

## Appel à candidatures pour un contrat doctoral Nantes Université

### Sujet

**Dynamique de la demande de flux commerciaux dans les modèles gravitaires.  
Effets sur les stratégies de décarbonation des acteurs à travers un modèle de fret pour le  
dispatching optimisé des navires**

**Laboratoire d'accueil :** LEMNA

**École doctorale :** Sciences économiques

Directrice de thèse : Rodica Loisel, <https://www.univ-nantes.fr/rodica-loisel>

Co-encadrants de thèse : Corinne Bagoulla, Pierre Marty,  
<https://scholar.google.fr/citations?user=EZvE7MAAAAJ&hl=fr>

Financement : contrat doctoral pour une durée de 36 mois, financé par Nantes Université

**Date de démarrage :** le 1er octobre 2023

**Profil recherché :** diplômé d'un master en sciences économiques (économie de l'environnement, de l'énergie ou économie maritime), avec une très bonne maîtrise des méthodes quantitatives.

**Contact.** Les candidats et candidates intéressés sont invités à se manifester au plus vite en envoyant leur CV auprès de Corinne Bagoulla ([corinne.bagoulla@univ-nantes.fr](mailto:corinne.bagoulla@univ-nantes.fr)), Rodica Loisel ([rodica.loisel@univ-nantes.fr](mailto:rodica.loisel@univ-nantes.fr)) et Pierre Marty ([pierre.marty@ec-nantes.fr](mailto:pierre.marty@ec-nantes.fr)). Des échanges seront organisés au fil de l'eau. Le concours officiel organisé par l'Ecole Doctorale EDGE pour attribuer ce contrat doctoral aura lieu fin juin.

**Mots clés :** flux commerciaux, transport maritime, modèle gravitaire, réglementation environnementale, taxes carbone, marché de permis d'émission, coûts marginaux abattement des émissions des navires, stratégies des armateurs, équilibre partiel, modèle de fret, dispatching des navires, Europe, scénarios prospectifs.

**Résumé.** Ce projet doctoral développe des modèles de commerce international de la demande (modèle gravitaire), de l'offre (le pouvoir de marché dans la construction des fonctions de coûts logistiques) et d'optimisation des flux (modèle en équilibre partiel), à l'appui de l'évaluation des politiques climatiques (taxes carbone, marché de permis d'émission). Le cadre prospectif, à horizon 2050, est appliqué au commerce international européen en distinguant les marchés pertinents (lignes régulières versus flux de vrac) et les types de navire (par carburant – GNL, hydrogène, vélique hybride, biocarburant) afin d'explicitier les changements qui bouleverseront nos économies.

## **Contexte et description du sujet**

Face à l'urgence climatique, la décarbonation au niveau mondial et du secteur maritime en particulier se doit d'être extrêmement rapide. Afin d'évaluer les alternatives de la transition énergétique en termes d'efficacité et de rapidité, la modélisation des instruments réglementaires devient incontournable pour guider les politiques publiques. Il existe cependant une littérature importante évaluant les possibilités de décarbonation du secteur maritime, tant dans la recherche académique (Bouman et al., 2017) qu'institutionnelle (IRENA, 2021). Les approches, fort intéressantes et riches, se concentrent sur les impacts des politiques publiques de multiples points de vue, plus ou moins localisés ou agrégés, mais compte tenu de la longue chaîne logistique de valeur mondiale, elles négligent forcément un à plusieurs impacts chacune. Nous proposons une analyse de la décarbonation du transport maritime par les stratégies commerciales des armateurs de réduire leurs coûts d'investissement et d'exploitation en intégrant les politiques environnementales (taxes carbone ou marché de permis d'émission) dans le périmètre européen. La concentration verticale de ces opérateurs sur le marché sera suivie dans des scénarios de prospective de la demande dont la dynamique sera finement décrite par type de segment de marché. Enfin, un modèle de fret mettra en équilibre les offres et les demandes de marchandises par l'optimisation du dispatching des navires en minimisant le coût logistique annuel aux échéances clés 2030-2040-2050. La logique de décarbonation à moindre coût sera construite à l'aide des courbes des coûts marginaux d'abattement des émissions des navires.

