

# L'INTELLIGENCE PORTUAIRE

Opération Innovation Projection  
Sous la direction de Yann Alix, Pierre Cariou et Jacques Paquin



*Stéphane Patu*

*Stéphane Patu*

Donateurs de la fondation SEFACIL :



Avec le soutien exceptionnel de :



« Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. »

© Editions EMS, 2024

Nous rappelons qu'il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement sur quelque support que ce soit le présent ouvrage sans autorisation de l'auteur, son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris (Code de la propriété intellectuelle, articles L. 122-4, L. 122-5 et L. 335-2).

ISBN : 978-2-37687-966-4



# L'INTELLIGENCE PORTUAIRE

## OPÉRATION - INNOVATION - PROJECTION

*Sous la direction de :*  
*Yann ALIX*  
*Pierre CARIOU*  
*& Jacques PAQUIN*



136 bd du Maréchal-Leclerc - 14000 Caen



# Sommaire

Préface : Theo Notteboom .....	09
<i>L'intelligence portuaire et les ports intelligents</i>	
Chapitre éditorial : Yann Alix - Fondation SEFACIL .....	13
<i>Prolégomènes à l'intelligence portuaire</i>	
Grand témoin : Stéphane Raison - HAROPA PORT .....	25
<i>HAROPA PORT : la construction du corridor intelligent de demain</i>	

## PARTIE 1 : Opération

Chapitre 1 .....	47
<i>L'AIIS comme outil d'intelligence scientifique, économique et stratégique</i> <i>Ronan Kerbiriou e³ Arnaud Serry</i>	
Chapitre 2 .....	63
<i>Nouveaux concepts logistiques et problématiques technologiques en Arctique : questionnements sur les opérations portuaires</i> <i>Roberto Rivas-Hermann</i>	
Capsule professionnelle 1 .....	89
<i>Pour une gouvernance innovante au service des énergies vertes et durables</i> <i>Yann Wickers e³ Didier Codorniou - PORT-LA-NOUVELLE</i>	
Capsule professionnelle 2 .....	101
<i>Solutions de transport intelligentes et écologiques pour une gestion « douce » des pré et post-acheminements : approche collective et collaborative en bord de Seine</i> <i>Emma Recco e³ Emilie Carpelis - IKEA</i>	

<b>Capsule professionnelle 3</b> .....	113
Avantages ESG et climatiques d'une gestion améliorée des données dans les ports <i>Norda Stelo – Matthew McCulloch</i>	
<b>Capsule professionnelle 4</b> .....	131
La conduite du changement en milieu portuaire : retours d'expériences africaines pour une transformation des opérations, des pratiques et des mentalités <i>Ortelius Conseil – Cédric Etienne e³ Maud Chasseriau</i>	

## **PARTIE 2 : Innovation**

<b>Chapitre 3</b> .....	147
Les (éco) systèmes d'innovation dans les ports : une analyse comparative des ports de Rotterdam et de Valence <i>Peter de Langen, Jonas Mendes Constante e³ Salvador Furió Pruñonosa</i>	
<b>Chapitre 4</b> .....	171
Une typologie de l'innovation de service : Cartographie des innovations liées au port <i>Thierry Vaneslander, Christa Sys, Jasmine Siu Lee Lam, Claudio Ferrari, Athena Roumboutzos, Michele Acciario, Rosário Macário e³ Genevieve Giuliano</i>	
<b>Capsule professionnelle 5</b> .....	197
Comment l'association MEDPORTS peut co-construire de nouvelles intelligences régionalisées ? Le cas des deux rives continentales de la mer Méditerranée <i>Medports Association – Pino Musolino</i>	
<b>Capsule professionnelle 6</b> .....	207
Des calculateurs d'émissions aux réglementations et politiques tarifaires : décider par et pour l'intelligence portuaire <i>Strategic CO<sub>2</sub> Tracker – Jean-Pierre Lamblin</i>	
<b>Capsule professionnelle 7</b> .....	231
L'ANPMT : Comment faire Intelligence Collective au profit de l'écosystème portuaire français ? <i>ANPMT – Alain Bazille e³ Marie-Marthe Fauvel</i>	
<b>Capsule professionnelle 8</b> .....	253
L'intelligence artificielle et la blockchain au service de la décarbonation du transport <i>Robin Poté, Baptiste Olivier - CIRCOE e³ Mabnam Saeednia - DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY</i>	

## PARTIE 3 : Projection

Chapitre 5.....	265
Environnement et santé dans les villes portuaires : quelles données pour une analyse comparative au niveau mondial ? <i>César Ducruet, Mariantonia Lo Prete, Mama Astou Sene e³ Barbara Polo-Martin</i>	
Chapitre 6.....	287
Les ports face au défi hydrogène-ammoniac : 8 défis et facteurs clés d'intelligence stratégique à surveiller, maîtriser et anticiper <i>Mikaa Blugeon-Mered</i>	
Capsule professionnelle 9.....	311
Les Académies du Partenariats-Publics-Privés pour une intelligence collective et partagée au service du développement des pays en émergence. Vision projetée ouest-africaine <i>Laurent Thorrance, Alain H. Rasolofondraibe, Harison Rakotonirainy AXELCIUM e³ Yann Alix - Fondation SEFACIL</i>	
Capsule professionnelle 10.....	329
Bataille d'intelligence : les réseaux internationalisés de cybercriminalité vs les coordinations stratégiques des communautés portuaires <i>Colonel Florian Manet - Gendarmerie Nationale Française</i>	
Capsule professionnelle 11.....	347
Les dirigeables du XXI <sup>e</sup> siècle : produire une intelligence collective sur une disruption majeure <i>Flying Whales – Florian Lannou e³ Antonio Sebastiano Fois</i>	
Capsule professionnelle 12.....	367
La Civilisation Indigo : une vision des ports au XXII <sup>e</sup> siècle <i>La Civilisation Indigo – Frédéric Pons, Rutger de Graaf e³ César Ducruet</i>	
Contributrices, contributeurs.....	379
Table des matières.....	399



# Préface

## L'intelligence portuaire et les ports intelligents

*Theo NOTTEBOOM*

*Professeur*

Université d'Anvers, Université de Gand  
et Antwerp Maritime Academy

Anvers - Gand  
Belgique

C'est un véritable honneur de formuler quelques réflexions d'introduction sur cet excellent ouvrage consacré à l'intelligence portuaire. Les coordinateurs de cet ouvrage ont réussi à rassembler un ensemble diversifié et riche de 19 contributions impliquant 45 auteurs de 12 pays. Les chapitres ont été regroupés en trois thèmes distincts : opération, innovation et projection, qui reflètent tous des aspects importants de l'intelligence portuaire.

Les ports maritimes sont des plateformes importantes dans les chaînes d'approvisionnement mondiales qui subissent des changements structurels et des transitions majeures dans les domaines de la durabilité, de la transition énergétique et de la géoéconomie. L'intelligence portuaire joue un rôle toujours plus important dans la gestion de ces transitions. Cela se joue principalement dans le domaine :

1. de l'optimisation opérationnelle ;
2. de la gestion des performances ;
3. de la prise de décision commerciale ;
4. de l'intégrité de la chaîne et le renforcement de la résilience ;
5. de la durabilité. À mon avis, l'augmentation de l'intelligence portuaire ne peut être dissociée de la transition vers un port intelligent ou le *smart port*.

En mettant l'accent sur l'excellence opérationnelle, une forte dynamique d'innovation et de puissantes capacités de projection, les ports maritimes peuvent viser l'efficacité, la durabilité et la résilience dans de nombreux domaines. Les ports intelligents peuvent s'intégrer de manière plus transparente dans les chaînes d'approvisionnement mondiales. À ce titre, l'intelligence portuaire permet de rationaliser et d'automatiser divers processus portuaires, tels que la manutention des conteneurs, le dédouanement, la documentation et la gestion des stocks. Cela conduit à des délais d'exécution plus rapides pour les navires, à une réduction des temps d'attente et à une amélioration globale de l'efficacité portuaire.

Les ports intelligents fournissent des informations en temps réel sur les mouvements de marchandises, permettant aux autorités portuaires, aux compagnies maritimes et à d'autres parties prenantes de suivre les marchandises avec plus de précision. Cette transparence contribue à réduire les embouteillages et les retards et améliore la sécurité. L'analyse des mégadonnées et l'IA peuvent être utilisées pour analyser les données historiques et en temps réel, aidant ainsi les ports à prédire la demande, à optimiser l'allocation des ressources et à prendre des décisions fondées sur les données pour améliorer les opérations. La numérisation peut également aider les ports à réduire leur impact environnemental. Par exemple, l'optimisation des itinéraires des navires peut réduire la consommation de

carburant et les émissions. En outre, l'utilisation de systèmes numériques pour gérer les ressources énergétiques peut conduire à une utilisation plus efficace de l'énergie et à une réduction des émissions.

L'intelligence portuaire peut améliorer la sécurité portuaire en fournissant de meilleures capacités de surveillance et de suivi. Ils peuvent également faciliter les processus douaniers grâce à des déclarations automatisées et des évaluations des risques. L'intelligence portuaire peut améliorer le service client en proposant des plateformes en ligne pour la réservation, le suivi et la gestion des expéditions, permettant ainsi aux clients d'interagir plus facilement avec le port.

L'intelligence portuaire pose de nombreux défis dans le domaine de la technologie et de la gouvernance.

Premièrement, les ports maritimes impliquent un écosystème complexe de diverses technologies telles que l'IoT (Internet des objets), les capteurs, la RFID (identification par radiofréquence) et l'IA (intelligence artificielle). L'intégration transparente de ces technologies pour qu'elles fonctionnent ensemble constitue un défi de taille. Les ports intelligents généreront de grandes quantités de données, et il est crucial d'assurer la sécurité et la confidentialité de ces données. La protection contre les cybermenaces et les accès non autorisés constitue un défi permanent.

Deuxièmement, de nombreux ports maritimes disposent d'infrastructures existantes qui peuvent être obsolètes et incompatibles avec les systèmes intelligents modernes. Moderniser ou rénover ces installations sans perturber les opérations constitue un défi majeur. La mise en œuvre de solutions intelligentes nécessite un investissement initial important. Convaincre les parties prenantes, notamment les autorités portuaires, les entreprises de logistique et les organismes gouvernementaux, d'allouer des fonds à ces améliorations peut s'avérer difficile. Veiller à ce que les systèmes intelligents soient conformes aux réglementations locales, régionales et internationales, notamment celles liées à la sûreté et à la sécurité, est une tâche complexe.

Troisièmement, une collaboration plus horizontale entre les acteurs de la logistique sera nécessaire pour répondre au besoin de chaînes d'approvisionnement plus courtes, plus durables et plus rentables. Cela entraînera ses propres complexités, principalement lorsqu'il s'agira de confiance mutuelle concernant les protocoles de partage de données. Du point de vue du transport vers l'arrière-pays, une réingénierie massive des chaînes d'approvisionnement en faveur du transport multimodal est nécessaire en raison du contexte politique et législatif ainsi que de la pression des clients et de la société. Les chaînes d'approvisionnement liées aux ports devront être soutenues par des systèmes d'information toujours

plus performants. La présence de plateformes de collaboration permettra à certains prestataires de développer de nouveaux types de services logistiques. Les chaînes d'approvisionnement mondiales devront évoluer vers un système logistique mondial ouvert fondé sur l'interconnectivité physique, numérique et opérationnelle, grâce à l'encapsulation, aux interfaces et à la conception de protocoles, visant à déplacer, stocker, réaliser, fournir et utiliser des objets physiques à travers le monde d'une manière qui est économiquement, écologiquement et socialement efficace et durable. Les ports ont un rôle à jouer dans ce processus. Les différents systèmes de transport et plateformes de données dans et hors des zones portuaires devront s'intégrer horizontalement et verticalement afin de devenir une infrastructure ouverte pour le secteur logistique mondial. La standardisation maximale sera le lubrifiant de l'infrastructure ouverte.

Quatrièmement, la résilience devient un élément crucial pour faire face aux perturbations de plus en plus actuelles de la chaîne d'approvisionnement dues à l'instabilité politique locale, aux catastrophes naturelles, aux actes de terrorisme et aux cyberattaques, aux pandémies, etc. Les chaînes d'approvisionnement devront être renforcées. Là encore, le développement de modèles basés sur les données permettra de repenser les chaînes d'approvisionnement. Les chaînes d'approvisionnement seront conçues pour être résilientes. Cela se traduira par une visibilité accrue et un partage de données entre les parties prenantes de la chaîne d'approvisionnement.

Enfin, l'adoption de technologies intelligentes dans les ports repose en grande partie sur des personnes qui doivent avoir la mentalité et les compétences nécessaires pour mettre en œuvre de nouvelles technologies, gérer et entretenir ces systèmes et améliorer l'orientation numérique globale et les compétences des entreprises et des organisations. Relever les défis ci-dessus nécessite une collaboration entre les fournisseurs de technologies, les agences gouvernementales, les autorités portuaires et d'autres parties prenantes. L'élaboration de stratégies, de normes et de lignes directrices globales peut aider à surmonter ces obstacles et ouvrir la voie à la mise en œuvre réussie de ports intelligents. Avec l'arrivée d'une nouvelle génération de natifs du numérique sur le marché du travail, je suis convaincu que nous serons en mesure de trouver un équilibre entre l'humanité et la technologie pour garantir un avenir efficace, résilient et durable à nos ports.

# Chapitre éditorial

## Prolégomènes à l'intelligence portuaire

*Yann ALIX*

*Délégué Général*  
FONDATION SEFACIL  
Le Havre – Paris  
France

*∞*

*Senior Manager*  
Abington Advisory Ad Astra  
Paris  
France

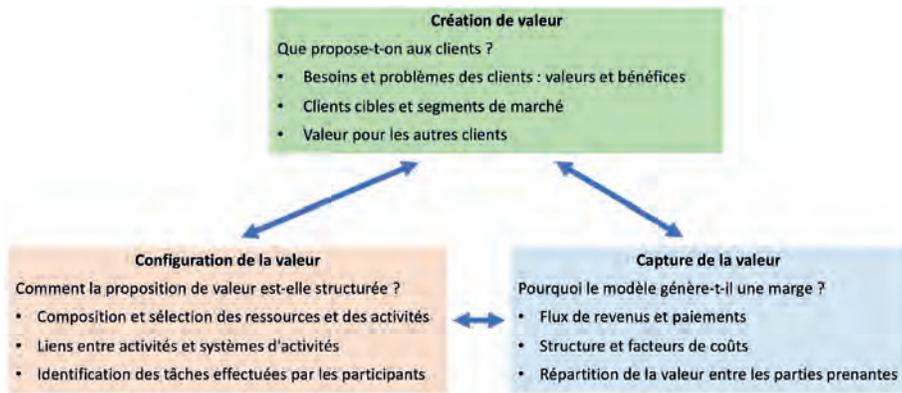
# L'intelligence collective au cœur des Océanides

La huitième livraison de la collection *Les Océanides* a commencé « à l'envers ! » Pour la première fois (et peut-être la dernière), cet ouvrage ambitieux a reçu sa couverture avant même que soit consolidée sa table des matières. Tout résulte d'une rencontre avec l'artiste français Stéphane PADU qui aboutit, quelques passionnantes tribulations intellectuelles et esthétiques plus tard, à la production d'une œuvre qui ose placer le titre de l'ouvrage « *de travers* ». Le terminal à conteneurs et son navire à quai illuminent une couverture singulière qui annonce un ensemble de contributions qui trouve leur cohérence dans l'ambition collective de produire des contenus intelligents au service de l'opération, l'innovation et la projection portuaire.

Nous sommes encore en 2021 quand le professeur Pierre Cariou, économiste-maritimiste de renommée internationale, accepte de débattre avec votre serviteur sur la notion d'intelligence portuaire. Nous demeurons dans une incertitude pandémique totale où les maitres-mots *Résilience*, *Agilité*, *Robustesse*, *Versatilité* occupent les débats alors que les taux de fret s'envolent, les interfaces portuaires saturent, les matériels manquent et les tensions s'avivent entre les parties prenantes des chaînes de valeur internationales. Les spécialistes anglo-saxons ont recours à l'acronyme VUCA (*Volatility – Uncertainty – Complexity – Ambiguity*) alors que la Fondation SEFACIL lui préfère le vocable français de Permacrise pour caractériser des confluences maritimes, portuaires et logistiques encore jamais rencontrées. Le caractère résolument imprédictible du « *monde d'après* » interroge notre aptitude collective à produire de la prospective et de la stratégie. Si l'incertitude devient la norme, ce sont les rapports classiques entre l'offre et la demande qui sont remis en cause sur l'autel de spéculations qui perturbent l'enchaînement presque naturel des cycles macro-économiques.

La structuration des chaînes de valeur est remise en cause dans le bruit des annonces politiques sur les impérieuses relocalisations industrielles et manufacturières. La gestion des organisations questionne l'hybridation des futurs modèles d'affaires avec en perspective les potentiels de la décarbonation et de la digitalisation. Les pratiques de consommation remettent en cause les modèles de production-distribution au moment même où le E-commerce exacerbe l'évidente incompatibilité entre rationalisme économique et pragmatisme écologique. Les tensions sur les marchés énergétiques avivent la sensibilité de la souveraineté maritime et politique dans un souci de maîtrise des réseaux globaux d'approvisionnement et d'écoulement. Le rôle même de l'autorité portuaire dans une gouvernance de la valeur globale produite devient une problématique (Figure 1).

**Figure 1 : La définition de la valeur au cœur de l'intelligence portuaire**



Source : Pierre Cariou, 2023 d'après Theo Notteboom (2020).

Face à ces situations paroxystiques qui perdurent un peu partout dans le monde d'aujourd'hui, l'objectif du tome VIII réside dans son aptitude à valoriser des idées novatrices pour que les modes de pensées et d'actions ne soient pas seulement le produit des acquis du présent et des expériences du passé. Le présent TOME VIII n'a aucune autre prétention que d'assembler des contributions d'horizons géographiques différents pour interroger en 2024 les pratiques de développement du monde de demain.

Quand l'intelligence est venue comme une évidence, encore fallait-il définir, ou tout du moins, cadrer, ce que nous souhaitions collectivement agréger pour illustrer cette qualité indispensable au fonctionnement de l'écosystème portuaire. Le premier pari part d'un contre-pied : l'intelligence semble toujours devenir plus artificielle et technologique. Le recours aux drones pour la maintenance et la gestion en temps réel est une réalité opérationnelle dans bon nombre de ports. Les capacités du Big Data et du Data Mining qui réclament des compétences techniques toujours plus avancées deviennent incontournables, notamment dans moult capitaineries portuaires. La révolution de l'intelligence artificielle trouve des applications quasi infinies dans la complexité portuaire. Le machine learning et les capacités formidables de simulation et de correction ne cessent de gagner du terrain pour accompagner les prises de décision. La liste pourrait être longue encore sans s'éloigner de toutes les formes possibles que les intelligences cognitives, mathématiques, technologiques ou encore computationnelles apportent au fonctionnement portuaire contemporain.

Au contraire d'opposer toutes ces formes d'intelligence portées par la puissance de la machine, il a été préféré la compilation de cas d'études et de travaux de recherche qui visent à comprendre comment le gestionnaire, l'opérateur, le décideur, l'investisseur, etc. utilise dorénavant ces intelligences

pour rendre leur propre contribution plus efficace dans le fonctionnement de l'écosystème. Puis, un second temps a révélé qu'outre ces avancées qui semblent perpétuelles et inéluctables se cache la sempiternelle problématique du « travailler ensemble de manière intelligente ». Ou, dit autrement, comment générer des intelligences collectives par des pratiques collaboratives qui visent *in fine* à aboutir à des compromis porteurs de sens commun. Dans quasiment toutes les capsules professionnelles, il ressort cette dimension éminemment humaine et cette indispensable alchimie d'envergure communautaire qui se pose comme condition *sine qua none* du fonctionnement efficace d'un port.

