentiel. Développer et gérer les capacités innovantes et créatives élève la compétitivité d'abord des entreprises, puis des pays. Les entreprises mettant en œuvre une stratégie d'innovation sont plus susceptibles de tirer des avantages concurrentiels des pratiques environnementales.

Bibliographies

- Acciaro M. 2014, « A real option application to investment in low-sulphur maritime transport », *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, Vol. 6, n° 2, p.189-212, doi: 10.1504/IJSTL.2014.059570.
- Acciaro M., Wilmsmeier G., 2015, « Energy efficiency in maritime logistics chains », *Research in Transportation Business & Management Complete* n° 17, 1-7, doi: 10.1016/j.rtbm.2015.11.002.

- Adland R., Cariou P., Wolff F.-C., 2020, « Optimal ship speed and the cubic law revisited: Empirical evidence from an oil tanker fleet », *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* n° 140, doi: 10.1016/j.tre.2020.101972.
- Ambec S., Cohen M. A., Elgie S., P. Lanoie. 2013. The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy* vol 7, n° 1, p. 2-22, doi: 10.1093/reep/res016.
- Asariotis R., Benamara H., 2012, *Maritime Transport and the Climate Change Challenge*. Routledge.
- Balcombe, P., Brierley J., Lewis C., Skatvedt L., Speirs J., Hawkes A., Staffell I., 2019, « How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies ». *Energy Conversion and Management* n°182,p. 72-88, doi: 10.1016/j.enconman.2018.12.080.
- Becker A., Inoue S., Fischer M., Schwegler B., 2012, « Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators ». *Climatic Change* vol 110, n° 1,p. 5-29. doi: 10.1007/s10584-011-0043-7.
- Becker A., Ng A., McEvoy D., Mullett J., 2017, « Implications of climate change for shipping: Ports and supply chains ». *Marine Affairs Faculty Publications*, doi: 10.1002/wcc.508.
- Becker A. H., Acciaro M., Asariotis R., Cabrera E., Creteigny L., Crist P., Esteban M., Mather A., Messner S., Naruse S., Ng A. K. Y., Rahmstorf S., Savonis M., Song D.-W., Stenek V., Velegrakis A. F., 2013 « A note on climate change adaptation for seaports: a challenge for global ports, a challenge for global society ». *Climatic Change* vol. 120, n° 4, p. 683-695, doi: 10.1007/s10584-013-0843-z.
- Beltrán-Esteve M.,Picazo-Tadeo A. J., 2015, « Assessing environmental performance trends in the transport industry: Eco-innovation or catching-up? » *Energy Economics* n° 51, p. 570-580, doi: 10.1016/j.eneco.2015.08.018.
- Bouman E. A., Lindstad E., Rialland A. I., 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* n° 52, p. 408-421, doi: 10.1016/j.trd.2017.03.022.
- Buhaug Ø., Corbett, Endresen Ø., Eyring V., Faber J., Hanayama S., Lee D. S., Lee D., Lindstad H., Markowska A. Z., Mjelde A., Nelissen D., Nilsen J., Pålsson C., Winebrake J. J., Wu W.-Q., Yoshida K., 2009, « Second IMO GHG study 2009. Monograph. International Maritime Organization (IMO) ».
- Busch T., Hoffmann V. H., 2009, « Ecology-Driven Real Options: An Investment Framework for Incorporating Uncertainties in the Context of the Natural Environment ». *Journal of Business Ethics* vol. 90, n° 2, p. 295-310, doi: 10.1007/s10551-009-0043-y.