## **Enjeux scientifiques**

Ce projet doctoral s'inscrit dans la littérature portant sur les solutions de décarbonation du transport maritime et vise à apporter des éléments de compréhension particulièrement utiles au travers l'étude de la demande et de ses impacts sur les stratégies de marché des armateurs. En effet, l'offre de transport capte l'intérêt des scientifiques en grande partie à travers l'étude de la flotte des navires et des carburants du futur, et développent moins la partie essentielle à l'équilibre telle la demande de transport, projetée aux échéances clés jusqu'en 2050 selon des dessins exogènes ou agrégés. Nous proposons de tester plusieurs instruments environnementaux réglementaires par type de marchés pertinents et d'affiner la définition des politiques climatiques en fonction de l'efficacité des instruments et de leur niveau de calibrage. Ainsi les segments de marché répondront à des logiques différentes de vitesse, de carburant, de routage et de pouvoir de marché des armateurs, selon qu'il s'agisse des lignes régulières, conteneurisées (produits manufacturés en particulier), ou du trafic en vrac liquide (pétrole, produits chimiques, liquides alimentaires) ou solide (céréales, minerais, charbon).

## **Enjeux pratiques**

Les enjeux de la transition énergétique seront traités selon deux aspects : 1) les bouleversements des produits énergétiques transportés compte tenu des points d'extraction, d'usage et de distribution, et le passage des économies vers les énergies renouvelables, de pair avec l'essor du trafic des produits manufacturés pour la construction de cette infrastructure propre (panneaux solaires, turbines éoliennes, transport d'hydrogène intercontinental, etc) ; 2) les changements sectoriels intra-maritime dus à l'usage des carburants verts comme une nécessité de trouver des nouveaux gisements face à la rareté des énergies fossiles et une exigence des ports et des nations de réduire les émissions de carbone, d'azote et de soufre. Ce projet retrace la feuille de route européenne pour les carburants verts à 2030-2050 pour le secteur du transport des marchandises et permet de comprendre comment la France se situe dans l'objectif européen « les navires zéro émissions à 2050 », ou encore à la maille régionale, comment le Grand Port de Nantes-Saint Nazaire anticipe sa stratégie énergétique et organisationnelle dans le bouquet des carburants alternatifs au fioul marin, tels le GNL, le vélisque, l'e-hydrogène, l'électrique, etc.

**Méthodologie.** Le projet propose d'aborder les deux volets du transport maritime, l'offre et la demande.

1) L'effet de la dynamique de la demande de flux commerciaux sur le transport maritime sera analysé en effectuant au préalable la segmentation du marché par classe de marchandise. La construction d'un modèle gravitaire (Bagoulla et Péridy, 2011) permettra de décrire l'élasticité de la demande aux évolutions des paramètres clés des flux commerciaux (poids économiques, distance entre pays) et rajoutera la réglementation environnementale par blocs de pays, afin d'étudier l'impact de la politique environnementale au sein du bloc européen ou de l'agrégat composé de l'Europe et les autres pays.

2) La segmentation du marché du côté de l'offre de transport maritime permettra de décrire les pouvoirs de marché exercés sur les flux commerciaux, les routes et le type de navires. Leur fonction de production sera définie à travers les coûts opérationnels et les coûts d'abattement des émissions de carbone en fonction de la vitesse du navire, le type de carburant, le prix du fioul, l'efficacité énergétique, le volume transporté et le pouvoir de marché (Wang et al., 2015). Le caractère oligopolistique sera mis en évidence via la structuration du marché et le nombre de navires, car toute entente entre opérateurs réduit le nombre de navires, augmente le coût du fret et réduit les volumes échangés. Les politiques climatiques seront analysées à l'aide de plusieurs instruments de régulation du marché (Cariou et al., 2022 ; Loisel, 2009, 2010) : les taxes carbone (mondiale, régionale, locale), le marché d'échange de permis d'émission de carbone (intra-sectoriel, réservé au secteur maritime, ou ouvert aux autres secteurs) et les normes (nationales et internationales).