Les communautés portuaires reconnues comme les plus « intelligentes » se caractérisent par leur capacité à se fédérer autour d'une vision stratégique commune, souvent co-construite par des travaux collectifs et collaboratifs. Cette unité résulte de démarches transversales inscrites souvent dans le temps long. Elle découle d'actions continues qui rassemblent le plus de parties prenantes que possible. Elle se consolide par la confiance, l'appétence et la motivation à travailler ensemble pour le bien commun, dans le souci ultime de faire converger des intérêts pas nécessairement toujours alignés. La gestion intelligente d'une communauté repose sur la légitimité d'une autorité régaliennne, en responsabilité de faire confluer le maximum de ses clients et ses partenaires, tout en tenant compte des expressions plurielles des riverains, des donneurs d'ordre ou encore des garants des réglementations, qu'elles soient locales ou globales.

Singapour, Rotterdam ou plus modestement Trois-Rivières constituent des « communautés portuaires exemplaires » où la recherche perpétuelle du développement d'une intelligence collective génère une image positive et avant-gardiste. HAROPA PORT s'inscrit dans cette ambition collaborative avec le défi d'unir et d'unifier une communauté qui se distribue tout le long du premier corridor logistique de France.

Ce huitième tome revendique une forme originale de syncrétisme où l'intelligence portuaire reste le fruit d'une envie partagée et co-construite par les femmes et les hommes qui composent les écosystèmes portuaires. Cette envie communautaire se façonne au gré des débats et des discordances mais aussi et surtout face aux exigences de performances, qu'elles soient économique et financière, écologique et environnementale, sociétale ou même esthétique et artistique. La plasticité de ces intelligences portuaires demeure probablement infinie. Ce recueil de 6 chapitres et 12 capsules professionnelles se fait l'écho de milliers de cas d'usage et assurément de dizaines de milliers de projets ou encore de centaines de milliers de « bonnes intelligences » vécues et expérimentées dans tous les ports du monde. A l'opposé d'une ambition holistique ou exhaustive, ce recueil invite plus à se poser des questions qu'à apporter des réponses universelles sur les

recettes d'une miraculeuse intelligence portuaire. D'où un titre sous forme d'invitation car « *L'intelligence portuaire* » laisse tellement plus de place à la créativité que « *Les intelligences portuaires* » qui n'enchâsseraient qu'un recensement prétentieux de ce qui se ferait de mieux à un instant T déjà dépassé au moment d'écrire ces lignes et de publier le présent manuscrit.

Dans cette perspective, **Pierre CARIOU** a tout de suite accepté de porter la co-direction de l'ouvrage, s'assurant de mobiliser parmi les esprits académiques les plus brillants pour accompagner le questionnement scientifique de l'intelligence portuaire. En puisant notamment dans le vivier d'expertises de l'association PORT ECONOMICS qu'il a lui-même fondée il y a 15 ans, Pierre nourrit la réflexion sur ce que recouvrent *in fine* l'intelligence portuaire et surtout ses applications concrètes au sein des écosystèmes les plus avant-gardistes. **Jacques PAQUIN** devient un troisième co-directeur singulier qui endosse le rôle de « mentor » dans sa condition de Vice-président de l'Autorité Portuaire de Trois-Rivières (APTR). Cet ouvrage se nourrit des expertises et remarques partagées au cours d'entretiens qui reprennent des cas d'usage pour illustrer comment et combien l'intelligence demeure une affaire de confiance mutuelle entre toutes les parties prenantes d'une communauté portuaire élargie.

Qu'ils soient l'un et l'autre remerciés par le Délégué Général que je suis, qui peut s'enorgueillir de collaborer depuis un quart de siècle avec chacun de vous deux, en bonne et amicale intelligence !

## *Le Tome VIII comme un projecteur de résiliences portuaires*

Depuis ses premières productions, la Fondation SEFACIL défend l'idée de diffuser une culture de recherche appliquée en langue française en offrant une totale gratuité de ses supports papier et électronique. Ce tome VIII va plus loin en traduisant certaines contributions originales afin de constituer un recueil 100% en français qui rassemble 45 contributeurs de 12 pays. Le *modus operandi* de la collection *Les Océanides* suit toujours la même cohérence éditoriale qui consiste à inviter des professionnels-praticiens et des enseignants-chercheurs sur un même sujet. Les contributions académiques et professionnelles découlent cependant de deux processus distincts :

- D'une part, les chapitres académiques invitent les enseignants-chercheurs à partager des travaux et résultats qui soient en phase avec le sujet général de l'ouvrage. En l'occurrence, 19 enseignants-chercheurs se sont prêtés au jeu dans 6 chapitres académiques qui

ouvrent les 3 sous-parties de l'ouvrage. La liberté intellectuelle et académique des contributions sous forme de chapitres est totalement garantie ; et,

- D'autre part, les capsules professionnelles découlent d'un cheminement qui commence avec une brève description du périmètre entre les contributeurs et les co-directeurs de l'ouvrage. Ce mode de travail entérine un plan d'écriture qui peut être assumé sur le plan rédactionnel par les professionnels eux-mêmes ou bien être confié à l'un des co-directeurs en charge de mettre en mots le fruit des échanges avec les professionnels.

Ces solutions pédagogiques établissent une co-production dynamique qui invite à insérer le plus d'illustrations que possible pour rendre l'exercice ludique. Les allers-retours entre les contributeurs et les co-éditeurs consolident l'impératif éditorial de la Collection qui promeut un effet miroir entre les chapitres scientifique/académique/théorique et les capsules des pratiques/opérations/retours d'expériences de la part des professionnels.

Le Tome VIII revient à une thématique générale après que les deux dernières éditions soient dédiées à des développements et réflexions appliquées à deux espaces géographiques (le tome VI sur Baltique/Arctique et le tome VII sur l'Amérique latine en incluant la Caraïbe). A titre indicatif, il est intéressant de conclure que les sept premiers tomes de la collection *Les Océanides* ont mobilisé plus de 275 contributeurs des 5 continents pour un total de production en libre accès de près de 3 000 pages

- **2012 - Les corridors de transport** (sous la direction de Yann Alix avec la collaboration scientifique de Gustaaf de Monie)
- **2013 - Logistique et transport des vracs** (sous la co-direction de Romuald Lacoste)
- **2014 - Port-City Governance** (sous la co-direction de Bruno Delsalle et du professeur Claude Comtois)
- **2015 - Economie circulaire et écosystèmes portuaires** (sous la co-direction de Nicolas Mat et Juliette Cerceau)
- **2018 - Prospective maritime et stratégies portuaires** (sous la direction de Yann Alix)
- **2019 - Baltic-Arctic – Strategic Perspective** (sous la co-direction de Arnaud Serry et Viktoras Senčila)
- **2021 - Dinámicas portuarias en el Caribe y América Latina. Ports in transition to face global challenges** (sous la co-direction de Michèle Montantin et José M. Pagés Sánchez)

**Figure 2 : Les sept premiers volumes de la collection Les Océanides**



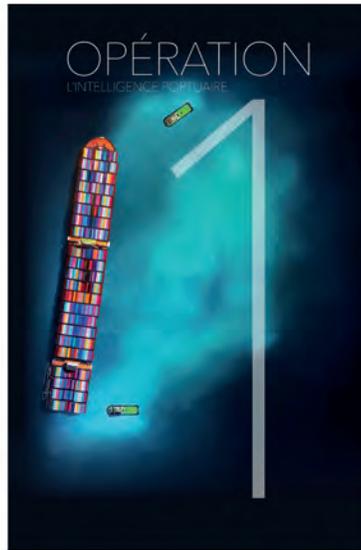
Source : Fondation SEFACIL, 2023

## *Structure de l'ouvrage*

**L'INTELLIGENCE PORTUAIRE – Opération - Innovation - Projection** mobilise au total 45 auteurs académiques et professionnels de 12 nationalités pour un total de 19 contributions. L'ouvrage est construit en 3 parties avec une répartition équilibrée qui comprend 2 chapitres académiques et 4 capsules professionnelles pour chacune des parties. La partie 1 s'intitule *Opération*, la partie 2 traite de *Innovation* alors que la partie 3 complète les analyses pluridisciplinaires dans une *projection*.

Plusieurs personnalités exceptionnelles ont apporté leur contribution, à commencer par Monsieur **le Professeur Dr. Theo Notteboom**, *économiste maritimiste de renommée mondiale*, qui a accepté de préfacier l'ouvrage en signant une tribune qui appelle à toujours plus de concorde car la fédération de toutes les énergies communautaires reste garante de collaborations plus intelligentes. Il en va de l'avenir productif de nos territoires et de la qualité de vie générale des populations qui vivent et font sens avec leurs territoires.

Monsieur **Stéphane Raison**, *Directeur général et Président du directoire d'HAROPA PORT, également Vice-président de l'International Association of Ports & Harbors (IAPH)*, nous fait l'honneur de signer un chapitre introductif qui analyse les tenants et aboutissants du corridor logistique intelligent HAROPA PORT.



**La partie 1** sur l'opération débute avec un chapitre signé de **Ronan KERBIRIOU et Arnaud SERRY** pour expliciter combien l'usage des données AIS (*Automated Identification System*) peut être porteur d'intelligence économique et stratégique pour les autorités portuaires. **Roberto RIVAS HERMANN** questionne quant à lui l'avenir des opérations portuaires en Arctique à travers une analyse de terrain qui questionne les concepts technologiques et les problématiques technologiques liés au développement des activités commerciales et anthropiques dans cet espace géographique si singulier.

Les quatre capsules débutent avec le témoignage de **Yann WICKERS et Didier CODORNIU** qui revient sur l'intelligence collective qui concourt à travailler une gouvernance portuaire originale à Port-la-Nouvelle dans l'objectif de positionner l'écosystème tout entier au service des énergies vertes et durables. **Emma RECCO et Emilie CARPELS** expliquent comment le géant suédois IKEA déploie des solutions de transport intelligentes et écologiques en bord de Seine. L'approche collective et collaborative permet une gestion dite « douce » des pré et post-acheminement dans l'hyper densité métropolitaine parisienne.

**Matthew McCULLOCH** depuis la province de Québec au Canada argumente sur le déploiement de solutions optimales de gestion de la performance des actifs portuaires. L'amélioration constante de gestion des données génère de la valeur tout en minimisant les risques via une prévention des risques qui s'inscrit dans les principes ESG (Environnement-Société-Gouvernance). Cette première partie se conclut avec **Cédric ETIENNE et Maud CHASSERIAU** sur ce que les anglo-saxons ont habilement qualifié de « *soft values* » ou comment optimiser les opérations et les pratiques portuaires par une intelligente conduite du changement.



**La partie 2** sur *l'innovation* commence avec une analyse comparée sur les écosystèmes d'innovation dans les ports de Rotterdam et de Valence. **Peter de LANGEN, Jonas Mendes CONSTANCE et Salvador Furió PRUÑONOSA** démontrent combien l'intelligence découle de démarches scientifiques orchestrées dans de puissants clusters avant-gardistes et appliqués. Un collectif international de 8 experts académiques sous la direction de **Thierry VANESLANDER et Sys CHRISTA** s'inscrit dans la continuité du précédent chapitre avec un exercice stimulant qui offre une cartographie des innovations de services liées au domaine portuaire.

La mise en application de ces innovations repose sur l'ambition collaborative de travailler de concert comme dans le cadre de MEDPORTS Association avec le Président **Pino MUSOLINO** qui explique comment et pourquoi une association portuaire peut construire de nouvelles formes d'intelligence à l'échelle d'un bassin comme celui de la Méditerranée. **Jean-Pierre LAMBLIN** s'intéresse dans son analyse aux méthodes de calcul des émissions atmosphériques en milieu portuaire afin d'accompagner les autorités dans les meilleurs choix tarifaires selon les cadres réglementaires en vigueur. **Alain BAZILLE et Marie-Marthe FAUVEL** mettent en lumière l'importance cruciale des ports territoriaux dans le fonctionnement du réseau portuaire national. La question de l'intelligence collective est décisive dans le fonctionnement opérationnel de l'Association National des Ports Maritimes et Territoriaux. **Robin POTÉ, Baptiste OLIVIER et Mahnam SAEEDNIA** reprennent les éléments d'une étude opérationnelle qui met en perspective comment et combien l'usage de l'intelligence artificielle et de la blockchain peut servir la décarbonation des pratiques de transport.



**La partie 3** sur *la projection* se veut nettement plus prospective, pour ne pas dire futuriste. Les deux chapitres académiques placent l'intelligence au cœur d'évolutions qui pourraient changer les modes de vie en milieu portuaire. **César DUCRUET, Mariantonia LO PRETE, Mama Astou SENE et Barbara POLO-MARTIN** proposent une lecture inusitée sur l'environnement et la santé dans les villes portuaires. L'approche universitaire met l'accent sur la consolidation et la fiabilisation des données primaires pour travailler des analyses comparatives à un niveau mondial. **Mikaa MERED** décline les 8 défis et facteurs clés d'intelligence stratégique pour accompagner les ports face au défi hydrogène-ammoniac. Ce travail s'inscrit dans l'impérieuse transition écologique et économique qui intéresse toutes les autorités portuaires souhaitant se départir progressivement de la manne des produits énergétiques fossiles.

**Laurent THORRANCE, Alain H. RASOLOFONDRAIBE, Harison RAKOTONIRAINY et Yann ALIX** évoquent le pouvoir de la formation et de la transmission dans la consolidation d'une intelligence collective au service du développement portuaire dans les pays en émergence. Le cas des Académies du Partenariat-Public-Privé en Afrique de l'Ouest mais aussi en Asie Centrale est exposé par les auteurs. Le Colonel **Florian MANET** parle de bataille d'intelligence car il dissèque depuis des années les réseaux internationalisés de cybercriminalité qui s'évertuent à déjouer les coordinations stratégiques des communautés portuaires. L'intelligence passe par la confiance, la mutualisation et le partage d'informations sensibles entre des communautés d'acteurs aux pratiques et maturités souvent très disparates.

**Florian LANNOU et Antonio Sebastiano FOIS** nous font prendre de l'altitude avec un des projets industriels les plus innovants du moment ou comment

déployer des dirigeables au XXI<sup>e</sup> siècle au service de marchés spécifiques du fret international. Les deux auteurs insistent sur les rouages de production d'une intelligence collective indispensable pour accompagner une disruption majeure. Pour conclure, **Frédéric PONS, Rutger de GRAAF et César DUCRUET** nous téléportent au XXII<sup>e</sup> siècle avec la Civilisation Indigo, projet futuriste qui considère des écosystèmes urbano-portuaires flottants entièrement intégrés et autosuffisants dans un univers où l'Océan sera plus que jamais le substrat d'une intelligence collective.



Grand  
témoin

## HAROPA PORT : la construction du corridor intelligent de demain

*Stéphane RAISON*

*Directeur Général et Président du directoire*  
HAROPA PORT  
Le Havre – Rouen – Paris  
France

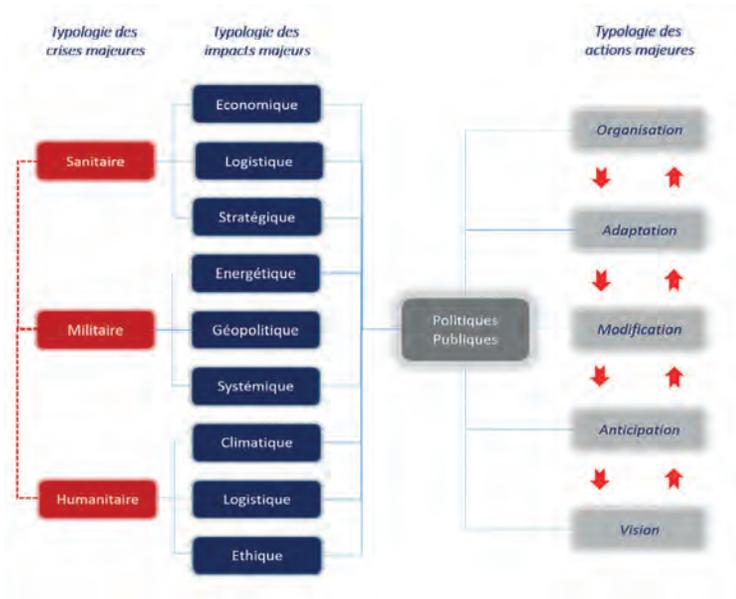
# Introduction

Le Général de Gaulle prophétisait en 1969 à Brest que « *Les Etats chercheront à dominer la mer pour en contrôler les ressources* ». 2022 : la même cité portuaire française accueillait le « *One Ocean Summit* », premier sommet international consacré à la préservation de l'océan avec l'objectif de renforcer les engagements internationaux pour une gouvernance globalisée des masses océaniques planétaires.

Entre ces deux dates, un demi-siècle de maritimisation de notre économie-monde a fait passer le trafic total transporté par voies océaniques de 2,3 à 12,02 milliards de tonnes métriques. Des premières expériences commerciales conteneurisées transatlantiques en 1969, nous atteindrons le milliard d'EVP manutentionnés dans tous les ports du monde avant 2025. Aujourd'hui, ce sont nos modes de vie et de consommation qui sont tributaires d'un fonctionnement sans couac de chaînes logistiques complexes qui relient tous les points du monde sans exception. Les ports forment des écosystèmes qui agissent comme des connecteurs indispensables d'un système-monde de production, de distribution et de consommation. Et avec le cataclysme causé par la crise pandémique, le grand public prend conscience de l'importance stratégique et vitale de ces interfaces portuaires. Depuis 2020, nous sommes définitivement entrés dans un monde en permacrise où les ports renforcent leur rôle de laboratoires innovants des transitions ; qu'elles soient écologiques, énergétiques ou économiques (Figure 1).

Pour HAROPA PORT, premier établissement portuaire de la septième économie mondiale, une intelligence collective a permis de consolider les forces vives d'un corridor séquanien déjà qualifié de vital par le Roi François I<sup>er</sup>, initiateur des premières installations du port du Havre en 1517. Aujourd'hui, ce sont les équilibres subtils entre environnement, économie et société que l'intelligence portuaire vise à servir. C'est dans ce sens que HAROPA PORT travaille à la consolidation d'un corridor intelligent de transport placé au service de ses clients et partenaires, tout en étant soucieux du cadre de vie des riverains et du devenir des générations futures.

**Figure 1 : Cartographie générale d'une permacrise contemporaine**



Source : Fondation SEFACIL, 2023

## *L'Europe : de l'intensité concurrentielle entre ports à la coopération portuaire*

HAROPA PORT s'inscrit dans une « rangée portuaire nord-européenne » hyper concurrentielle. Premier établissement touché par les navires marchands en provenance d'Asie, d'Afrique ou des Amériques mais aussi dernière escale dans le sens des exportations, HAROPA PORT dispose d'une situation géographique et nautique privilégiée pour servir un arrière-pays immédiat de plus de 150 millions de consommateurs français et européens. Cette rente de situation est loin d'être suffisante puisque le corridor de l'axe Seine demeure excentré des concentrations industrielles, manufacturières et logistiques du Benelux, de l'Allemagne et dans une moindre mesure du nord de l'Italie. Dans cette dynamique de compétition, les autorités portuaires cherchent à optimiser l'usage des fonds publics par des processus qui continuent de faire considérablement évoluer la gouvernance des écosystèmes portuaires. Des termes nouveaux apparaissent comme celui de *coopétition*, contraction entre coopération et compétition, pour traduire ces ajustements structurels qui sont encouragés par des pouvoirs publics en quête de performance et d'attractivité.