- Busse C., Marcus Wallenburg C., 2011, « Innovation management of logistics service providers: Foundations, review, and research agenda », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 41, n° 2, p. 187-218, doi: 10.1108/09600031111118558.
- Caniels M. C. J., Cleophas E., Semeijn J., 2016, « Implementing green supply chain practices: an empirical investigation in the shipbuilding industry », *Maritime Policy & Management*, vol. 43, n° 8, p.1005-1020, doi: 10.1080/03088839.2016.1182654.
- Cariou P., 2011, « Is slow steaming a sustainable means of reducing CO2 emissions from container shipping? » *Transportation Research Part D: Transport and Environment* vol 16, n° 3, p. 260-264, doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.12.005>.
- Carlan V., Sys C., Vanelslender T., Roumboutsos A., 2017a, « Digital innovation in the port sector: Barriers and facilitators ». *Competition and Regulation in Network Industries* vol. 18, n° (1-2), p. 71-93, doi: 10.1177/1783591717734793.
- Casadiego Fonseca V., 2019, « Environmental sustainability in the shipping industry: a source of competitive advantage? » *I4I*. University of South-Eastern Norway.
- Chapman R. L., Soosay C., Kandampully J., 2002, « Innovation in logistic services and the new business model: a conceptual framework ». *Managing Service Quality: An International Journal*, vol. 12, n° 6, p. 358-371. doi: 10.1108/09604520210451849.
- Cherrafi A., Garza-Reyes J. A., Kumar V., Mishra N., Ghobadian A., Elfezazi S., 2018, « Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance ». *International Journal of Production Economics*, n° 206, p. 79-92, doi: 10.1016/j.ijpe.2018.09.031.
- Chou T., Kosmas V., Acciaro M., Renken K., 2021, « A Comeback of Wind Power in Shipping: An Economic and Operational Review on the Wind-Assisted Ship Propulsion Technology ». *Sustainability*, vol. 13, n° 4. Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 1880. doi: 10.3390/su13041880.
- Christodoulou A., Christidis P., Demirel H., 2019, « Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts ». *Maritime Economics & Logistics* vol. 21, n° 4, p. 482-496. doi: 10.1057/s41278-018-0114-z.
- Christodoulou A., P. Christidis, Bisselink B., 2020, « Forecasting the impacts of climate change on inland waterways », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, n° 82, doi: 10.1016/j.trd.2019.10.012.
- Dereli D. D., 2015, « Innovation Management in Global Competition and Competitive Advantage », *Procedia - Social and Behavioral Sciences* n° 195. World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship: p. 1365-1370. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.323.
- Dey, P. K., Malesios C., De D., Chowdhury S., Abdelaziz F. B., 2020, « The Impact of Lean Management Practices and Sustainably Oriented Innovation on Sustainability

- Performance of Small and MediumSized Enterprises: Empirical Evidence from the UK », SSRN Scholarly Paper ID 3590643. Rochester, NY: Social Science Research Network. doi: 10.1111/1467-8551.12388.*
- Eide M. S., Longva T., Hoffmann P., Endresen Ø., Dalsøren S. B., 2011, « Future cost scenarios for reduction of ship CO2 emissions », *Maritime Policy & Management*, vol. 38, n° 1, p. 11-37, doi: 10.1080/03088839.2010.533711.
 - Eyring V., Isaksen I., Berntsen T., Collins W., Corbett J., Endresen O., Grainger R., Moldanova J., Schlager H., 2010a, « Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping », *Atmospheric Environment*, n° 44, p. 4735-4771. doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.04.059.
 - Farkas A., Degiuli N., Martić I., Vujanović M., 2021, « Greenhouse gas emissions reduction potential by using antifouling coatings in a maritime transport industry ». *Journal of Cleaner Production*, n° 295, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126428.
 - Fridell E. 2019. Chapter 2 - Emissions and Fuel Use in the Shipping Sector. In *Green Ports*, éd. Bergqvist R. Monios J., p. 19-33. Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-12-814054-3.00002-5.
 - Gilbert P., Walsh C., Traut M., Kesieme U., Pazouki K., Murphy A., 2018, « Assessment of full life-cycle air emissions of alternative shipping fuels ». *Journal of Cleaner Production*, n° 172, p. 855-866. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.165.
 - Guimarans D., Arias P., Tomasella M., Wu C.-L., 2019, « A review of sustainability in aviation: a multidimensional perspective ». *Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-Making Models and Solutions*. Elsevier: 91-121, doi: 10.1016/B978-0-12-814242-4.00004-1.
 - Halkos G., et A. Skouloudis. 2016, « Exploring the status and key determinants of corporate disclosure on climate change: Evidence from the Greek business sector. *Environmental Science & Policy*, n°56: 22-31. doi: 10.1016/j.envsci.2015.10.011.
 - Heilig L., Lalla-Ruiz E., Voß S., 2017, « Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework ». *Economic Research and Electronic Networking*, vol.18, n° 2, p. 227-254. doi: 10.1007/s11066-017-9122-x.
 - Hoffman A. J., 2008, « *Climate change: what's your business strategy?* » / Andrew J. Hoffman, John G. Woody. The Memo to the CEO Series. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
 - Hojnik, J., Ruzzier M., 2016, « The driving forces of process eco-innovation and its impact on performance: Insights from Slovenia », *Journal of Cleaner Production*, n° 133, p. 812-825. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.06.002.
 - Huisingh D., Zhang Z., J. C., Qiao Q., Li Q., 2015, « Recent advances in carbon emissions reduction: policies, technologies, monitoring, assessment and modeling », *Journal of Cleaner Production*, n° 103, p.1-12. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.04.098.