La jonction entre l'offre et la demande sera faite à travers un modèle de fret pour un dispatching optimal des navires (Merket et al., 2022 ; Loisel et al., 2022), basé sur le principe de minimisation du coût opérationnel ou logistique annuel, à demande constante sur toute l'année (e.g. toute diminution du coût du transport ne peut pas générer une demande supplémentaire). Ainsi les projections de la demande effectuées aux étapes antérieures seront clés pour la robustesse de l'analyse du trafic maritime optimisé à ce niveau. Les opérateurs choisissent le navire qui minimise le coût logistique, composé du coût du transport, du coût des marchandises lors du transit, du coût du stockage, etc. Le coût du transport est lui-même fonction de la distance, du temps de transport et de charge/décharge dans les ports et terminaux (Marty, 2012).

Les trajectoires données par les modèles technologiques de développement des carburants seront suivies en termes d'investissement dans les navires par segment de marché. Elles seront intégrées dans le modèle de fret pour le calcul des coûts logistiques, des équilibres physiques et des coûts d'opportunité des alternatives économiques (routage, taux de remplissage, efficacité) par classe de marchandise et par type d'armateur.

### **Calendrier envisagé**

**La première année** sera consacrée, après l'état de l'art et la structuration des flux commerciaux, à la construction du modèle gravitaire et à la segmentation des marchés mondiaux des flux de marchandises. L'approche théorique évoluera avec le calibrage selon des bases de données physiques à l'appui d'une scénarisation de l'évolution de la demande de transport maritime en Europe, avec le développement de nouveaux secteurs (filrière hydrogène, substitution inter-carburant etc) et de la diffusion des technologies nouvelles (impression 3D).

**La deuxième année** analysera la structure de l'offre de transport maritime selon les segments de marché et construira les fonctions de coût en intégrant les coûts marginaux d'abattement des émissions de carbone. L'évaluation des politiques publiques se fera par type d'instrument (taxes, marché d'échange de permis).

**La troisième année** permettra d'assembler les deux dimensions des marchés pertinents dans un modèle en équilibre partiel, à travers le dispatching des navires par type de combustible et de segment de marché, dans un langage ouvert (type python). Les résultats des modèles seront communiqués auprès des acteurs clés de l'éco-système maritime local et des autorités portuaires dans le cadre de leurs stratégies d'investissement à l'appui de la partie du projet dédiée aux stratégies des acteurs.

Les livrables attendus au terme de la rédaction de cette thèse sont la publication d'articles scientifiques dans le domaine de l'économie maritime et de l'économie de l'énergie, et des communications en colloque nationaux et internationaux thématiques, ainsi que des actes de vulgarisation des résultats.

### **Bibliographie sélective**

Bouman E.A., E. Lindstad, A.I. Rialland, A.H. Strømman, 2017. State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review. *Transp. Res. Part Transp. Environ.* 52:408–421.

Cariou P., R.A. Halim, B.J. Rickard. 2022. Ship-owner Response to Carbon Taxes: Industry and Environmental Implications. AEP WP NO. 2022-05.

IRENA, International Renewable Energy Agency, 2021. [A Pathway to Decarbonise the Shipping Sector by 2050](#), Abu Dhabi.

Merkel A., M. Johansson, S. Lindgren, I. Vierth. 2022. How (in)elastic is the demand for short-sea shipping? A review of elasticities and application of different models to Swedish freight flows, *Transport Reviews*, 42:4, 551-571, DOI:10.1080/01441647.2021.2010834.

Wang K., X. Fu, M. Luo, 2015. Modeling the impacts of alternative emission trading schemes on international shipping. *Transportation Research Part A* 77:35–49.

### **Références sélectives des encadrants**

**Bagoulla C.**, P. Guillotreau. 2020. Maritime transport in the French economy and its impact on air pollution: An input-output analysis. *Marine Policy* 116:103818.

**Loisel R.**, L. Lemiale. 2023. Scaling-up hydrogen from residual power loads in France. Learning rates versus Economies of scale Strategies. *Journal of Energy Markets* 15(4):1-23.