## *Du concept à la pratique : la construction institutionnelle et politique d'HAROPA PORT*

L'axe Seine peut s'enorgueillir d'être le laboratoire de la modernisation contemporaine française. En application de la loi du 4 juillet 2008 portant sur la réforme portuaire et la modification du régime de gouvernance des grands ports maritimes français est créé le 19 mai 2009 le premier conseil de coordination interportuaire de la Seine. Cette modification majeure de la gouvernance des ports de l'axe Seine se réalise sous les bons auspices régionaux de trois poids lourds de la politique nationale : Messieurs Rufenacht, Fabius et Delanoë, respectivement maire du Havre, président de l'agglomération de Rouen et maire de Paris. Tous les trois plaident pour plus de cohérence et de cohésion interportuaire afin de construire une offre logistique et fluvio-maritime consolidée le long de l'axe Seine voire au-delà. Le tout s'inscrit dans une vision à long terme incarnée par le projet du Grand Paris défendu par le président Nicolas Sarkozy et illustré par le cabinet Antoine Grumbach et Associés (Figure 2).

**Figure 2 : « Paris-Rouen-Le Havre, une seule ville dont la Seine est la grande rue »**



Source : Antoine Grumbach et Associés, 2009

En sa qualité de commissaire général pour le développement de la vallée de la Seine, Antoine Rufenacht livre en 2012 un premier rapport au Premier ministre qui pose les jalons du futur groupement d'intérêt économique (GIE) HAROPA, créé fin 2012. Regroupant deux grands ports maritime (Le Havre et Rouen) et un port autonome (Paris), le GIE HAROPA constitue une réponse à la consolidation d'offres portuaires dites « *port gateway ou extended gateway* » promues par les concurrents immédiats d'Anvers, Rotterdam ou encore Hambourg.

En 2018, la volonté politique est d'aller encore plus loin en fusionnant les trois ports. C'est Edouard Philippe, successeur d'Antoine Rufenacht au Havre et désormais locataire de Matignon, qui lance un an plus tard une mission de préfiguration pour la création d'un établissement unique. Et c'est finalement le 1<sup>er</sup> juin 2021 que HAROPA PORT entrera en scène et deviendra le premier port de France.

## *HAROPA PORT : un corridor de transport intelligent au service d'une reconquête*

HAROPA PORT constitue un nouveau modèle de développement qui concilie les opportunités exceptionnelles d'un port maritime en eau profonde avec des installations fluvio-maritimes disséminées au plus près des marchés de production et de consommation du Grand Paris. La vallée de la Seine constitue en effet le premier bassin de consommation français et la deuxième région logistique européenne, au service d'un arrière-pays proche de 180 millions d'habitants. L'ensemble de l'architecture portuaire et logistique de HAROPA PORT soutient des offres multimodales complètes de bout-en-bout pour garantir les meilleures connectivités depuis la porte maritime de l'Europe jusqu'au cœur de la capitale française et bien au-delà.

**Figure 3 : Situation géographique de HAROPA PORT**



Source : HAROPA PORT, 2023

**Figure 4 : Chiffres-clés de HAROPA PORT, premier port de France**



Source : HAROPA PORT, 2023

Au-delà des seuls linéaires de quais et des surfaces disponibles, HAROPA PORT déploie une offre complète appuyées par des services co-construits avec les clients et partenaires, qu'ils soient publics ou privés, locaux ou globaux. Un des atouts majeurs de ce territoire-corridor demeure la disponibilité foncière qui excède les 1 000 hectares de réserve. Cela permet d'élaborer des plans d'occupation sur les moyen et long termes, tout en tenant compte des contraintes réglementaires. Surtout, cette capacité foncière soutient l'installation durable d'installations logistiques et d'infrastructures industrielles qui accompagnent les transitions écologique, énergétique et économique, d'aujourd'hui et de demain.

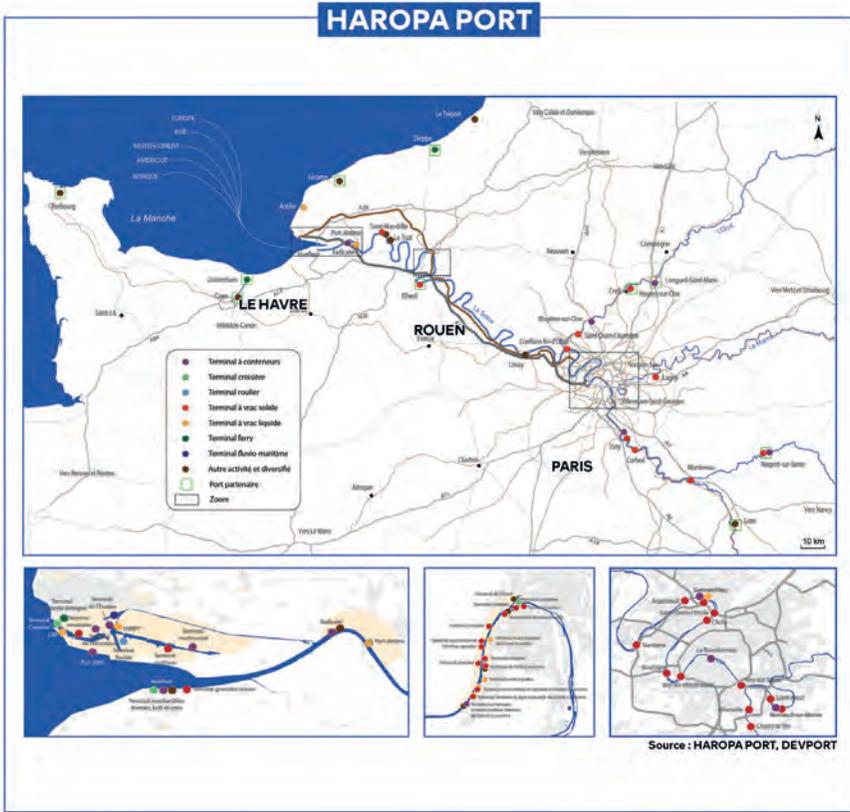
Cet ancrage territorial s'inscrit avec force dans une volonté de transformation et modernisation d'un tissu productif générateur de plusieurs milliards d'euros de richesse collective chaque année. Les 172 000 emplois privés du secteur d'activités de l'entreposage et du transport de fret<sup>1</sup> de la vallée de la Seine voient leurs métiers évoluer avec les nouvelles technologies et exigences logistiques et, surtout les opportunités liées à une économie plus performante sur les plans écologique et énergétique. Les 120 millions de tonnes de trafic maritime et fluvio-maritime d'aujourd'hui ne répondront pas aux mêmes typologies de fret dans 10 ou 20 ans comme elles ne répondent déjà plus aujourd'hui à celles de la décennie précédente. Il en va alors d'une réindustrialisation durable de la vallée de la Seine qui doit s'inscrire dans les capacités d'innovation et d'attractivité de l'ensemble du corridor de transport. Une politique d'innovation ne s'improvise pas pour un port. Elle se dessine et se décline au fil des plans stratégiques quinquennaux qui se révisent et s'ajustent en fonction des prérequis des clients actuels et futurs. Cette réindustrialisation se caractérise par une mutualisation des forces pour mieux partager les risques d'investissement et de développement entre les secteurs public et privé. L'enjeu est bel et bien la transformation de notre compétitivité pour en accroître sa résilience et sa robustesse.

HAROPA PORT a ouvert une nouvelle voie avec la construction d'un modèle novateur, à la fois logistique et industriel, comme maritime, fluvial et ferroviaire. Un modèle adapté au contexte pour relever les nombreux défis et enjeux qui nous attendent.

---

<sup>1</sup> Source : CPIER de la Vallée de la Seine, 2020, « Quelle(s) vallée(s) de la Seine en 2040 ? Enjeux et défis d'un territoire d'ambition ». 68p.

**Figure 5 : HAROPA PORT, un corridor logistique intelligent**



Source : HAROPA PORT, 2023

## *Les 5 piliers du corridor intelligent HAROPA PORT*

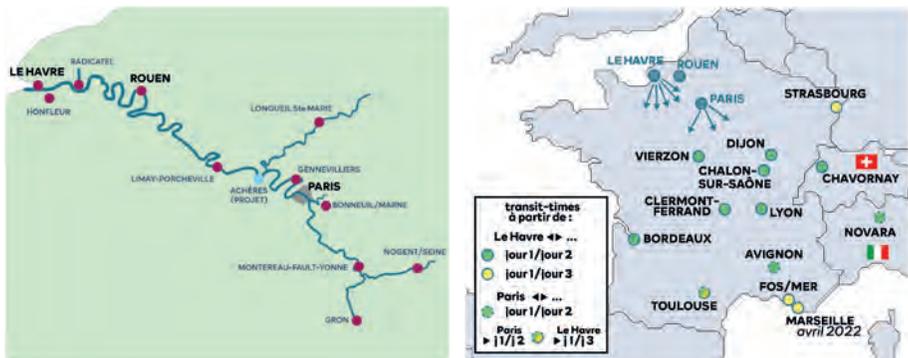
### **Une offre multimodale axée sur une logistique connectée et décarbonée**

La densité du maillage portuaire tout le long du corridor permet des connectivités multimodales qui se combinent en fonction des besoins exprimés par nos usagers et clients. Des terminaux portuaires maritimes en passant par les ports urbains ou encore les plateformes multimodales, tous les modes (maritime, fluvial, ferroviaire, route) se trouvent inter-reliés pour garantir des offres de transport sur-mesure aux acteurs de la chaîne logistique. Cette multimodalité, tant sur le plan des infrastructures

physiques que logistiques et informationnelles, constitue le cœur de la stratégie de HAROPA PORT. De nouvelles offres s'activent en coordination avec les gestionnaires de réseaux pour répondre aux nouvelles attentes exprimées par les entreprises implantées sur notre territoire. En lien avec SNCF Réseau et Voies navigables de France, les infrastructures entretiennent une modernisation quasi-continue.

- La construction d'un accès fluvial direct à Port 2000, un ouvrage communément appelé chatière, pour relier les installations en eaux profondes au fleuve, ceci dans le but d'encourager et développer le report modal des conteneurs vers la voie fluviale ;
- Des campagnes de dragage sélectif pour améliorer en continu les accès maritimes de Rouen et ainsi pouvoir accueillir des navires toujours plus grands dans les meilleures conditions nautiques de sécurité. Ce sujet fait l'objet d'un projet dédié, le « canal intelligent », qui vise à anticiper les problématiques de demain : utilisation des données, navires autonomes, aide à la navigation ;
- La construction d'un nouveau port à la confluence de la Seine et de l'Oise, dédié aux activités BTP. L'objectif étant de répondre aux besoins de construction du Grand Paris et, *in fine*, de participer à la déconcentration des flux de l'Est français et relocalisation des activités logistiques vers la vallée de Seine et la distribution en logistique urbaine fluviale.

**Figure 6 : Des connexions fluviales et ferroviaires vers la France et l'Europe**



Source : HAROPA PORT, 2023



## **Une offre industrielle pour accompagner une réindustrialisation durable du territoire et servir les intérêts de la France**

Notre réindustrialisation ne repose pas que sur la capacité de rapatriement économique et logistique de solutions industrielles délocalisées. Bien plus ambitieuse est la stratégie de HAROPA PORT qui construit une réindustrialisation s'appuyant sur le partage optimal des ressources, mais aussi des déchets pour en favoriser leur valorisation tout en minimisant leur déperdition. Les nouvelles implantations s'inscrivent ainsi dans une logique industrielle territoriale où les nouvelles solutions peuvent être connectées à celles déjà en place. L'objectif collaboratif repose sur la consolidation d'un véritable hub d'écologie industrielle qui maille l'ensemble des potentiels du corridor intelligent HAROPA PORT.

L'axe Seine s'impose comme un territoire d'industrie d'intérêt prioritaire pour la France comme en témoigne la labellisation de nombreux sites par l'État (Pack Rebond, sites industriels clés en main à l'image du terrain du Grand Canal du Havre, sites hydrogène PIIEC notamment Air Liquide à Port-Jérôme-sur-Seine, etc.). L'attractivité territoriale pour les activités industrielles du futur s'inscrit dans une reconquête nationale via des politiques publiques qui accompagnent, clarifient et simplifient les procédures. HAROPA PORT voit ainsi émerger sur son corridor intelligent de nouvelles filières porteuses comme celle des « nouveaux carburants », à l'image de la future unité développée par Engie au Havre, en partenariat avec CMA-CGM et Air France.

Accélérer la décarbonation des activités industrielles fait de l'axe Seine un territoire industriel de référence sur le plan environnemental avec la création du CCUS axe Seine (*Capture, Stockage et Réutilisation du Carbone*) qui intègre le consortium signé entre 5 industriels majeurs du territoire normand pour expérimenter la captation de CO<sub>2</sub>. Air Liquide, TotalEnergies, Esso (ExxonMobil), Yara et Borealis s'engagent à capter collectivement jusqu'à 3 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an à l'horizon 2030. Rappelons que la vallée de la Seine est le 3<sup>e</sup> territoire français le plus émetteur de CO<sub>2</sub> avec plus de 9 millions de tonnes émises par an. En perspective : inverser la tendance et faire de la vallée de la Seine la première zone industrialoportuaire décarbonée mondiale avec l'ensemble des industriels présents. L'ambition communautaire de transporter le CO<sub>2</sub> par pipeline pour en assurer ensuite sa liquéfaction et son stockage en bout de chaîne au port du Havre. Ce dernier sera utilisé comme point d'expédition maritime à destination des poches géologiques où le CO<sub>2</sub> sera finalement séquestré.

**Figure 7 : Un hub industriel de premier plan**



Source : HAROPA PORT, 2023

Le travail en consortium industriel, qui mobilise autant les acteurs « historiques » des zones industrialo-portuaires que les « nouveaux entrants » d'une écologie industrielle avant-gardiste atteste de l'intelligence

collective du corridor HAROPA PORT. Pour preuve, la création de l'association SOCRATE (*Synergie pour une organisation collective et raisonnée sur l'axe Seine de la transition énergétique*) pour déployer le projet industriel collectif de décarbonation du corridor intelligent HAROPA PORT. SOCRATE porte notamment le dispositif ZiBaC (*zones industrielles bas carbone*) pour in fine optimiser l'efficacité énergétique et l'écologie industrielle via la réutilisation et le développement de réseaux communs d'énergie et de matière (chaleur, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, déchets, eau, oxygène, etc.) tout en favorisant la trajectoire de production et d'utilisation de carburants de synthèse (ammoniac vert, e-SAF et e-méthanol notamment) sur l'axe Seine.

### **Une offre respectueuse de l'environnement et des ressources**

Pour un corridor intelligent tel que celui de HAROPA PORT, la proposition d'offres en phase avec les trajectoires de préservation de l'environnement et de diminution de l'usage des ressources naturelles exige de la créativité collective. Cette synergie collaborative conjugue immédiateté de l'action et projection de développement stratégique sur le long terme. Parmi toutes les initiatives en cours et à venir, il est possible de citer :

- L'installation facilitée de la filière éolienne offshore sur les quais renforcés du port du Havre avec la plus grande unité industrielle en bord-à-quai de France en capacité de produire des pales et des nacelles d'éoliennes en mer. Cette nouvelle activité industrielle traduit la capacité de l'écosystème portuaire de « mettre à disposition » les infrastructures nécessaires pour qu'une logistique industrielle de grande envergure s'ancre durablement sur le corridor HAROPA PORT ;
- Le déploiement de la filière de l'hydrogène vert puisque HAROPA PORT est la première plateforme chimique de France avec plus de 5 millions de tonnes de production annuelle. La vallée de la Seine représente 45 % de la consommation industrielle nationale d'hydrogène avec 250 000 tonnes consommées / an sur les zones du Havre et de Port-Jérôme-sur-Seine. Les initiatives se multiplient comme l'implantation d'une usine de production industrielle massive d'hydrogène décarboné par électrolyse de l'eau (28 000 t/an) avec Air Liquide Normand'Hy ou encore l'installation de Cryocap™ toujours par Air Liquide d'une unité industrielle unique au monde qui permet de capter une grande partie du CO<sub>2</sub> émis lors de la production d'hydrogène ; et,
- La fourniture d'énergies alternatives vertueuses pour assurer l'avitaillement énergétique de demain avec en particulier l'électrification des quais maritimes et fluviomaritimes dans la perspective de garantir des escales dites « zéro fumée ». La conjugaison des transitions écologique et énergétique se manifeste

dans les collaborations actives de HAROPA PORT, autant avec les plus grands armements de croisière que les bateliers fluviomaritimes de l'axe seine. La centaine de bornes électriques (dont 81 cofinancées par l'Union européenne) d'ici 2024 sur la partie fluviale du corridor HAROPA PORT complètent un dispositif vertueux qui n'oublie pas le secteur routier avec la mise à disposition de stations multi-énergie dont la plus grande de France sera implantée sur le port de Gennevilliers.

**Figure 8 : Des installations portuaires qui accompagnent la décarbonation**



Source : HAROPA PORT, 2023

## **Une offre numérique pour fluidifier le traitement des marchandises et favoriser la recherche dans le domaine portuaire et logistique**

HAROPA PORT consolide une offre numérique unique par son ancienneté et sa maturité technologique. Les premières initiatives de dématérialisation des procédures du traitement administratif et douanier des marchandises importées et exportées datent du début des années 1980. Aujourd'hui, une offre digitale complète unifie toutes les places portuaires et logistiques du corridor avec le portage d'un nouveau GIE (*groupement d'intérêt économique*) entre SOGET, éditeur de logiciels havrais et HAROPA PORT. Le GIE Easyport fondé en 2022 permet d'offrir à tous les acteurs de la chaîne logistique une digitalisation optimisée du passage portuaire et de la marchandise. Sont inclus dans cette offre consolidée le passage douanier de la marchandise qui s'en trouve facilité et sécurisé ou encore les contrôles phytosanitaires qui sont optimisés sur l'ensemble du corridor.

Le PCS de l'axe Seine constitue une réponse digitale à l'échelle d'un corridor et non plus d'une seule place portuaire. Cette approche novatrice permet d'harmoniser et de sécuriser les procédures tout en facilitant la transmission et le traitement des millions de messages qui accompagnent toutes les transactions maritimes et portuaires sur l'ensemble de l'axe. Une telle initiative projette une dématérialisation intégrale des processus de gestion documentaire, depuis l'arrivée d'un porte-conteneurs en rade au Havre, jusqu'aux livraisons des marchandises aux clients finaux, disséminés dans toute la grande région parisienne. La réussite de HAROPA PORT dans cette expérience est d'avoir réussi à fédérer des catégories d'acteurs et des communautés d'intérêts qui ont saisi l'ambition collective d'une standardisation des procédures. Un des critères fondamentaux dans la gestion de la performance des chaînes de valeur repose sur la fiabilité et la robustesse des flux documentaires. HAROPA PORT présente un écosystème intégré avec des solutions dites « plug and play » via S)ONE, dernière génération de port community system de SOGET ; leader français des éditeurs de logiciels de type PCS.