- Jordans, F, 2021, L'industrie maritime sentient les plans d'une taxe mondiale.
<https://www.lapresse.ca/affaires/2021-09-06/emissions-de-carbone/l-industrie-maritime-soutient-les-plans-d-une-taxe-mondiale.php>. Consulté le 13/10/2021
- Karim S, 2015, « Implementation of IMO Legal Instruments: International Technical and Financial Cooperation ». In *Prevention of Pollution of the Marine Environment from Vessels: The Potential and Limits of the International Maritime Organisation*, éd. M. S. Karim, p. 127-149. Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-10608-3_7.
- Karl T. R., Melillo J. M., Peterson T. C., 2009, « Global climate change impacts in the United States ». *Global climate change impacts in the United States*. Cambridge University Press.
- Lai K.-H., Lun V. Y. H., Wong C. W. Y., Cheng T. C. E., 2011, « Green shipping practices in the shipping industry: Conceptualization, adoption, and implications ». *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, n° 6, , p. 631-638, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.12.004.
- Lash J., Wellington F., 2007, « Competitive Advantage on a Warming Planet », *Harvard business review*, vol. 85, n° 94, p.-102 -143.
- Levering R., Ligthart R., Noorderhaven N., Oerlemans L., 2013, « Continuity and change in interorganizational project practices: The Dutch shipbuilding industry, 1950–2010 ». *International Journal of Project Management* vol. 31, n° 5,p. 735-747, doi: 10.1016/j.ijproman.2012.12.010.
- Lindstad E., Bø T. I., 2018, « Potential power setups, fuels and hull designs capable of satisfying future EEDI requirements ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, n° 63: 276-290, doi: 10.1016/j.trd.2018.06.001.
- Lindstad E., Eskeland G. S., Rialland A., Volland A., 2020, « Decarbonizing Maritime Transport: The Importance of Engine Technology and Regulations for LNG to Serve as a Transition Fuel ». *Sustainability*, vol. 12, n° 21, doi: 10.3390/su12218793.
- Lindstad H. E., Eskeland G. S., Rialland A., 2017, « Batteries in offshore support vessels – Pollution, climate impact and economics », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, n° 50,p. 409-417, doi: 10.1016/j.trd.2016.11.023.
- Lun Y. H. V., Lai K., Wong C. W. Y., Cheng T. C. E., 2016, « Adoption of Green Shipping Practices », In *Green Shipping Management*, éd. Y. H. V. Lun, K. Lai, C. W. Y. Wong, et T. C. E. Cheng, Shipping and Transport Logistics. Cham: Springer International Publishing, p. 17-29. doi: 10.1007/978-3-319-26482-0_2.
- Marsden G., Rye T., 2010, « The governance of transport and climate change. *Journal of Transport Geography*, vol. 18, n° 6. p. 669-678, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2009.09.014.
- Messner S., Moran L., Reub G., Campbell J., 2013, « Climate change and sea level rise impacts at Ports and a consistent methodology to evaluate vulnerability and risk », *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 169, doi: 10.2495/13CP0131.