**Marty P.**, J.-F. Hétet, D. Chalet, P. Corrigan. 2016. Exergy analysis of complex ship energy systems. *Entropy* 18(4):127.

**Bagoulla C.**, N. Péridy. 2011. Market access and the other determinants of North–South manufacturing location choice: An application to the Euro-Mediterranean area. *Economic Systems* 35:537–561.

**Loisel R.**, L. Lemiale, S. Mima, A. Bidaud. 2022. Strategies for short-term intermittency in long-term scenarios in the French power system. *Energy Policy* 169: 113182.

Thiaucourt J., **P. Marty**, J.-F. Hétet, P. Robert, E. Delaire. 2019. A zonal non-equilibrium approach to model temperature gradients during ventless bottom filling of pressurized cryotanks for natural gas-powered ships. *Energy* 188:116033. doi: 10.1016/j.energy.2019.116033.

**Bagoulla C.**, E. Chevassus-Lozza, K. Daniel, C. Gagné, 2010. Regional Production Adjustment to Import Competition: Evidence from the French Agro-Industry. *American Journal of Agricultural Economics* 92(4):1040-1050.

**Loisel R.**, Simon C., 2021. Market strategies for large-scale energy storage: vertical integration versus stand-alone player. *Energy Policy* 151: 112169.

Thiaucourt J., **P. Marty**, J.-F. Hétet. 2020. Impact of natural gas quality on engine performances during a voyage using a thermodynamic fuel system model. *Energy* 197:117250.

**Loisel R.**, C. Simon, M. Woznicki, M. Guérineau, L. Baranger, E. Schaeffer, L. Lemiale, G. Le Solliec. 2019. Green hydrogen multi-market optimisation: real complementarities or temporary transaction costs? IEEE 2019. [10.1109/OSES.2019.8867078](#)

**Bagoulla C.** 2019. Transport maritime et changements climatiques. Mise en perspective en économie. *Lamy Le Droit Maritime Français DMF* 815.

**Loisel R.**, Lemiale L. 2018, Comparative energy scenarios: solving the capacity sizing problem on the French Atlantic Island of Yeu, *Renewable & Sust. Energy Reviews* 88:54-67.

**Marty P.**, P. Corrigan, A. Gondet, R. Chenouard, J.-F. Hétet. 2012. Modelling of energy flows and fuel consumption on board ships: application to a large modern cruise vessel and comparison with sea monitoring data. *Proceedings of the 11th International Marine Design Conference, Glasgow, UK, 2012.*

**Loisel R.**, Baranger L, Chemouri N, Pardo S. 2015. Economic evaluation of hybrid off-shore wind power and hydrogen storage system, *Int. J. of Hydrogen Energy* 40(21):6727-39.

Karaky H., **P. Marty**, X. Tauzia, A. Maiboom, G. Mauviot. 2020. Semi-physical NOx and soot model for CI engines: Study of its calibration procedure and portability. Proc. Inst. Mech. Eng. Part J. Automob. Eng., vol. 234, no 14, p. 3414-3428. doi: 10.1177/0954407020931686.

**Loisel R**, Pasaoglu G, Thiel C. 2014. Large-scale deployment of Electrical Vehicles in Germany by 2030. An analysis of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid concepts, Energy Policy 65: 432-443.

Guegan A., B. Rafine, L. Descombes, H. Fadiaw, **P. Marty**, P. Corrignan, A systems engineering approach to ship design, in Proceedings of the 8th Complex Systems Design & Management (CSD&M) conference, Paris, France, 2017.

**Loisel R**, 2012. Power system flexibility with electricity storage technologies: a technical-economic assessment of Compressed Air Energy Storage, Int. Journal of Electrical Power & Energy Systems 42: 542-552. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.04.058>

**Loisel R**, 2010. Quotas allocation rules in Romania assessed by a dynamic CGE model. Climate Policy 10(1): 87-102. <http://dx.doi.org/10.3763/cpol.2008.0557>.

**Loisel R**, 2009, Environmental climate instruments in Romania: A comparative approach by dynamic CGE modelling, Energy Policy 37(6): 2190-2204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.001>