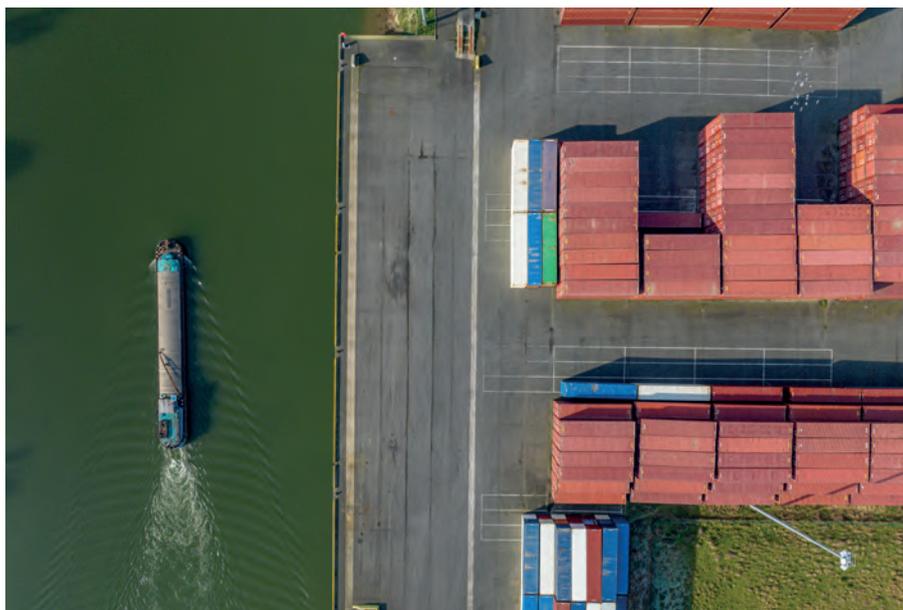
Dans un autre registre qui complète l'ensemble des possibilités du numérique sur l'axe Seine figure le SIF Seine, soit le système d'informations fluviales mis en place en partenariat avec VNF (Voies Navigables de France). Cet outil d'aide à la décision disponible depuis juillet 2019, accompagne les transporteurs de fret mais aussi les spécialistes du transport de passagers et de croisiéristes sur la Seine. Des informations très opérationnelles comme la situation du trafic fluvial en temps réel, les hauteurs disponibles de niveaux d'eau ou celles de hauteurs libres sous ponts (qui varient évidemment avec les marées) sont proposées aux professionnels. La disponibilité des places à quai sur les différents ouvrages portuaires disséminés sur la Seine

et ses affluents accompagne une optimisation intelligente des capacités de transport. Le tout se réalise dans une cohérence de transfert modal afin d'utiliser au maximum le transport fluvial, soit le mode de transport le moins polluant par tonne/kilomètre transportée.

Le SIF Seine permet aussi d'optimiser les temps d'attente aux écluses via la mise en ligne en temps réel de toutes les informations requises par les bateliers et les gestionnaires d'infrastructures. SIF Seine constitue un outil fédérateur avec deux régions (Normandie et Île-de-France) qui ont travaillé de concert avec l'ADEME (Agence nationale de la transition écologique) dans un objectif commun de réduction des externalités négatives issues du transport des marchandises et des passagers sur tout le corridor.

La recherche et le développement se couplent avec l'innovation et l'opérationnalisation à l'instar du 5G Lab qui unit depuis 2018 le port du Havre, la communauté urbaine *Le Havre Seine Métropole* et trois grandes entités industrielles (Nokia, Siemens et EDF). Le 5G Lab identifie et teste des cas d'usage 5G le long de l'axe Seine pour en faire le premier corridor intelligent.

**Figure 9 : Une digitalisation synonyme d'optimisation et d'anticipation**



Source : HAROPA PORT, 2023

## **Une offre placée au service du cadre de vie des riverains : contribuer à la vie et à la richesse économique du territoire pour favoriser l'acceptabilité portuaire**

Le corridor intelligent HAROPA PORT ne peut se concevoir sans une intégration pleine et entière dans son territoire, avec ses clients, ses usagers et bien sûr ses habitants et ses riverains. Une des premières missions de HAROPA PORT vise à offrir des services qui facilitent et améliorent le quotidien de vie des Français. La desserte des territoires jusqu'en cœur de ville (logistique urbaine douce) ne peut se penser sans un aménagement portuaire qui conjugue les usages mais aussi les revendications de toutes et tous. L'héritage paysager constitue une richesse qui permet d'attirer des croisiéristes et des touristes du monde entier. HAROPA PORT assume sa part de responsabilité sociétale et environnementale, pour concilier les dimensions (économiques, écologiques, énergétiques) d'un développement par essence inclusif.

L'accompagnement des acteurs locaux dans la vie du territoire de l'axe Seine constitue un défi majeur d'intelligence collective. HAROPA PORT est incontournable dans l'organisation et l'animation d'événements majeurs qui jalonnent la vie culturelle, sportive, patrimoniale, etc. du corridor. Parmi les manifestations les plus emblématiques, il est possible de faire référence aux travaux qui animent une équipe dédiée de HAROPA PORT à l'organisation des Jeux Olympiques 2024. L'ouverture officielle itinérante sur la Seine au cœur de Paris est un défi logistique, managérial et sécuritaire qui mobilise toutes les compétences des équipes d'HAROPA PORT. Des événements récurrents comme l'Armada à Rouen ou la Transat au Havre constituent autant de moments forts et citoyens où HAROPA PORT travaille de concert avec ses clients, ses usagers et ses partenaires.

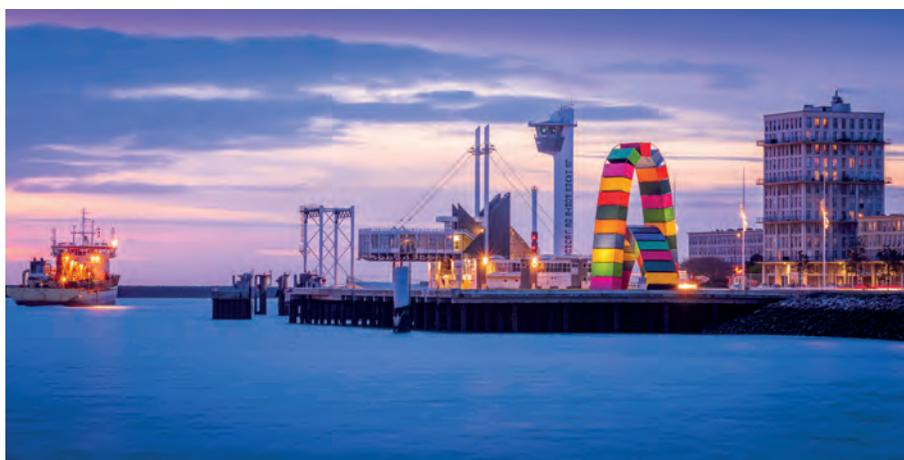
La coopération avec les acteurs locaux comme les Agences d'urbanisme, l'Association Internationale Ville et Port ou encore les centres universitaires et les écoles de commerce favorisent le déploiement d'idées innovantes au service des territoires de l'axe Seine. Un des enjeux cruciaux pour HAROPA PORT est de concilier la pérennité du développement économique des terminaux portuaires avec l'accessibilité des riverains au fleuve ou à la mer. Ce que les anglo-saxons qualifient de « mix-using » est au cœur de la réflexion de HAROPA PORT, que ce soit au centre d'une métropole comme Paris ou à l'embouchure de l'estuaire comme au Havre. Cette mixité des usages se travaille de concert entre les professionnels (notamment des secteurs qui ont recours massivement au transport fluvial comme le BTP ou l'énergie) et les associations de défense des intérêts des populations riveraines. Cela aboutit même à la mise à disposition d'espaces fonciers dédiés à des fins récréatives via la signature de chartes et l'instauration d'instances permanentes de concertation.

Ce travail s'inscrit dans ce que les anglo-saxons synthétisent dans les formules « *Licence to operate* » et « *Licence to growth* ». HAROPA PORT agit comme le chef d'orchestre d'une très vaste communauté d'intérêts très divers mais qui exprime leurs priorités d'usages, de préservation ou encore de valorisation des territoires en bord de fleuve et ou de mer. HAROPA PORT valorise dans la charte d'amélioration des ports (CAP) sa capacité à travailler en bonne intelligence avec la Ville de Paris et l'ensemble des acteurs qui ont comme objectif commun de favoriser l'amélioration continue de l'exploitation des activités portuaires et industrielles dans le tissu extrêmement dense de l'Île-de-France.

En perspective, la préservation d'une haute qualité environnementale, en particulier sur les territoires dits en « bord à quai ». Cela se matérialise dans les chartes des usages localisées, mises en place pour assurer une cohabitation partagée des quais. Un aménagement continu permet aux quais situés au cœur de la capitale parisienne de garantir des vocations diverses qui conjuguent activités industrielles et tourisme, manifestations artistiques et continuité d'activités portuaires ou encore vivacité de lieux de vie et de passage avec la sécurité des pré et post-acheminement des marchandises.

**Figure 10 : Un port au plus près des territoires**





Source : HAROPA PORT, 2023

Le recours aux meilleures pratiques exige des étalonnages internationaux que HAROPA PORT conduit dans une stratégie de veille. Pour se faire, parmi les outils figure la collaboration depuis plus de 30 ans avec l'Association internationale Ville et Port (AIVP) qui place la gestion des relations ville-port au cœur de solutions d'aménagements innovantes et inclusives. Le corridor séquanien est un laboratoire ouvert de l'actuelle transition énergétique avec le recours massif aux énergies renouvelables. Avec le concours de l'AIVP, HAROPA PORT demeure un aménageur avant-gardiste qui se doit de garantir l'implantation et le développement d'aménagements de transport au cœur des

centres métropolitains tout en projetant l'évolution des usages récréatifs des territoires espaces en bord-à-quai notamment C'est pourquoi HAROPA PORT collabore aux activités de sensibilisation initiées, notamment au Havre via le Port Center qui a à cœur de connecter les riverains à leur port à travers des formats et activités pédagogiques destinés à un panel diversifié de publics.

### **En guise de conclusion prospective : du partage d'intelligence aux corridors verts du futur**

HAROPA PORT constitue un laboratoire d'expérimentation qui dépasse une seule place portuaire ou un écosystème communautaire. Le corridor intelligent HAROPA PORT d'aujourd'hui concrétise ce qu'Antoine Rufenacht avait appelé de ses vœux aux premières heures de la genèse de HAROPA avec le concept de Seine Gateway :

« (...) Cet accomplissement du *Seine Gateway* passe par la mobilisation de toutes les parties prenantes publiques et privées dans une synergie collaborative. Le but partagé demeure d'installer et de fixer les services qui serviront les centres de distribution ouest-européens de demain. Un nouveau corridor de transport *séquanano-européen* doit émerger avec en son cœur la ville-monde de Paris ». Antoine Rufenacht, *Les Corridors de transport*. 2012. p. 8.

L'avènement des corridors verts de transport à une échelle globale reconsidère le *Seine Gateway* dans une perspective collaborative qui unit les écosystèmes portuaires les plus innovants en matière de transition énergétique et écologique. HAROPA PORT participe à la mise en place de corridors verts afin de décarboner les chaînes logistiques dans l'esprit de la déclaration de Clydebank signée par 27 pays dont la France dans le cadre de la COP 26 à Glasgow.

Avec l'ensemble de toutes les initiatives portées sur l'axe Seine au cours des dernières années, HAROPA PORT apparaît comme un assemblage pionnier qui lui permet de s'inscrire comme un leader portuaire dans la déclaration finale du *One Ocean Summit* de 2022, ambition réaffirmée par le président de la République dans sa déclaration aux Assises de l'économie de la mer de 2023. Elle conforte l'établissement séquanien dans l'atteinte des objectifs de réduction du réchauffement climatique fixés par l'Accord de Paris et l'ambition de neutralité climatique au niveau européen à horizon 2050.

La compétitivité et l'attractivité du corridor intelligent HAROPA PORT s'inscrivent dans des temporalités longues où les bilans économiques et financiers seront de plus en plus en phase avec les bilans écologiques et environnementaux, en mettant en avant les bilans sociétaux.



# OPÉRATION

L'INTELLIGENCE PORTUAIRE



# L' AIS comme outil d'intelligence scientifique, économique et stratégique

*Ronan KERBIRIOU*

*Doctorant*

Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM-UMR LISE)

Paris

France

*Ingénieur d'études*

Université Le Havre Normandie – SFLOG & UMR IDEES

Le Havre

France

*Arnaud SERRY*

*Maitre de Conférences*

Université Le Havre Normandie UMR IDEES

Le Havre

France

# Introduction

Dans un monde de plus en plus connecté et interdépendant, la gestion efficace et sécurisée de la circulation maritime est devenue un enjeu d'importance capitale, particulièrement dans les zones maritimes fortement fréquentées. En effet, en 2021, les compagnies maritimes ont transporté 11 milliards de tonnes de marchandises à travers les mers du globe, soit le double par rapport à 2002 (Kerbiriou, Serry, 2023). Pour renforcer la sécurité du transport maritime, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a introduit des réglementations comme l'installation d'un système de suivi automatique des navires appelé AIS (*Automatic Identification System*). L'AIS est une technologie de localisation utilisée à bord des navires pour fournir des données d'identifications et de localisations aux navires environnants, aux autorités portuaires et aux autres acteurs du secteur maritime, offrant ainsi une vue en temps réel du trafic maritime à l'échelle mondiale. Les navires équipés transmettent, de façon autonome, des informations d'identifications et des informations dynamiques (positions géographiques, vitesse, cap, date et heure du message, ...). Cette source d'informations, riche et précieuse, constitue une ressource de premier plan pour la communauté maritime, la recherche voire le grand public (Serry, Lévêque, 2015).

Le projet CIRMAR, développé par des chercheurs de l'Université Le Havre Normandie, s'inscrit dans cette dynamique en créant une plateforme de recherche et de développement pour analyser les données AIS des navires marchands. Cette plateforme ouvre la porte à une multitude d'applications opérationnelles et innovantes dans le secteur maritime. Ces applications vont de la sécurité maritime à l'intelligence économique en passant par l'évaluation des impacts environnementaux, l'analyse de la circulation maritime, la gestion des aléas du transport maritime ou l'aide à la prise de décisions éclairées pour les politiques publiques.

Ce texte présentera différentes possibilités d'exploitations offertes par l'AIS en tant qu'outil de la recherche scientifique ou d'aide à la décision. Il mettra en lumière les applications potentielles de ces données pour les acteurs portuaires, les autorités maritimes, les entreprises du secteur maritime et les responsables politiques. En outre, il examinera comment l'AIS peut être utilisé pour évaluer et anticiper les répercussions d'événements tels que des crises sanitaires, des incidents portuaires, ou même des sanctions économiques, sur le transport maritime mondial. Enfin, il abordera la façon dont l'AIS peut contribuer à des stratégies de décarbonation du transport maritime, dans un contexte de préoccupations croissantes concernant l'environnement et la durabilité.

## *AIS : des données à haute valeur scientifique, économique et stratégique*

L'AIS constitue une source potentielle d'informations sur les circulations maritime et le passage portuaire de la marchandise. Ce système s'avère être très utile pour donner un aperçu du trafic maritime et constituer la base de l'analyse de l'organisation des réseaux maritimes.

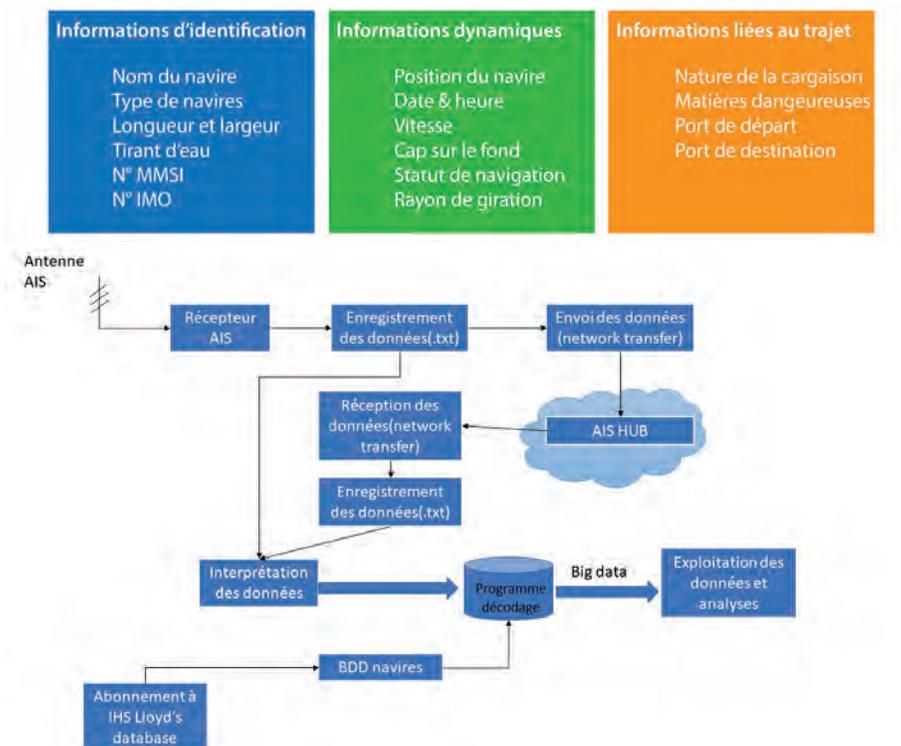
L'existence des données AIS ne peut laisser sans réaction un géographe des transports. Sa capacité à contribuer à améliorer les études maritimes traditionnelles est rapidement apparue de trois manières : la couverture mondiale et l'accessibilité aux données AIS étendent le champ d'étude d'un navire individuel ou d'une région particulière à des territoires mondiaux ou régionaux ; les caractéristiques inégalées de haute résolution et de temps réel des données AIS améliorent la précision de l'analyse du comportement des navires ; la discrétisation et l'abondance des données individuelles des navires permettent aux chercheurs d'examiner les problèmes d'un point de vue ascendant plutôt que descendant. De nombreux travaux s'appuient désormais sur les données AIS, principalement dans la littérature anglophone. D'après l'étude de Yang et al., la croissance rapide des publications, et les sujets de plus en plus diversifiés illustrent l'intérêt croissant des chercheurs pour l'AIS au cours des dernières années en commençant par l'exploration des données AIS et ses applications à la sécurité de la navigation. Par la suite, avec l'amélioration de la qualité et de l'accessibilité des données, les études se sont progressivement étendues de la sécurité de la navigation à des applications plus larges et plus avancées impliquant différentes disciplines en premier lieu desquelles les sciences de l'informatique, la biologie et les sciences de l'environnement (Yang, Wu, Wang, Jia, 2019).

Le projet CIRMAR, développé par des chercheurs de l'Université Le Havre Normandie, s'inscrit dans cette évolution et a permis de constituer une plateforme de recherche et de développements applicatifs afin de reconstituer les itinéraires des navires marchands. Ce projet vise à récupérer des données AIS des navires et de les exploiter à des fins de recherche. Pour cela, via la plateforme CIRMAR, nous contribuons au réseau collaboratif AISHUB, en fournissant des données AIS que nous récoltons via une antenne installée sur le toit de l'Université. Nous obtenons des données AIS des autres contributeurs de ce réseau que nous pouvons croiser de manière dynamique avec d'autres séries de données fournies par IHS. IHS appartient à la Lloyd's, qui assure plus de 80% des navires marchands dans le monde. A travers cette plateforme et via un abonnement, il est ainsi possible d'accéder à des données sur les navires avec l'ensemble de leurs informations d'identification et leurs caractéristiques techniques. IHS propose également un autre module sur les mouvements des

navires qui s'appuient sur les signaux AIS. Il est ainsi possible de télécharger les données sur les escales des navires dans l'ensemble des ports mondiaux.

Le projet CIRMAR offre ainsi l'opportunité de mailler des données d'identification, des informations plus techniques sur les mouvements des navires et des renseignements sur la nature des marchandises et les escales portuaires. Ce projet permet l'analyse de la circulation maritime et l'évaluation des aléas du transport maritime et d'envisager de multiples applications opérationnelles et innovantes : applications sur la sûreté et la sécurité (surveillance des routes maritimes, intensité du trafic de navires, préventions des accidents maritimes, ...) ; applications géoéconomiques (stratégies des compagnies maritimes, diagnostic des avant-pays, positionnement des ports dans les réseaux maritimes, ...) ; applications sur les impacts environnementaux (modélisation des émissions polluantes du transport maritime, lutte contre les rejets illégaux, ...). L'utilisation de l'AIS repose sur le caractère multiscalaire ; à différentes échelles spatiales (mondiale, régionale, locale) et temporelles couplée à d'autres bases de données en permettant des applications opérantes au service de l'intelligence économique et d'accompagnement pour les politiques publiques.