- Miola A., Marra M., Ciuffo B., 2011, « Designing a climate change policy for the international maritime transport sector: Market-based measures and technological options for global and regional policy actions », *Energy Policy* vol. 39, n° 9, p. 5490-5498, doi: 10.1016/j.enpol.2011.05.013.
- Montabon F., Sroufe R., Narasimhan R., 2007, « An examination of corporate reporting, environmental management practices and firm performance », *Journal of Operations Management*, vol. 25, n° 5, p. 998-1014, doi: 10.1016/j.jom.2006.10.003.
- Nikolaou I., Evangelinos K., Leal Filho W., 2015, « A system dynamic approach for exploring the effects of climate change risks on firms' economic performance ». *Journal of Cleaner Production*, n° 103, p. 499-506, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.09.086.
- Okereke C. 2007. « An Exploration of Motivations, Drivers and Barriers to Carbon Management », *European Management Journal*, vol. 25, n° 6. 475-486, doi: 10.1016/j.emj.2007.08.002.
- Pastra A., Zachariadis P., Alifragkis A., 2021, « The Role of Slow Steaming in Shipping and Methods of CO2 Reduction ». In *Sustainability in the Maritime Domain: Towards Ocean Governance and Beyond*, éd. A. Carpenter, T. M. Johansson, J. A. Skinner, 337-352., doi: 10.1007/978-3-030-69325-1_17.
- Pielke R. A., Sarewitz D., 2005, « Bringing Society Back into the Climate Debate ». *Population and Environment*, vol. 26, n° 3, p. 255-268, doi: 10.1007/s11111-005-1877-6.
- Poulsen R. T., Sornn-Friese H., 2015, « Achieving energy efficient ship operations under third party management: How do ship management models influence energy efficiency? », *Research in Transportation Business & Management*, n° 17, p. 41-52, doi: 10.1016/j.rtbm.2015.10.001.
- Prussi M., Scarlat N., M., Kosmas V., 2021, « Potential and limiting factors in the use of alternative fuels in the European maritime sector ». *Journal of Cleaner Production*, n° 291, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.125849.
- Psaraftis H. N., Kontovas C. A., 2010, « Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation ». *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 15, n° 8 p. 458-462, doi: 10.1016/j.trd.2010.05.001.
- Psaraftis H. N., 2016, « Green Maritime Transportation: Market Based Measures ». In *Green Transportation Logistics: The Quest for Win-Win Solutions*, éd. H. N. Psaraftis, 267-297, doi: 10.1007/978-3-319-17175-3_8.
- Psaraftis H. N., 2019, « *Sustainable Shipping*. Springer Books. Springer.
- Rehmatulla N., Smith T., 2015, « Barriers to energy efficiency in shipping: A triangulated approach to investigate the principal agent problem ». *Energy Policy*, n°84, p. 44-57, doi: 10.1016/j.enpol.2015.04.019.
- Saether E. A., Eide A. E., Bjørgum Ø., 2021, Sustainability among Norwegian maritime firms: Green strategy and innovation as mediators of long-term orientation and emission