**Figure 1 : Principales données transmises par l'AIS et architecture du projet CIRMAR**



## *Un outil d'aide à la décision et d'intelligence économique*

La « maîtrise » de la donnée est devenue un enjeu croissant et crucial de notre société contemporaine qui a été permis par l'émergence du numérique et des outils informatiques. Les données sont devenues omniprésentes dans les organisations comme aide à la décision ou comme support dans les choix d'orientations stratégiques. Dans une entreprise, leurs analyses vont permettre de projeter des stratégies de développement, de simuler des comportements de consommations, d'étudier les résultats commerciaux, ... Le pouvoir public se servira des données pour justifier son action politique, mettre en place des politiques publiques, ... La recherche scientifique s'en servira comme base de travail pour de nouvelles recherches ou la donnée pourra être le résultat de recherche. Les exploitations des données sont multiples et adaptables aux besoins des organisations qui en font usages. L'AIS, en tant que donnée primaire, ouvre la possibilité d'usages multiples sur différentes thématiques et en répondant à des besoins d'informations spécifiques des différents acteurs socio-économiques du secteur transport maritime et portuaire. L'objectif de la suite de ce chapitre sera de mettre en avant quelques possibilités applicatives de traitement des données AIS pouvant intéresser les acteurs portuaires et maritimes et également au service des politiques publiques.

Un adage portuaire affirme que la bataille se gagne à terre mais la crise pandémique a mis une fois de plus en avant le pouvoir des armements, la volatilité des escales et l'organisation ajustée des rotations maritimes. Les rapports de concurrence et de complémentarité entre les autorités portuaires disséminées sur une même rangée ont révélé que les armements regroupés dans les alliances stratégiques ont ainsi orchestré des escales en fonction de la taille des navires, des fréquences révisées de services, de la disponibilité des boîtes vides et surtout des niveaux de saturation et de congestion aux interfaces portuaires.

La figure 2 ci-après reprend de manière synthétique et graphique la distribution des principaux opérateurs maritimes conteneurisés positionnés sur la rangée portuaire du nord-ouest européen. Il est intéressant de constater que Rotterdam, plus grand port d'Europe, présente un équilibre presque parfait dans les capacités déployées par les acteurs dominants (MSC Shipping, Maersk Line et CMA-CGM) tout en accueillant des compagnies nettement plus modestes et régionalisées comme Samskip ou BG Freight Line. Cela met en perspective l'assiette commerciale très diversifiée d'un port qui joue à la fois le rôle de Hub entre l'Asie, l'Europe et l'Amérique, de gateway continental et de porte d'entrée des réseaux portuaires de la Mer

Baltique et de la Scandinavie. La catégorie « autres » représente plus d'un tiers du total des escales. Cela contraste par exemple avec le port du Havre, premier port français conteneurisé, qui fait montre d'une dépendance à l'égard du duo MSC Shipping/CMA-CGM. Au-delà du risque que représenterait le désengagement d'un de ces armateurs, cela met en lumière la faiblesse de l'offre de service dans le transport maritime à courte distance et donc dans le transbordement.

**Figure 2 : Opérateurs conteneurisés dans les principaux ports du Range-Nord européen en 2020**



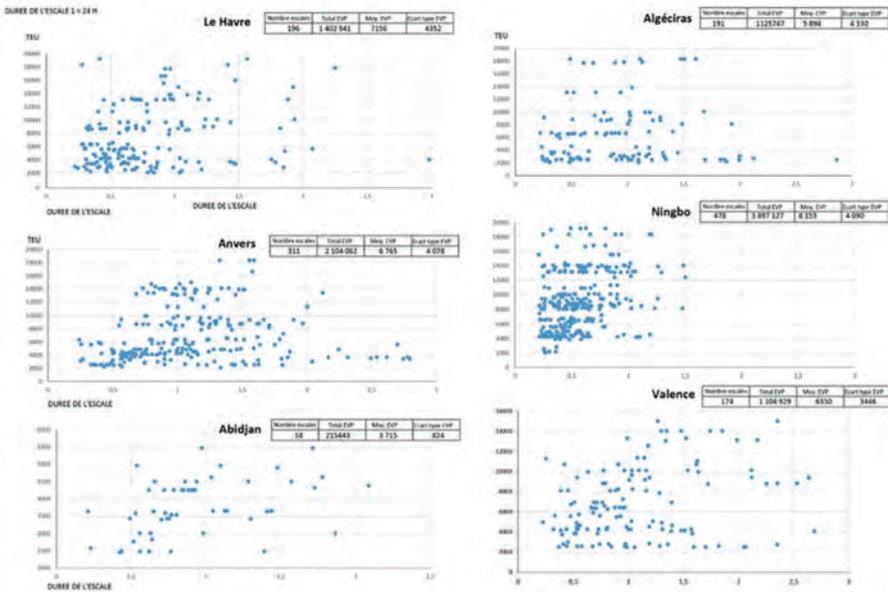
Source : Les auteurs, 2021.

Cette première extraction peut alimenter la définition de stratégies commerciales et tarifaires de la part des autorités portuaires, en partenariat direct avec les terminalistes. L'agilité managériale réside dans ces

anticipations qui permettent d'attirer, de fidéliser et de développer des services et des capacités.

Autre illustration très intéressante de l'usage scientifique de l'AI (figure 3), les calculs de performance et de productivité en fonction des temps de stationnement des navires à quais, des volumes moyens et totaux chargés/déchargés et des matériels et surfaces disponibles. Le croisement dynamique des données permet de ventiler des informations stratégiques, en fonction de la taille des navires, des services, des compagnies, etc.

**Figure 3 : Représentations comparées de performances portuaires**



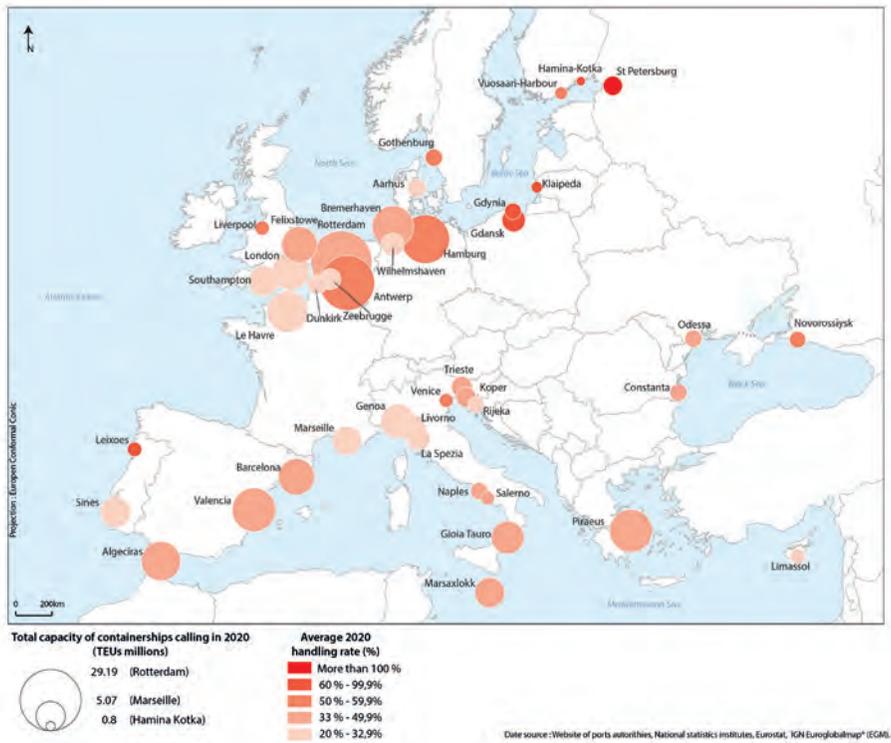
Source : Les auteurs, 2021.

Pour l'exemple présentée ci-après (figure 4), un calcul a été effectué pour les principaux ports européens en articulant son trafic de conteneurs en EVP en 2020 et la capacité de transport théoriquement fournie par l'ensemble des porte-conteneurs faisant escale dans le port la même année. Ceci a permis de déterminer un taux de manutention moyen des porte-conteneurs faisant escale en 2020. Ce taux de manutention moyen permet d'évaluer le nombre moyen de conteneurs qui sont chargés et déchargés lors d'une escale. Par exemple, un taux de manutention moyen de 30 % sur un porte-conteneurs d'une capacité de transport de 10 000 EVP signifie que 3 000 EVP seront manutentionnés en moyenne. (Kerbiriou, Serry, 2023) Cette carte révèle de grandes disparités entre les ports européens : les taux de manutention varient de 21 % (Le Havre) à 112 % (Saint-Petersbourg). Les façades maritimes

européennes présentent de très fortes concentrations portuaires, ce qui accentue la concurrence entre eux avec des hinterlands qui se chevauchent.

L'analyse du taux moyen de manutention montre qu'il existe de grandes différences entre les ports européens. Dans les stratégies des grands armateurs, certaines escales sont moins importantes. Dans une période d'incertitude comme en 2023 liée aux menaces de « *Blank sailing* » de la part des compagnies maritimes, certaines escales prévues dans les services maritimes peuvent être annulés. Les services maritimes se concentreront sur un plus petit nombre de ports. Les ports les moins importants en termes de marchandises manutentionnées sont les plus amène de servir de variable d'ajustement, rajoutant de l'incertitude et des pertes d'opportunité de vente pour les chargeurs. Via cette analyse, on peut observer les ports avec un faible taux de manutention qui peuvent être menacés de « *blank sailing* » dans les rotations des porte-conteneurs voir d'être retiré des services maritimes.

**Figure 4 : Taux de manutention moyen des porte-conteneurs en escale en 2020**



Source : Les auteurs, 2021.

Le commerce mondial et le transport maritime sont interdépendants et ont suivi des croissances parallèles. Cette interdépendance implique des répercussions réciproques en cas de crise ou d'incident. Ce fut par exemple récemment le cas avec la crise liée au COVID qui a entraîné une diminution des échanges mondiaux et donc impacté le transport maritime. On peut également citer l'incident du Canal de Suez qui fut bloqué par le porte-conteneurs Ever Given de la compagnie Evergreen durant une semaine et qui a provoqué des perturbations dans les échanges commerciaux internationaux. L' AIS offre la possibilité d'étudier et d'analyser l'impact d'un évènement (grève dans un port, cyberattaque d'un terminal, incident maritime,...) sur le transport maritime de manière quasi-instantanée et d'évaluer l'adaptation de ses acteurs. Les informations et données créées à partir de l' AIS peuvent être considérés comme fiables au contraire de certaines statistiques portuaires qui peuvent interroger sur leurs véracités. Pour illustrer, nous avons analysé l'impact des sanctions économiques et commerciales prises par de nombreux pays à l'encontre de la Fédération de Russie suite à son entrée en guerre avec l'Ukraine. (Kerbiriou, 2023) L'objectif de ces sanctions est d'afficher une solidarité de l'ensemble des pays occidentaux à la cause ukrainienne, d'affaiblir économiquement la Russie et donc de réduire son budget disponible à allouer aux efforts de guerre. Ces sanctions adoptées en plusieurs temps visent les membres du gouvernement ou des oligarques individuellement (interdiction de voyager et gel des avoirs), impliquent les banques russes (exclusion du système international SWIFT par exemple), restreignent les importations de produits en provenance ou d'origine de Russie ou interdisent les exportations de certains produits vers la Russie. Différentes sanctions peuvent ainsi avoir des impacts sur les trafics maritimes des ports russes dont voici quelques exemples :

- Interdiction pour les navires russes de faire escale dans les ports européens ;
- Interdictions sur l'import de certains produits (produits de la mer, charbon, fer, acier, bois, ...) ;
- Restrictions sur l'importation de produits pétroliers bruts (depuis décembre 2022) ou raffinés (depuis février 2023) ;
- Interdiction du commerce d'armes ;
- Interdiction sur l'export de certains produits (produits de luxe, produits technologiques, ...).

Cette guerre vient déséquilibrer les échanges commerciaux internationaux et notamment ceux de la région de la Mer Baltique en tant que point d'achoppement entre la Russie et l'Union Européenne. En effet, la Russie possède deux ouvertures maritimes en Mer Baltique lui offrant des accès

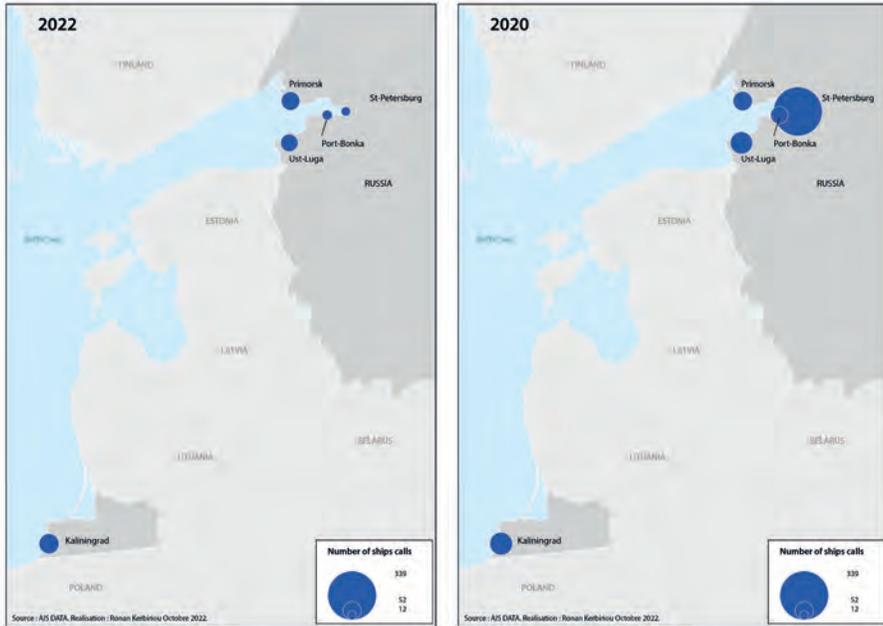
au marché Européen et plus largement une connexion avec les principaux réseaux maritimes mondiaux.

En exploitant les données AIS, nous avons comparé le nombre d'escales dans les ports russes de la mer Baltique durant les mois de mai 2020 et 2022. Sur la carte ci-après (figure 5), on observe un impact important mais différencié entre les ports. Le trafic conteneurisé qui se concentrait dans le port de Saint-Pétersbourg a été fortement impacté avec une baisse de plus de 90% du nombre d'escales. Ce dernier était, en 2020, un port majeur en Mer Baltique avec un trafic de plus de 2 millions d'EVP. Les sanctions économiques, dans l'objectif d'isoler économiquement l'Etat Russe de l'économie mondiale, ont eu un impact. Au contraire, les escales pour le vrac liquide se sont maintenues sur la période étudiée. Cela s'explique par le fait que les sanctions sont entrées en vigueur sur les produits pétroliers et ses dérivés qu'au début de l'année 2023. La Russie est un pays producteur et exportateur de produits pétroliers et gaziers. En 2020, elle a représenté 10,53 % des exportations mondiales de pétrole (soit une production de 10,5 millions de barils par jour) la classant comme troisième nation mondiale. Le poids de la Russie dans la production de l'or noir est considérable et ce constat vaut également pour la production de gaz. La Russie, pour de nombreux pays Européens notamment, étaient un fournisseur d'énergies majeur. Les relations commerciales avec les pays européens se sont interrompues mais tous les pays ne sont pas alignés pour prendre des sanctions économiques.

En observant le nombre d'escales sur sa façade orientale sur la même période, on a pu constater une augmentation significative du nombre d'escales de navires tanker (+267 % d'escales à Vladivostok et +150 % à Slavianka), favorisé par le probable développement de nouvelles relations commerciales avec la Chine entre autres. Cela peut interroger sur l'impact réel des sanctions économiques prises quand tous les pays ne sont pas alignés.

Sur un temps plus long, les ports de la région apparaissent déstabilisés par les considérations géopolitiques comme l'illustre l'évolution des trafics des ports de la région entre 2013 et 2022 (Figure 6).

**Figure 5 : Nombre d'escales de navires marchands dans les ports russes de la mer Baltique en mai 2020 et 2022**



Source : Les auteurs, 2022.

**Figure 6 : Evolutions des trafics portuaires des principaux ports baltiques de 2013 à 2022**

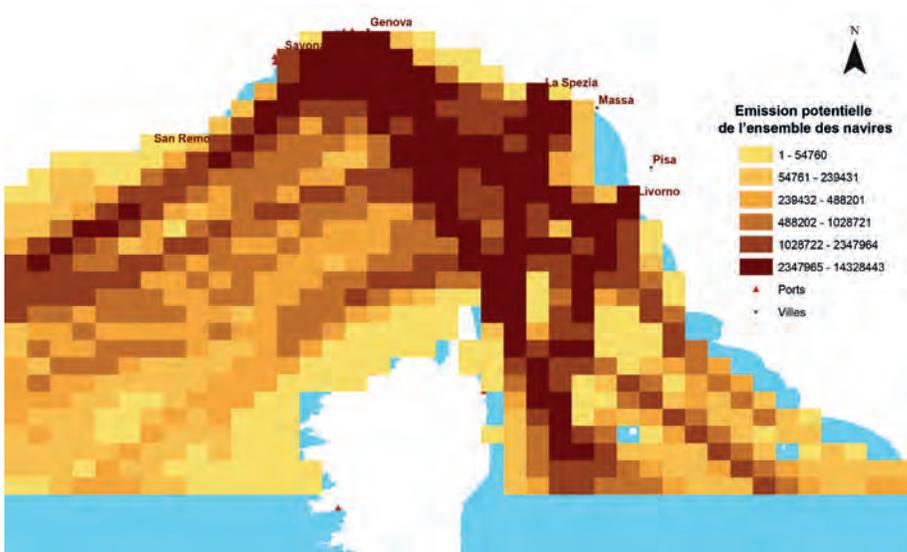


Source : Serry A., Daudet B., Alix Y., 2023.

Pour une autorité portuaire, mais aussi pour les décideurs publics, ces informations peuvent permettre d'optimiser les investissements et générer des politiques plus en phase avec les réalités actuelles des marchés maritimes. Elles permettent surtout de simuler des scénarios prospectifs comme illustré dans le cas de la décarbonation du transport maritime. A l'heure des grandes transformations énergétiques et environnementales, la figure 7 apporte des connaissances essentielles pour déployer des stratégies de décarbonation autant maritimes que portuaires. Grâce aux données fournies par l'AIS (identification du navire, vitesse, localisation, ...), il est possible de développer un modèle de calcul des émissions polluantes de la circulation maritime. La méthodologie de calcul consiste à convertir la consommation énergétique des navires (en kwh) en émissions polluantes (en grammes) à l'aide d'un « facteur d'émissions » développé par l'OMI. Ce facteur d'émissions se décompose par type de polluants et prend en compte le combustible utilisé, l'année de construction du navire et la puissance du moteur principal. Nous nous basons donc sur les données AIS et sur une base de données sur les navires contenant les informations de motorisations pour calculer l'énergie consommée.

Cette méthodologie de calcul permet d'établir un état des lieux des émissions polluantes de la navigation maritime dans une aire géographique donnée et venir en soutien de politiques publiques. Ces analyses des émissions polluantes pourraient permettre d'évaluer l'impact réel de la mise en place d'une nouvelle réglementation ou d'une nouvelle infrastructure. Par exemple, il est possible de simuler l'apport environnemental de l'insertion d'une limitation de vitesse à 12 nœuds d'un espace maritime définie, la création d'une nouvelle ECA (zone de contrôle des émissions atmosphériques), la mise en place de branchement à quai sur un terminal, ...

**Figure 7 : Estimation des émissions polluantes de la circulation maritime dans le Golfe de Gènes**



Source : Les auteurs, 2021.