- reduction. *Business Strategy and the Environment*, vol. 30, n° 5p. 2382-2395, doi: 10.1002/bse.2752.
- Salo K., Zetterdahl M., Johnson H., Svensson E., Magnusson M., Gabriell C., Brynolf S., 2016, « Emissions to the Air ». In *Shipping and the Environment: Improving Environmental Performance in Marine Transportation*, éd. Andersson K., Brynolf S., Lindgren J. F., Wilewska-Bien M., p. 169-227, doi: 10.1007/978-3-662-49045-7_5.
 - Schøyen H., Bråthen S., 2015, « Measuring and improving operational energy efficiency in short sea container shipping ». *Research in Transportation Business & Management*, n° 17, p. 26-35, doi: 10.1016/j.rtbm.2015.10.004.
 - Schultz K., Williamson P., 2005, « Gaining Competitive Advantage in a Carbon-constrained World: Strategies for European Business ». *European Management Journal*, vol. 23, n° 4, p. 383-391, doi: 10.1016/j.emj.2005.06.010.
 - Shi Y., Gullett W., 2018, « International Regulation on Low-Carbon Shipping for Climate Change Mitigation: Development, Challenges, and Prospects », *Ocean Development & International Law*, vol. 49, n° 2, p. 134-156, doi: 10.1080/00908320.2018.1442178.
 - Stevens L., Sys C., Vanelslander T., van Hassel E., 2015, « Is new emission legislation stimulating the implementation of sustainable and energy-efficient maritime technologies? » *Research in Transportation Business & Management*, n° 17, p. 14-25, doi: 10.1016/j.rtbm.2015.10.003.
 - Sudhakara Reddy B., Assenza G. B., 2009, « The great climate debate ». *Energy Policy*, vol. 37, n° 8 p. 2997-3008, doi: 10.1016/j.enpol.2009.03.064.
 - Teece D. J., Pisano Shuen A., 1997, « Dynamic Capabilities and Strategic Management ». *Strategic Management Journal*, vol. 18, n° 7, p. 509-533,
 - Tidd J., J. Bessant, 2009, « *Managing Innovation: Integrating technological, market and organizational change* ». 4th Edition. Chichester, Royaume-Uni : John Wiley.
 - Tol R. S. J. 2009, « The Economic Effects of Climate Change. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 23, n° 2, p. 29-51, doi: 10.1257/jep.23.2.29.
 - Toscano D., Murena F., 2019, « Atmospheric ship emissions in ports: A review. Correlation with data of ship traffic », *Atmospheric Environment: X* 4: 100050, doi: 10.1016/j.aeaoa.2019.100050.
 - Verschuur J., Koks E. E., Hall J. W., 2020, « Port disruptions due to natural disasters: Insights into port and logistics resilience », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, n° 85, doi: 10.1016/j.trd.2020.102393.
 - Vierth I., Merkel A., 2020, « Internalization of external and infrastructure costs related to maritime transport in Sweden », *Research in Transportation Business & Management*: 100580. doi: 10.1016/j.rtbm.2020.100580.

- Wik C., Niemi S., 2016, « Low emission engine technologies for future tier 3 legislations - options and case studies », *Journal of Shipping and Trade*, vol. 1, n° 1, doi: 10.1186/s41072-016-0009-z.
- Wittneben B. B., Kiyar D., 2009, « Climate change basics for managers. Édité par Rocky Dwyer et David Lamond. *Management Decision*, vol. 47, n° 7. , p. 1122-1132, doi: 10.1108/00251740910978331.
- Xing, H., Spence S., Chen H., 2020, « A comprehensive review on countermeasures for CO2 emissions from ships », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n° 134,, doi: 10.1016/j.rser.2020.110222.
- Yang X., Li X., Ning B., Tang T., 2016, « A Survey on Energy-Efficient Train Operation for Urban Rail Transit », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, n° 1, p. 2-13, doi: 10.1109/TITS.2015.2447507.
- Zis T. P. V., Psaraftis H. N., 2021, « Impacts of short-term measures to decarbonize maritime transport on perishable cargoes », *Maritime Economics & Logistics*. doi: 10.1057/s41278-021-00194-7.