## Conclusion

Outil opérationnel, généralisé et exploité par de nombreux acteurs, l’AIS procure de précieux renseignements en premier lieu aux équipages, ainsi qu’aux organes de régulation à terre pour la sécurité de la circulation maritime mais également aux acteurs économiques ou aux chercheurs. Grâce à l’AIS, nous avons la possibilité d’obtenir une vision en temps réel du trafic maritime à l’échelle mondiale, ce qui offre un potentiel d’applications diverses et novatrices. L’AIS devient de fait un outil essentiel pour l’aide à la décision et l’intelligence économique, tant pour les acteurs du secteur maritime que pour les décideurs publics. Il permet de concevoir des stratégies commerciales et tarifaires, d’optimiser les investissements portuaires, d’analyser la performance des ports, et même d’évaluer l’impact d’événements tels que des sanctions économiques ou des crises majeures sur le transport maritime.

Le projet CIRMAR, développé par des chercheurs de l’Université Le Havre Normandie, a permis de mettre en place une plateforme de recherche qui collecte et analyse les données AIS des navires marchands. Cette plateforme offre une vue complète et détaillée des mouvements des navires, de leurs

caractéristiques techniques, des escales portuaires, et même des types de marchandises transportées. Cette richesse d'informations permet une analyse approfondie de la circulation maritime, des aléas du transport maritime et ouvre la porte à de multiples applications opérationnelles.

Avec CIRMAR et les travaux de l'équipe DEVPORT ([www.devport.fr](http://www.devport.fr)), le champ des possibles s'avère quasi infini sous condition que les analyses soient connues et utilisées par les décideurs, les opérateurs et les investisseurs, en partenariat avec les chercheurs et les analystes. Les possibilités d'exploitation des informations issues des signaux AIS donnent à ce dispositif un caractère d'information globale, en effet il est :

- Riche en possibilité de développements théoriques dans de nombreuses disciplines puisque c'est, avec son équivalent aérien, la seule source de suivi continu d'objets mobiles à l'échelle planétaire ;
- Multi échelles, temporelles et spatiales ;
- Multi finalités : aide à la navigation, suivi des flux économiques mondiaux, analyse des comportements d'acteurs économiques, comportements des marins, interactions avec l'environnement... ;
- Multi usages : gestion des lignes maritimes, de la circulation, des escales portuaires, construction d'indicateurs de fiabilité, de performance, impacts sur les chaînes logistiques...

De ce fait, l'AIS peut servir les stratégies de demain pour les autorités portuaires, les pouvoirs régaliens, les compagnies maritimes ou d'autres acteurs.

Bien plus qu'un simple système de localisation pour les navires, l'AIS s'impose comme un outil stratégique, polyvalent et indispensable pour comprendre, analyser et anticiper les enjeux du transport maritime à l'échelle mondiale, contribuant ainsi à une meilleure gestion, sécurité et durabilité de cette industrie vitale pour l'économie mondiale. En cette ère de transformation énergétique et environnementale, l'AIS offre également la possibilité de calculer les émissions polluantes de la circulation maritime, ce qui est essentiel pour développer des stratégies de décarbonation dans le domaine maritime et portuaire.

## Bibliographie

- Kerbiriou, R., (2023), Baltic and Russian ports in war time (AIS approach), in Pundziūtė-Gallois E., Serry A. (Dir.), *Permacrisis & Logistics: from assessment to foresight*.
- Kerbiriou, R., & Serry, A. (2023). Estimation and analysis of container handling rates in European ports, *Journal of Transport Geography*.
- Kerbiriou, R., & Serry, A. (2023), Transport maritime : 40 ans de course au gigantisme, *The Conversation*, <https://theconversation.com/transport-maritime-40-ans-de-course-au-gigantisme-206780>
- Serry A., Daudet B., Alix Y. (2023), Comment les ports de la mer Baltique s'adaptent à la nouvelle donne géopolitique, *The Conversation*, <https://theconversation.com/comment-les-ports-de-la-mer-baltique-sadaptent-a-la-nouvelle-donne-geopolitique-201609>.
- Serry, A., & Lévêque, L. (2015), Le système d'identification automatique (AIS). Une source de données pour étudier la circulation maritime. *Netcom. Réseaux, communication et territoires*, (29-1/2), 177-202.
- Yang D. et al. (2019), How big data enriches maritime research – a critical review of Automatic Identification System (AIS) data applications, *Transport Reviews*, 39(6), 755-773.



# Nouveaux concepts logistiques et problématiques technologiques en Arctique : questionnements sur les opérations portuaires

*Roberto RIVAS-HERMANN*

*Professeur Associé*

Centre for High North Logistics – Nord University Business  
School – Nord University

Bodø

Norvège

# Introduction

L'Arctique, une région d'une complexité incomparable, se trouve à un tournant critique de l'histoire. Alors que le monde est confronté aux régimes climatiques changeants, cette étendue vulnérable affronte un ensemble unique de défis environnementaux (AMAP, 2020). Dans ce contexte, la nécessité de disposer de systèmes de transport robustes et durables n'a jamais été plus urgente, en particulier dans les hautes latitudes du nord de l'Arctique. Tandis que le secteur logistique mondial a été transformé par des avancées technologiques – allant de l'Internet des Objets et l'Industrie 4.0 au « blockchain » et à la numérisation – leur application dans l'Arctique reste un domaine propice à la recherche et au développement.

Dans le domaine de la gestion portuaire, de tels concepts logistiques émergents suscitent de l'intérêt dans des discussions autour de la gouvernance et le marketing. En effet, quelques-uns de ces débats portent sur des problématiques telles que :

- i) la numérisation et la gestion des données, avec les autorités portuaires qui se transforment en centre numérique avec des *data managers* neutres qui cherchent à optimiser les processus pour rendre plus efficient l'utilisation des infrastructures (Tijan et al., 2021) ;
- ii) des obstacles comme les politiques d'écosystèmes hostiles, les mauvaises infrastructures, ainsi qu'un manque de R&D, qui entravent l'opération efficace des logistiques portuaires de l'Industrie 4.0 (Sarkar and Shankar, 2021) ;
- iii) les ports, particulièrement les ports secondaires, peuvent devenir des participants majeurs dans des chaînes d'approvisionnement circulaires, confrontés aux défis telles que l'incertitude des flux de retour et les infrastructures du transport (Mańkowska et al., 2020) ;
- iv) La durabilité environnementale axée sur l'intelligence artificielle devient l'objectif prioritaire, surtout dans les terminaux portuaires non automatisés (Tsolakis et al., 2022) ;
- v) Les ports mettent l'accent de plus en plus sur la performance environnementale et la responsabilité des entreprises, surtout lorsqu'ils ont un objectif compétitif concernant la logistique (Acciaro, 2015).

Dans l'Arctique, il est important de tenir compte de certaines considérations à ce sujet :

- Les conditions climatologiques et fonctionnelles posent de sérieuses limitations à la diffusion de technologies logistiques émergentes comme les navires semi-autonomes et autonomes ;

- Les concepts logistiques comme l'Industrie 4.0 et l'économie circulaire opèrent à un niveau de chaîne d'approvisionnement qui a des conséquences pour les industries basées dans l'Arctique, spécialisées dans les matières premières et les industries extractives ;
- La numérisation de la logistique et de la gestion des chaînes d'approvisionnement est particulièrement pertinente en ce qui concerne les opérations de transport maritime équipées d'aides à la navigation, des services climatologiques et de l'information sur les glaces ;
- Une technologie émergente est la « blockchain », un sous-ensemble d'outils numériques en gestion de chaîne d'approvisionnement ; son utilisation dans un contexte arctique est relativement sous-explorée mais peut être associée au développement des centres de données et aux activités informatiques associées.

Malgré le corpus de recherche grandissant consacré aux technologies logistiques émergentes, il reste incertain qu'on parvienne à une connaissance aboutie sur les implications pour les ports arctiques et les systèmes de transport. Cette lacune dans la littérature est particulièrement significative étant donné le rôle critique que joue la gestion portuaire dans l'Arctique, dont les conséquences sont considérables pour les communautés locales, les activités économiques, et les écosystèmes sensibles. Ce chapitre a pour objectif de combler ce fossé en posant une question principale : « *Quels sont les concepts et les technologies logistiques innovantes pour l'optimisation des services logistiques et l'évaluation du niveau d'adaptabilité pour les conditions arctiques ?* »

La liste ci-après reprend les concepts et les technologies logistiques à l'étude dans ce chapitre, en tant qu'exploration initiale de la littérature :

- Economie circulaire ;
- Industrie 4.0 ;
- Digitalisation/Blockchain ;
- Navire maritime autonome et transport maritime 4.0 ;
- Internet physique ;
- Systèmes de transport intelligents ;
- Crowd Shipping et la livraison collaborative.

A travers cette exploration, notre cible est d'avoir une connaissance plus nuancée sur la gestion portuaire dans l'Arctique, et de proposer des éclairages déterminants pour la prise de décisions, la gestion de l'environnement et le développement durable dans un des écosystèmes les plus vulnérables et en mutation rapide.

## *Une approche méthodologique*

Nous avons procédé à une recherche approfondie dans deux bases de données bien connues, Web-of-Science et Scopus, utilisant un ensemble de mots clés énumérés ci-avant dans l'introduction, ainsi que des termes comme « Arctique », « Grand Nord » et « Polaire ». Notre attention était portée sur les publications scientifiques et académiques identifiées entre 2000 et 2023, incluant différents types de documents écrits en anglais comme des articles dans des revues, des chapitres de livres et des communications issues des conférences. Nous avons identifié 126 articles issus de Web-of-Science et 314 de Scopus. L'examen des titres et des résumés de chaque article pour en comprendre la pertinence a permis de retenir une liste finale de 82 articles qui ont été téléchargés et analysés en profondeur suivant la méthode décrite dans la Figure 1 suivante.

**Figure 1 : Relation entre les sujets et les sous-questions posées avec la source de l'information**

Sujets	Sous-question
Définir la technologie/le concept logistique et son caractère innovant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition de la technologie émergente/d'un concept logistique</li> <li>- Quel niveau d'adaptabilité (ferme, chaîne d'approvisionnement, navire, port, etc.) ?</li> <li>- Quels sont les coûts/la proposition de valeur de l'adoption et comment remplace-t-elle les technologies existantes alternatives ?</li> <li>- Quelle est l'intensité du degré d'adoption de cette technologie/ de ce concept/de ce combustible au sein du marché logistique international et dans l'Arctique en particulier ?</li> </ul>
Les conditions dans l'Arctique	- Quelles conditions dans l'Arctique (climat, industrie, chaîne d'approvisionnement) s'insèrent bien dans cette technologie ?

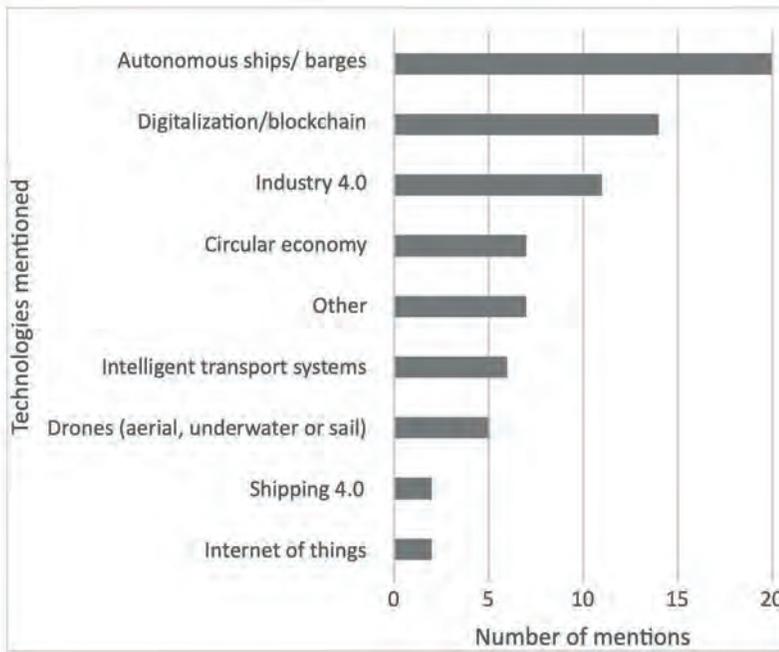
Source : l'Auteur, 2023

La contribution est structurée avec une première section qui explore les résultats alors qu'une deuxième section décrit les cinq différentes typologies principales de nouvelles idées logistiques tandis que la section 3 examine la façon dont les différentes industries adoptent ces idées. La section 4 explique en quoi les conditions uniques de l'Arctique affectent ces nouvelles méthodes logistiques, et la Section 5 décrit les avantages que nous pourrions en tirer par leur utilisation. Une conclusion reprend les points majeurs pour débattre de ce qu'ils représentent pour la gestion des ports arctiques afin d'examiner leurs implications potentiels pour les gestionnaires et décideurs politiques.

## *Cinq catégories de concepts logistiques émergents et ses applications dans l'Arctique*

Cette partie explore les définitions des concepts logistiques émergents et la façon dont ils sont conceptualisés dans le contexte de l'Arctique. La revue de la littérature académique sur les technologies logistiques dans l'Arctique fait clairement apparaître l'importance de la transformation numérique et de l'automatisation. La technologie mentionnée le plus souvent concerne les navires et systèmes de barges autonomes, cités dans 20 articles. Cette prévalence souligne le rôle crucial que jouent ces unités dans l'Arctique. Leur capacité d'opérer avec une intervention humaine minimale non seulement réduit le risque d'accidents mais optimise aussi les voies de navigation maritimes dans des conditions rigoureuses de l'Arctique.

**Figure 2 : Principales technologies mentionnées dans la revue de la littérature**



Source : l'Auteur, 2023

Le rôle du numérique et de la « blockchain » dans la logistique arctique se détache aussi, avec 14 mentions. Ces technologies sont reconnues pour leur capacité de rationaliser les chaînes d'approvisionnement et de renforcer l'efficacité opérationnelle. Dans l'environnement arctique difficile, il est crucial de garantir le suivi des marchandises et des transactions en

temps réel. La « blockchain », en particulier, assure une grande transparence et fiabilité dans ce contexte exigeant. L'Industrie 4.0, qui fait référence à l'automatisation actuelle des modes de fabrication et industrielle classique, est mentionné 11 fois. Ceci suggère que le secteur de la logistique arctique n'est pas coupé des tendances mondiales d'automatisation industrielle. Des technologies avancées, y compris l'IA, le « machine learning », et la robotique, sont de plus en plus exploités pour faire face aux problématiques uniques présentées par l'Arctique.

Il est tout aussi intéressant de noter la mention fréquente du concept d'économie circulaire, avec 7 occurrences. Ceci met en évidence la conscience grandissante de l'importance des pratiques durables dans les opérations arctiques. L'économie circulaire met l'accent sur l'efficacité des ressources et la réduction des déchets, principes qui sont particulièrement pertinents étant donnée la vulnérabilité de l'environnement de la région arctique.

Les systèmes de transport intelligents et les drones (aériens, sous-marins ou voiles) qui emploient des technologies de l'information et de la communication sont une aide précieuse pour l'amélioration de l'efficacité de transport et la sécurité, surtout dans les conditions imprévisibles de l'Arctique. Les drones, d'autre part, apportent des solutions innovantes dans les domaines de la surveillance, de la cartographie et de la livraison. Ils peuvent accéder à des lieux isolés et recueillir des données de grande valeur pour la planification logistique.

L'industrie maritime 4.0 et l'Internet des Objets (IdO) ont chacun deux citations, ce qui suggère un passage à la numérisation dans les opérations maritimes en Arctique. Les dispositifs IdO, parallèlement, améliorent la surveillance et la gestion des opérations logistiques en temps réel, ce qui constitue un avantage significatif dans l'environnement arctique très difficile.

### **Les véhicules autonomes et la navigation**

Les véhicules autonomes et la navigation, définis comme l'emploi de véhicules autoguidés équipés de technologies de communication et de détection intégrées pour naviguer à travers différents terrains, sont une catégorie majeure au cœur des opérations arctiques. Ces systèmes varient entre véhicules sous-marins autonomes (Robot sous-marin autonome – AUV en anglais) et navires, brise-glaces, et convois routiers autonomes. Ils représentent un élément clé dans l'avancement de la logistique, de l'inspection, et de la surveillance de l'environnement, offrant le potentiel de révolutionner la façon dont ces opérations sont menées (Cokelet et al., 2016 ; Endachev et al., 2020 ; Hoyhtya et al., 2017 ; Kaminski et al., 2010 ; Kotilainen et al., 2021 ; Mills et al., 2011 ; Munim et al., 2022 ; Perera, 2020 ; Utne et al., 2017 ; Wadhams and Krogh, 2019). Cependant, le déploiement de

véhicules autonomes et de systèmes de navigation dans l'environnement rigoureux et imprévisible de l'Arctique présentent un bon nombre de défis techniques, logistiques et opérationnels.

En termes de défis techniques, un obstacle de taille est la conception de systèmes robustes pour les AUV qui peuvent résister à l'environnement hostile de l'Arctique. Les connecteurs et les alimentations sous-marins, identifiés comme étant les plus fréquents points de défaillance, nécessitent des conceptions qui permettent des remplacements modulaires et des mesures ultra fiables (S-D) (Mills et al., 2011). Les défis logistiques sont particulièrement affirmés dans des enquêtes AUV sous-glace dans l'Extrême Arctique canadien, en raison du froid extrême, des conditions climatiques changeantes, et de l'épaisse couche de glace permanente multi-annuelle (Kaminski et al., 2010). Les défis opérationnels comprennent plusieurs questions différentes. Par exemple, la création de catégories de navires autonomes compétitifs pour les voies de navigation en Arctique implique la considération de différents facteurs, telles que les charges d'exploitation et les acquisitions d'immobilisations, la navigabilité sur l'année, et les communications fluides navire-terre, surtout par les conditions météorologiques hostiles et au-delà de 75 degré de latitude nord (Munim et al., 2022).

Par ailleurs, les systèmes de pilotage autonomes et les systèmes connectés doivent être soumis à des essais rigoureux dans des conditions météorologiques différentes. Ils doivent mettre en place une communication hybride, assurer un positionnement très précis de véhicule, et permettre la commande à distance des véhicules via la communication cellulaire (Kotilainen et al., 2021). Le fonctionnement des brise-glaces autonomes dans les zones portuaires exige des systèmes sophistiqués capables d'identifier les endroits optimaux dans la glace pour les percuter à une vitesse suffisante en évitant une collision (Hoyhtya et al., 2017).

En effet, le développement d'un système de navigation autonome suffisamment intelligent est essentiel et présente ses propres défis. Un cadre structuré qui supporte les considérations de navigation de ces vaisseaux est crucial mais s'est avéré difficile à réaliser (Perera, 2020). Ces défis soulignent la nécessité de poursuivre les recherches, les essais, et l'innovation pour assurer le déploiement efficace et sûr des véhicules et les systèmes de navigation autonomes dans l'environnement arctique.

### ***L'analyse de données et le support décisionnel***

Dans le contexte de l'Arctique, l'analyse des données et le support décisionnel traitent essentiellement l'intersection de la technologie, la finance, la gestion des chaînes d'approvisionnement, la navigation et la

gestion environnementale. L'essentiel repose sur la conversion en analyses décisionnelles de quantités vastes de données, conduisant à des prises de décisions éclairées. Ces décisions ont un impact non seulement sur l'efficacité fonctionnelle immédiate mais déterminent aussi la durabilité à long-terme dans l'environnement hostile et toujours changeant de l'Arctique. L'accent mis sur la prise de décision dans cette catégorie inclut les décisions financières pour les armateurs qui visent à se conformer aux règlements plus rigoureux sur les émissions, les décisions sur les chaînes d'approvisionnement pour optimiser la distribution de tâches dans les systèmes de transports, les décisions liées à la navigation pour améliorer les performances de positionnement des unités autonomes, et les décisions environnementales pour améliorer les stratégies de gestion des déchets (Bui and Perera, 2020 ; Kirkko-Jaakkola et al., 2019 ; Nilsen, 2020 ; Wennersberg et al., 2020).

Dans l'Arctique, l'ambition de réduire les émissions et en même temps de maintenir l'efficacité opérationnelle est une tâche ardue. Le mariage de méthodes financières comme l'Analyse des Coûts du Cycle de Vie (ACCV) avec l'analyse analytique des données avancées issues de l'Intelligence Artificielle et du Machine Learning offre une solution prometteuse. Cependant, la complexité de cette intégration et la mise en œuvre pratique posent des défis importants (Bui and Perera, 2020). En outre, la distribution de tâches dans les systèmes de transport par voie d'eau, entre navire et quai, et entre systèmes automatisés et humains, est un processus complexe. Elle demande une identification systématique et une répartition détaillée dans le cadre d'un modèle de transport qui retient aussi le flux de marchandises et de l'information (Wennersberg et al., 2020). La navigation, également, est un aspect critique dans l'Arctique, compte tenu des conditions rigoureuses et du recours au positionnement précis pour l'opération sûre des véhicules autonomes et des systèmes de transport intelligent (Intelligent Transport Systems (ITS)). Des techniques comme le *filtre de Kalman* joue ici un rôle primordial (Kirkko-Jaakkola et al., 2019).

Enfin, l'environnement arctique présente aussi des défis uniques en gestion des déchets. L'analyse de données détaillée peut aider à identifier les types de déchets les plus abondants et peut investiguer la hiérarchie dans la gestion des déchets, permettant ainsi d'élaborer des stratégies améliorées (Nilsen, 2020). En conclusion, l'analyse des données et support décisionnel demeure un facteur clé dans les opérations durables, efficaces, et sûres dans l'Arctique, offrant des perspectives critiques pour les prises de décision dans de nombreux domaines.

## Transformation numérique et Internet des objets

Dans l'ère de la transformation numérique, l'utilisation de technologies innovantes, comme l'Internet des Objets, les jumeaux numériques ou encore la technologie « blockchain », est en train de modifier les industries, région de l'Arctique incluse (Guo et al., 2022 ; Krasulina et al., 2021 ; Vasileva et al., 2021). Le contexte unique et complexe de l'Arctique a conduit à des défis et des opportunités distinctes pour la mise en œuvre de ces technologies poussées, qui exigent une attention et une adaptation soutenues pour réaliser leur plein potentiel (Figure 3).

A titre d'exemple, l'utilisation de la technologie « blockchain » peut renforcer à distance la surveillance, la maintenance et la traçabilité en temps réel des capteurs de l'exploration gazière et pétrolière polaire (Guo et al., 2022). Néanmoins, la recherche sur son application est actuellement limitée à l'étape opérationnelle, dépourvue d'un champ plus large comprenant les étapes de production et d'installation. Ceci souligne la nécessité d'efforts de recherche et le développement exhaustif pour maximiser le potentiel de la technologie « blockchain » en exploration arctique.

Les dispositifs basés sur les capteurs et l'IdO utilisés pour la surveillance environnementale changent aussi les règles du jeu, offrant le potentiel de la collecte et le traitement des données précis en temps-réel (Monteiro and Parmiggiani, 2019 ; Prabowo et al., 2021). Pourtant, les difficultés opérationnelles rencontrées dans l'environnement extrême de l'Arctique sont importantes, en particulier concernant les implications posées par le changement climatique et la fonte des glaces. De plus, les incertitudes liées à la modélisation des données, les défaillances d'algorithme, ainsi que les besoins en puissance informatique élevée posent des défis supplémentaires (Perera and Mo, 2017).

Les technologies de l'Industrie 4.0, englobant les systèmes cyber physiques (CPS), IdO, et le cloud computing, gagnent en importance dans la région arctique (Krasulina et al., 2021). Leur mise en œuvre réussie nécessite un accès internet robuste, abordable et généralisé ainsi que le développement rapide des infrastructures de l'information et de la communication, en particulier dans les lieux peu peuplés. En outre, la numérisation des infrastructures du transport dans l'Arctique ressort comme étant un facteur important pour améliorer l'accessibilité aux transports dans la région (Ablyazov and Asaul, 2021). Ceci comprend le développement de villes intelligentes avec une gestion des ressources optimisée et la disponibilité de services (Detter et al., 2021). Néanmoins, les sanctions qui empêchent les achats R&D sur un plan mondial soulignent la nécessité d'investir dans les projets et les technologies nationales (Komkov and Bondareva, 2020).

**Figure 3 : Les technologies logistiques émergentes mentionnées dans la littérature et le contexte arctique**

<b>Technologie de base ou concept logistique</b>	<b>Défis majeurs</b>	<b>Référence</b>
Technologie « Blockchain » pour capteurs pour l'exploration gazière et pétrolière polaire	Recherche limitée sur l'application « blockchain » au-delà de l'étape opérationnelle	(Guo et al., 2022)
Dispositif basé sur les capteurs pour l'exploration et la surveillance du territoire arctique	Défis opérationnels dans l'environnement extrême de l'Arctique	(Prabowo et al., 2021)
Technologies de l'Industrie 4.0 (CPS, IoT, cloud computing)	Nécessité des communications fiables et abordables et du développement des infrastructures rapide	(Krasulina et al., 2021)
Numérisation de l'infrastructure de transport arctique	Accessibilité des transports réduite nécessitant l'amélioration de l'infrastructure	(Ablyazov and Asaul, 2021)
Développement des infrastructures numériques pour l'Industrie 4.0	Diminution de l'utilisation de programmes spéciaux pour la recherche et la gestion des processus	(Kozlov et al., 2021)
Numérisation de la navigation dans l'Arctique	Développement insuffisant de services et de plateformes numériques	(Vicentiy, 2021)
IdO pour Systèmes Industriels	Difficultés à traiter les données à grande échelle, comprenant l'incertitude dans la modélisation des données et le besoin d'une puissance informatique élevée	(Perera and Mo, 2017)
Numérisation et IA	Sanctions empêchant les achats R&D dans le monde	(Komkov and Bondareva, 2020)
Constellation de satellites pour navires autonomes	Définir les paramètres de liens de communication	(Yastrebova et al., 2019)
Surveillance environnementale marine basée sur l'IdO	Pression économique et les défis concernant les connaissances produites par les compagnies pétrolières	(Monteiro and Parmiggiani, 2019)
Jumeaux numériques	Gérer les risques financiers, technologiques et de construction	(Vasileva et al., 2021)
Normes Ville Intelligente	Intégrant des solutions numériques et techniques poussées	(Detter et al., 2021)
Transformation numérique de la région arctique	Formation de l'infrastructure innovante dans la zone arctique	(Plakhotnikova et al., 2020)

Source : l'Auteur, 2023

Les constellations de satellites pour navires autonomes (Yastrebova et al., 2019), la numérisation de la navigation arctique (Vicentiy, 2021), et le développement de jumeaux numériques (Vasileva et al., 2021) constituent des exemples supplémentaires de technologies innovantes qui catalysent la transformation numérique de la région arctique.

En résumé, la transformation numérique dans le contexte de l'Arctique apporte des opportunités énormes, avec son lot de défis uniques qui reposent sur les progrès et l'adaptation des solutions issues de la R&D ainsi que de la création d'infrastructures numériques robustes (Plakhotnikova et al., 2020).

## La gestion de l'énergie et des ressources

L'enjeu global pour l'Arctique, et l'argument central de cette quatrième catégorie, reposent sur la gestion durable et efficace de l'énergie et des ressources (Figure 4).

**Figure 4 : Aperçu des concepts logistiques associés et de la gestion des ressources**

Technologie de base ou concept logistique	Reference
Développement des gisements d'hydrocarbures dans la zone arctique	(Katysheva, 2021)
Stratégies basées sur la technologie pour la sécurité du gaz et du pétrole	(Bianco et al., 2021)
Système des transports et de la logistique arctiques	(Seliverstov et al., 2021)
Transition vers l'économie circulaire	(Gutman and Teslya, 2020)
Economie circulaire dans le domaine de l'extraction de minéraux solides	(Knysh, 2020)
Modernisation technologique du secteur minier	(Zharov et al., 2021)
Quatrième révolution industrielle et la robotique	(Kharlamova et al., 2020)

Source : l'Auteur, 2023

D'un côté, nous disposons d'infrastructures logistiques dans l'Arctique russe qui, en dépit de son potentiel, reste sous-développées et fragmentées car elles sont touchées par des coûts élevés, des problèmes de sécurité, des conditions météorologiques difficiles et une dépendance importante vis-à-vis de la Russie continentale (Cherenkov et al., 2020). De plus, le projet ambitieux de développer les gisements d'hydrocarbures dans la zone arctique présente sa propre série de défis, notamment en ce qui concerne

la formation d'infrastructures côtières complexes pour soutenir les compagnies minières (Katysheva, 2021). Il s'agit ainsi de trouver un équilibre pour s'assurer que les bénéfices économiques ne compromettent pas la sécurité, comme c'est le cas de la sécurité pétrolière et gazière (Bianco et al., 2021) ou l'harmonie de l'écosystème fragile dans l'Arctique.

Les systèmes des transports et de la logistique dans l'Arctique, vitaux pour le support aux activités de prospection des ressources, nécessitent une attention particulière en ce qui concerne la sécurité maritime, l'harmonisation des infrastructures, la formation des équipages, et les systèmes de surveillance (Seliverstov et al., 2021). Une transition à l'économie circulaire est considérée comme étant un moyen d'atténuer quelques-unes des inquiétudes liées à ces activités (Gutman and Teslya, 2020 : 159-160), mais elle est freinée par la législation désuète et l'absence d'une stratégie unifiée (Gutman and Teslya, 2020). Il existe aussi des incertitudes en ce qui concerne l'application des principes d'économie circulaire au sein de l'industrie minière (Knysh, 2020). Enfin, la région arctique est concernée par les impacts d'une quatrième révolution industrielle qui suscite des changements drastiques en raison de la croissance robotique. Ce changement pose des défis, en particulier pour la livraison du gaz naturel (Kharlamova et al., 2020), et souligne le besoin d'une modernisation technologique dans l'industrie minière, un secteur qui fait face actuellement à un faible potentiel d'innovation (Zharov et al., 2021). La gestion d'énergie et de ressources dans l'Arctique est un problème complexe, intimement liée aux problématiques environnementales, logistiques et technologiques.

## **Les infrastructures et le développement**

Dans un monde qui se transforme rapidement à travers la numérisation et l'automatisation, l'Arctique apporte des opportunités et des défis uniques dans le cadre du développement des infrastructures. La voie à suivre dans la région arctique repose sur la capacité d'adapter et d'intégrer des technologies innovantes et durables dans l'environnement du nord (Hall, 2020). Les infrastructures et le développement comprennent des solutions logistiques étroitement liées à l'adoption de technologies de pointe et offrent des possibilités prometteuses quant à la productivité et l'efficacité. Cependant, le défi fondamental repose sur l'adaptation et l'intégration efficaces dans les environnements exigeants du nord. La durabilité doit rester un aspect clé pour s'assurer que le développement des infrastructures de l'Arctique ne se réalise pas au détriment de l'intégrité environnementale arctique.

Un projet pionnier dans la région arctique se rapporte au développement de nouveaux systèmes de production dans un subtil équilibre entre l'utilisation de précieuses et abondantes ressources d'une part et la préservation

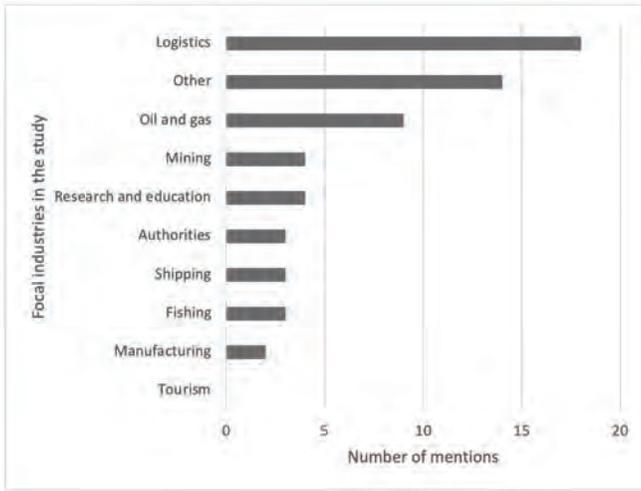
durable de l'environnement d'autre part (Konnikov et al., 2019). Il en résulte un besoin critique de planification stratégique et de technologies innovantes qui maximisent la productivité et en même temps minimisent l'impact sur l'environnement. Un cas notable d'une mise en œuvre de technologie innovante dans l'Arctique est la *Smart ICE Technology*, la technologie automatisée minière, et les plateformes pétrolières et gazifières offshore (Hall, 2020). En dépit des promesses que laissent entrevoir ces technologies, leur intégration efficace dans les environnements du nord demeure un défi clé. Un autre projet intéressant est l'investissement du bio raffinage dans la phase de planification et le service de traitement en cours des scories (Husgafvel et al., 2017). Le potentiel du développement industriel durable dans l'Arctique repose sur le déploiement de processus industriels spécifiques et développés sur mesure pour répondre aux spécificités Arctique.

### *L'adoption sectorielle et la répartition géographique des études sur les concepts et technologies logistiques émergents*

L'industrie de la logistique, dans sa quête de rationalité et d'efficacité, utilise le plus (18 mentions) les concepts et technologies logistiques émergents, ce qui n'est pas surprenant vu le potentiel pour réduire les coûts et améliorer la productivité opérationnelle. Suit la catégorie « autres » (14 mentions) qui regroupe divers secteurs allant de l'aménagement urbain, des compagnies de services et d'informatique à la recherche et le sauvetage, le transport maritime, le secteur manufacturier, voire la conception des navires.

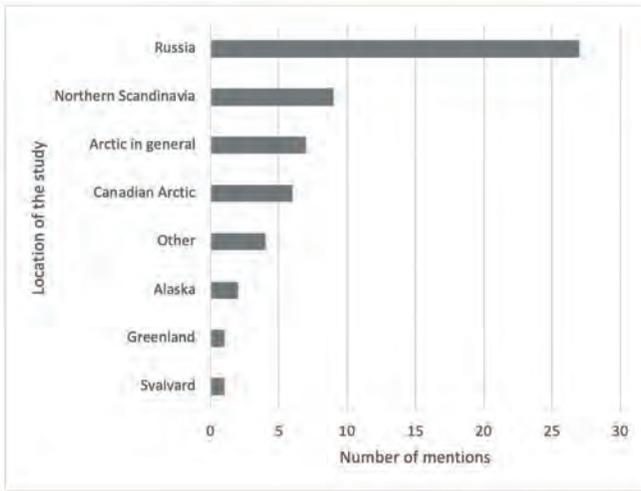
L'industrie pétrolière et gazifière suit de près (9 mentions), étant donné les défis logistiques uniques associés aux processus d'exploration, d'extraction, et de distribution dans cette industrie, particulièrement dans des environnements isolés ou hostiles comme l'Arctique. L'adoption de concepts et technologies logistiques devient critique avec l'actuelle transition de ces industries. Fait intéressant, le poids relatif de la catégorie « autorités » qui présuppose des pouvoirs réglementaires renforcés pour justement faciliter l'application de ces nouvelles technologies dans le contexte spécifique de l'Arctique. La recherche et l'éducation présentent le même nombre de mentions (4), confirmant leur intérêt sur des besoins spécifiques. A noter enfin que le secteur du tourisme, peut-être en raison des besoins logistiques distincts ou du manque de connaissance sur les avantages potentiels.

**Figure 5 : Typologies des industries et services qui intègrent les technologies et concepts logistiques innovants dans l'Arctique**



Source : l'Auteur, 2023

Les résultats compilés dans la figure 6 mettent en avant que la Russie ressort comme la principale région arctique, représentant 47,4 % de la totalité de la recherche. L'explication principale repose sur l'intensité des références incluses dans l'étude. Un grand nombre des citations est issu des actes de colloque en 2021 avec une grande participation d'universitaires russes. Après la Russie, le nord de la Scandinavie représente 15,8 % des études. Il faut rappeler que cette région, comprenant des parties de la Norvège, la Suède, et la Finlande, offre un avantage grâce à son accessibilité relativement plus facile et ses infrastructures bien établies. Par conséquent, les études menées dans le nord de la Scandinavie sont censées contribuer considérablement à la connaissance des défis et des solutions logistiques applicables également à d'autres régions arctiques.

**Figure 6 : Principales régions Arctique concernées par les études**

Source : l'Auteur, 2023

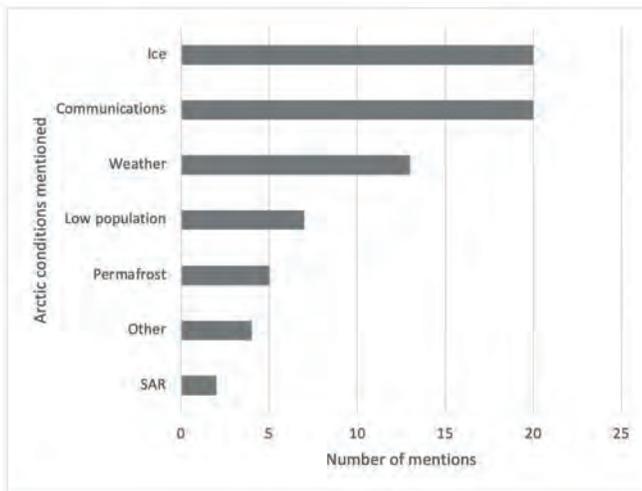
L'Arctique canadien, englobant un vaste et divers territoire, est le sujet de 10,5 % de la recherche. Les études menées dans cette région sont censées s'adresser aux considérations logistiques cruciales, étant donné l'emplacement stratégique du Canada et le rôle qui lui appartient en matière de logistique arctique, avec des implications pour d'autres parties de l'Arctique. Curieusement, certaines régions ont attiré une attention limitée dans la littérature universitaire. Le Svalbard et le Groenland, deux régions de l'arctique isolées et difficiles, ne représentent chacun que 1.8% de la totalité des études. Ces régions sont connues pour leurs conditions extrêmes et leurs défis logistiques uniques. Par conséquent, des recherches supplémentaires au Svalbard et au Groenland pourraient produire des perspectives précieuses dans le cadre des adaptations logistiques propres à ces territoires reculés de l'Arctique. En outre, la catégorie « Autre » englobe 7 % des recherches, susceptibles d'inclure certains endroits de l'Arctique moins connus ou émergents qui ne sont pas listés séparément dans le tableau comme par exemple la route maritime arctique.

La répartition des lieux de recherche met en relief la nature multidimensionnelle des concepts et les technologies logistiques adaptée aux conditions arctiques, chaque entité géographique présentant d'unique défis et d'opportunités logistiques. Tandis que certaines régions ont bénéficié d'une attention considérable, comme la Russie et la Scandinavie du nord, le rapport met l'accent sur la nécessité d'exploration supplémentaire dans des lieux moins connus, comme le Svalbard et le Groenland.

## *Les conditions arctiques exerçant une influence sur l'adoption de concepts logistiques émergents*

Les données présentées dans la figure 7 montre la répartition et la fréquence des conditions arctiques auxquelles font référence les articles, apportant un éclairage sur les facteurs déterminants que les chercheurs ont explorés dans la quête d'optimiser la logistique dans l'Arctique.

**Figure 7 : Les principales conditions spécifiques qui influencent l'adoption des concepts logistiques émergents dans l'Arctique**



Source : l'Auteur, 2023

Parmi les conditions arctiques évoquées dans les articles, les communications émergent comme un axe principal (20 mentions), soulignant l'importance primordiale d'établir des systèmes de communication efficaces et fiables dans l'environnement opérationnel de l'Arctique. Vu le caractère éloigné et isolé de plusieurs lieux arctiques et les défis potentiels posés par les conditions météorologiques extrêmes, la mise en place d'infrastructures de communication robustes est cruciale pour une meilleure sécurité et une meilleure efficacité d'opérations logistiques.

La glace, mentionnée également dans 20 articles, est un autre thème central dans la recherche de la logistique en Arctique. La présence de glace dans les eaux arctiques a un impact significatif sur la navigation maritime, le transport et le développement des infrastructures. Par conséquent, les chercheurs s'engagent à explorer des approches et des technologies innovantes dans le but de faciliter la sécurité de la navigation en eaux chargées en glace et de minimiser les risques potentiels posés par les formations de glace.

Les conditions météorologiques, évoquées dans 13 articles, constituent une autre considération cruciale en logistique arctique. La région arctique connaît des cycles météorologiques très variables aux changements rapides qui peuvent présenter des défis redoutables pour la planification et les opérations en logistique. Par conséquent, les chercheurs examinent consciencieusement les stratégies et les technologies d'adaptation pour tenir compte du caractère imprévisible de la météorologie arctique et d'assurer la résilience des opérations logistiques dans ce milieu exigeant.

La faible population, soulignée dans 7 articles, représente une autre condition arctique notable qui exerce une influence profonde sur la logistique. Le faible peuplement des régions arctiques introduit des défis en termes de disponibilité des ressources et de capital humain. Ainsi, les chercheurs favorisent la création d'approches innovantes pour optimiser l'efficacité logistique et en même temps minimiser l'impact environnemental dans les zones à faible densité démographique.

Le permafrost, cité dans 5 articles, constitue une caractéristique déterminante du paysage arctique avec des implications significatives pour le développement des infrastructures. La présence du permafrost pose des défis techniques, car la fonte du pergélisol peut conduire à l'instabilité des routes, des bâtiments, et des pipelines. Par conséquent, les chercheurs explorent avec diligence des techniques pour adapter les infrastructures aux conditions changeantes du permafrost, assurant ainsi la durabilité du développement arctique.

La catégorie « Autre », mentionnée dans 4 articles, ajoute de la complexité aux recherches de la logistique, à l'instar de la couverture satellite notamment alors que la mention « Search and Rescue » (SAR) n'est citée que dans 2 articles, soulignant toutefois l'importance des capacités d'interventions en cas d'urgence pour assurer la sécurité et le bien-être des personnels et des biens lors des opérations logistiques.

Les connaissances obtenues de ces études sont cruciales pour le développement de solutions logistiques opérationnelles, durables et efficaces dans le milieu rigoureux de l'Arctique. La logistique arctique est confrontée à trois défis majeurs :

- Les contraintes opérationnelles ;
- Les problèmes de gestion des données ; et,
- La limitation des infrastructures.

Les contraintes opérationnelles sont inhérentes dans l'environnement spécifique de l'Arctique et plusieurs technologies sont directement impactées. À titre illustratif, les robots sous-marins autonomes doivent prendre en compte les difficultés d'acheminement en raison du mauvais

temps (Kaminski et al., 2010), tandis que la navigation autonome fait face aux défis de la formation des équipages, des capacités opérationnelles portuaires, de la vitesse plus lente des navires ou encore des surcoûts d'assurances (Prabowo et al., 2021). Autre illustration, le véhicule de fret sans conducteur (*Unmanned Freight Vehicles (UFV)*), malgré la promesse d'améliorations dans la sécurité routière, l'efficacité des carburants, et la productivité du transport, doit aussi faire face aux conditions rigoureuses et imprévisibles arctiques (Endachev et al., 2020).

Les difficultés liées à la gestion des données posent un défi supplémentaire important. L'intégration de dispositifs de l'IdO et du « machine learning », essentielle pour l'amélioration de l'automatisation commerciale, affronte le défi de la mise en œuvre de ces systèmes sophistiqués dans un milieu isolé (Prabowo et al., 2021). Le « Big data », essentiel dans les études géologiques pour la création de jumeaux numériques précis et pour améliorer les algorithmes de fonctionnement, rencontre des difficultés pour l'acquisition et le traitement des données dans l'Arctique (Katysheva, 2021). L'utilisation des espaces de données de haute dimensionnalité pour la numérisation de bâtiments de mer est limitée à cause du traitement des données dans l'Arctique (Perera and Mo, 2017).

Enfin, les limitations infrastructurelles présentent un défi répandu dans toute la zone arctique. Malgré le potentiel de la technologie « blockchain » pour assurer notamment un environnement sûr pour le contrôle et la maintenance à distance des capteurs de prospection d'hydrocarbures, l'efficacité de la technologie n'a pas encore été entièrement démontrée dans les conditions polaires difficiles (Guo et al., 2022).

La mise en œuvre et l'opération de jumeaux numériques et de technologies autonomes affrontent elles aussi des défis similaires (Vasileva et al., 2021).

En résumé, les contraintes opérationnelles, les problèmes de la gestion des données, et les limitations infrastructurelles représentent des domaines critiques qui doivent être traités pour la bonne intégration des technologies émergentes dans la logistique arctique.

## *Les intérêts potentiels de l'adoption des concepts logistiques émergents*

Les intérêts potentiels décrits par la recherche antérieure se concrétisent essentiellement sous forme d'efficacité opérationnelle améliorée, de durabilité environnementale amplifiée, de gestion de risque robuste, et de stimulation du développement régional. Chaque intérêt est étayé par une

série d'avancements technologiques qui couvre la technologie numérique, l'automatisation, la gestion des données, et l'intelligence artificielle.

L'efficacité opérationnelle est un avantage marquant provenant de ces technologies émergentes. Les résultats de recherches effectuées par Mills et al. (2011) indiquent que l'intégration des véhicules autonomes sous-marins augmente de façon significative l'exploitation des véhicules et la planification des missions. Cette mise en valeur permet d'atténuer les erreurs de planification, telles qu'articulée dans Kaminski et al. (2010). En outre, la notion d'efficacité opérationnelle est étayée par la numérisation. Vicentiy (2021) explique de manière plus détaillée comment la transformation numérique de la logistique se manifeste comme une base de connaissances pour la navigation maritime arctique. En même temps, l'incorporation du système de contrôle intelligent numérique permet des analyses méticuleuses de données ainsi que des modifications au processus, contribuant à rationaliser les opérations (Marchenko and Babyr, 2021). Ce système s'intègre de manière transparente avec l'automatisation de la planification, la comptabilité, et la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Kozlov et al., 2021), nonobstant les défis posés par le développement stagnant des infrastructures numériques.

La durabilité environnementale est un autre domaine où les technologies produisent des rendements considérables. Selon Wennersberg et al. (2020) et Munim (2019), les navires de surface autonomes maritimes et le transport maritime autonome réduisent les coûts opérationnels et limitent les émissions de CO<sub>2</sub> et de NOX. De plus, les technologies numériques, y compris les drones, promeuvent les fondements d'une économie circulaire, favorisant ainsi le développement durable dans la région arctique (Cherenkov et al., 2020) en incluant même l'industrie minière par la réduction des externalités négatives sur l'environnement (Knysh, 2020).

La gestion de risque, une dimension critique en logistique arctique, est considérablement étayée par ces technologies novatrices. La technologie « Blockchain », comme définie dans Guo et al. (2022), constitue une plateforme robuste pour le stockage des données, pour la traçabilité, et propose des alertes précoces pour le dépannage de défaillances. L'utilisation d'outils de collecte de données automatisées, telle que les véhicules sous-marins autonomes et les aéronefs sans pilote (Wadhams and Krogh, 2019), facilite les relevés et les opérations dans les milieux périlleux. Une série de technologies englobant des vaisseaux sous-marins, des robots autonomes, l'intelligence artificielle, et les simulations (Bianco et al., 2021), ont joué un rôle crucial pour atténuer des événements catastrophiques et pour affiner les estimations de risque.

Enfin, ces technologies émergentes peuvent contribuer de manière significative au développement régional dans l'Arctique. La bio-économie, comme définie dans Husgafvel et al. (2017), exerce une influence positive sur l'économie

régionale. De même, le projet « Arctic Connect » est sur le point de favoriser le développement des infrastructures de l'information et de la communication dans la région (Ablyazov and Asaul, 2021). De plus, le refroidissement naturel pour les centres de données facilite le développement régional grâce aux réductions dans les coûts de consommation énergétiques (Plakhotnikova et al., 2020). Même les technologies comme l'impression 3D, répondent aux besoins de la production et aident à améliorer le fonctionnement des complexes de production arctiques (Konnikov et al., 2019 ; Tihinen et al., 2021).

Les avantages qui résultent de ces technologies émergentes pour la logistique arctique pourraient être profonds et de grande envergure. Néanmoins, le plein potentiel de ces avantages peut être réalisé uniquement par un effort concerté et coordonné de la part de tous les acteurs, assurant l'intégration et la mise en œuvre efficaces de ces technologies transformatrices.

## Conclusion

La problématique centrale de cette étude de recherche repose sur les conditions d'adaptation des concepts et des technologies logistiques émergents dans les conditions difficiles et uniques de l'Arctique. Cette problématique a été traitée dans un examen exhaustif de la littérature spécialisée, une analyse du contenu, et une synthèse des données, classant les technologies en cinq domaines clés : les véhicules et la navigation autonomes, l'analyse des données et l'aide à la décision, la transformation numérique et l'IdO, la gestion de l'énergie et des ressources, et les infrastructures et le développement.

Les technologies autonomes, particulièrement dans la navigation maritime, ont le potentiel de révolutionner la logistique arctique, en valorisant l'efficacité opérationnelle et en réduisant l'erreur humaine. Cependant, les conditions rigoureuses arctiques posent des défis techniques, logistiques, et opérationnels importants, qui doivent être abordés. Ces mêmes conditions exigent des prises de décision guidées par des volumes considérables de données, incluant des secteurs très différents comme la finance, la gestion des chaînes d'approvisionnement ou encore la gestion environnementale. L'Arctique n'est pas dissocié des tendances mondiales de la transformation numérique. Les technologies comme le « blockchain » et l'IdO apportent des avantages importants dans les domaines de la surveillance et de la traçabilité en temps réel mais affrontent des défis en ce qui concerne les infrastructures et la gestion des données.

La région arctique présente un paysage complexe en ce qui concerne la gestion de l'énergie et des ressources, nécessitant un équilibre entre les gains économiques, la sécurité, et la durabilité environnementale. La transition vers une économie circulaire est considérée comme étant une solution potentielle mais est entravée par des limitations législatives, réglementaires et stratégiques.

Le développement des infrastructures arctiques est étroitement lié à la bonne intégration des technologies émergentes. Bien que les projets comme la technologie SmartICE (la surveillance de la glace de mer et le suivi en temps réel) et le bio-raffinage soient porteuses de promesses, leur réalisation efficace demeure encore un défi.

Les avantages potentiels d'adoption de ces concepts logistiques émergents dans l'Arctique se matérialisent par une meilleure efficacité opérationnelle dans un temps long et « dé-risqué » à une grande échelle géographique. Cependant, le plein potentiel de ces avantages requiert un effort concerté et coordonné de la part de tous les acteurs, assurant l'intégration et la réalisation efficaces de ces technologies transformatrices, en particulier en matière de gestion portuaire arctique.

Etant donné la complexité et l'interdépendance de ces catégories, la recherche future devrait se focaliser sur des solutions intégrées qui répondent aux multiples défis de manière synchrone et simultanée. La région arctique, avec ses défis et ses opportunités uniques, est à la veille d'une révolution logistique. L'adaptation et l'intégration efficaces de technologies émergentes dans ce contexte ne constituent pas une simple question théorique mais une nécessité pratique pour l'avenir de la logistique arctique. D'un point de vue politique, la collaboration internationale est essentielle dans le but de normaliser les mises en œuvre technologiques et d'élaborer un cadre réglementaire qui encourage les pratiques durables.

# Bibliographie

- Abyazov, T., Asaul, V., 2021. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy. *Transp. Res. Procedia* 57, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.018>
- Acciaro, M., 2015. Corporate responsibility and value creation in the port sector. *Int. J. Logist. Res. Appl.* 18, 291–311. <https://doi.org/10.1080/13675567.2015.1027150>
- AMAP, 2020. Geographical Coverage | AMAP [WWW Document]. URL <https://www.amap.no/about/geographical-coverage> (accessed 1.19.22).
- Bianco, I., Ilin, I., Iliinsky, A., 2021. Digital technology risk reduction mechanisms to enhance ecological and human safety in the northern sea route for oil and gas companies, in: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, p. 06047. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202125806047>
- Bui, K.Q., Perera, L.P., 2020. A Decision Support Framework for Cost-Effective and Energy-Efficient Shipping. *Proc. Int. Conf. Offshore Mech. Arct. Eng. - OMAE 6A-2020*. <https://doi.org/10.1115/OMAE2020-18368>
- Cherenkov, V.I., Skripnuk, D.F., Tanichev, A. V., Safonova, A.S., 2020. A conceptual framework of logistics infrastructure for implementing the circular economy model in the Russian Arctic. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 539, 012077. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012077>
- Cokelet, E.D., Meinig, C., Lawrence-Slavas, N., Stabeno, P.J., Mordy, C.W., Tabisola, H.M., Jenkins, R., Cross, J.N., 2016. The use of Sildrones to examine spring conditions in the Bering sea. *Ocean. 2015 - MTS/IEEE Washingt.* <https://doi.org/10.23919/OCEANS.2015.7404357>
- Detter, G., Ljovkina, A., Tukkel, I., Redko, S., Tsvetkova, N., 2021. The concept of “Smart City”: specific nature of innovative development of Russian Arctic cities. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 816, 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012018>
- Endachev, D., Kolbasov, A., Karpukhin, K., 2020. The study of intelligent transport systems management of convoy of unmanned vehicles with a lead vehicle with the purpose of increase of efficiency of cargo transportation. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 431, 012052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/431/1/012052>
- Guo, S., Yu, X., Yang, S., Zhang, M., Yue, Y., Wang, J., Fu, C., 2022. A Blockchain-Based Performance Monitoring Platform for Polar Oil and Gas Exploration Sensors. *Adv. Transdiscipl. Eng.* 24, 779–786. <https://doi.org/10.3233/ATDE220511>
- Gutman, S., Teslya, A., 2020. Potential for transition to circular economy in regions of the Russian Arctic. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 539, 012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012064>
- Hall, H.M., 2020. Innovation, New Technologies, and the Future of the Circumpolar North, in: Coates, K.S., Holroyd, C. (Eds.), *The Palgrave Handbook of Arctic Policy and Politics*. Springer International Publishing, Cham, pp. 117–132. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20557-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20557-7_8)
- Hoyhtya, M., Huusko, J., Kiviranta, M., Solberg, K., Rokka, J., 2017. Connectivity for autonomous ships: Architecture, use cases, and research challenges. *Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Converg. ICT Converg. Technol. Lead. Fourth Ind. Revolution, ICTC 2017 2017-December*, 345–350. <https://doi.org/10.1109/ICTC.2017.8191000>

- Husgafvel, R., Poikela, K., Honkatukia, J., Dahl, O., 2017. Development and Piloting of Sustainability Assessment Metrics for Arctic Process Industry in Finland—The Biorefinery Investment and Slag Processing Service Cases. *Sustainability* 9, 1693. <https://doi.org/10.3390/su9101693>
- Kaminski, C., Crees, T., Ferguson, J., Forrest, A., Williams, J., Hopkin, D., Heard, G., 2010. 12 days under ice - An historic AUV deployment in the Canadian High Arctic. 2010 IEEE/OES Auton. Underw. Veh. AUV 2010. <https://doi.org/10.1109/AUV.2010.5779651>
- Katysheva, E.G., 2021. Application of BigData technology to improve the efficiency of Arctic shelf fields development, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p. 042080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/4/042080>
- Kharlamova, T., Kharlamov, A., Gavrilova, R., 2020. The development of the Russian economy under the influence of the Fourth Industrial Revolution and the use of the potential of the Arctic, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, p. 012113. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012113>
- Kirkko-Jaakkola, M., Marila, S., Thombre, S., Honkala, S., Koivula, H., Kuusniemi, H., Söderholm, S., 2019. Hybridization of GNSS and On-Board Sensors for Validating the Aurora Ecosystem, in: Proceedings of the 32nd International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GNSS+ 2019. Institute of Navigation, pp. 2172–2185. <https://doi.org/10.33012/2019:16916>
- Knysh, V.A., 2020. Problematic aspects and potentialities of applying the principles of a circular economy in the mining industry. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 539, 012065. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/539/1/012065>
- Komkov, N.I., Bondareva, N.N., 2020. Management of Technological Component in Development Programs of the Russian Arctic Zone. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 940, 012118. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012118>
- Konnikov, E.A., Konnikova, O.A., Rodionov, D.G., 2019. Impact of 3D-Printing Technologies on the Transformation of Industrial Production in the Arctic Zone. *RESOURCES-BASEL* 8. <https://doi.org/10.3390/resources8010020>
- Kotilainen, I.A., Händel, C., Hamid, U.Z.A., Nykänen, L., Santamala, H., Schirokoff, A., Autioniemi, M., Öörni, R., Fieandt, N., 2021. Connected and Automated Driving in Snowy and Icy Conditions - Results of Four Field-Testing Activities Carried Out in Finland. *SAE Int. J. Connect. Autom. Veh.* 4, 109–118. <https://doi.org/10.4271/12-04-01-0009>
- Kozlov, A., Kankovskaya, A., Teslya, A., 2021. Digital infrastructure as the factor of innovative development of Arctic regions in framework of Industry 4.0 concept, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, St. Petersburg, p. 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012012>
- Krasulina, O.Y., Rossokhin, V. V., Anosova, N.E., Khazov, V.K., 2021. Analysis of the innovative development of circumpolar countries in the context of the fourth industrial revolution. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 816, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012002>
- Mańkowska, M., Kotowska, I., Pluciński, M., 2020. Seaports as Nodal Points of Circular Supply Chains: Opportunities and Challenges for Secondary Ports. *Sustainability* 12, 3926. <https://doi.org/10.3390/su12093926>
- Marchenko, R., Babyr, A., 2021. Digitalization of Arctic Logistics Management Systems for Oil Transportation. *Transp. Res. Procedia* 54, 953–960. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.150>

- Mills, R., Fergsuon, J., Laframboise, J.M., Kaminski, C., Crees, T., 2011. 1000 Km of Under Ice Seabed Survey with an AUV. Soc. Pet. Eng. - Arct. Extrem. Environ. Conf. Exhib. 2011 1, 82–103. <https://doi.org/10.2118/149203-MS>
- Monteiro, E., Parmiggiani, E., 2019. Synthetic knowing. MIS Q. 43, 167–184. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2019/13799>
- Munim, Z.H., 2019. Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. Supply Chain Forum An Int. J. 20, 266–279. <https://doi.org/10.1080/16258312.2019.1631714>
- Munim, Z.H., Saha, R., Schøyen, H., Ng, A.K.Y., Notteboom, T.E., 2022. Autonomous ships for container shipping in the Arctic routes. J. Mar. Sci. Technol. 27, 320–334. <https://doi.org/10.1007/S00773-021-00836-8/FIGURES/2>
- Nilsen, H.R., 2020. The hierarchy of resource use for a sustainable circular economy. Int. J. Soc. Econ. 47, 27–40. <https://doi.org/10.1108/IJSE-02-2019-0103/FULL/PDF>
- Perera, L.P., 2020. Deep learning toward autonomous ship navigation and possible COLREGs failures. J. Offshore Mech. Arct. Eng. 142. <https://doi.org/10.1115/1.4045372/1066314>
- Perera, L.P., Mo, B., 2017. Digitalization of Seagoing Vessels Under High Dimensional Data Driven Models, in: Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/OMAE2017-61011>
- Plakhotnikova, M., Anisimov, A., Kulachinskaya, A., Mukhametova, L., 2020. The impact of digitalization of the economy on the development of enterprises in the Arctic. E3S Web Conf. 220, 01041. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022001041>
- Prabowo, A.R., Tuswan, T., Ridwan, R., 2021. Advanced Development of Sensors' Roles in Maritime-Based Industry and Research: From Field Monitoring to High-Risk Phenomenon Measurement. Appl. Sci. 2021, Vol. 11, Page 3954 11, 3954. <https://doi.org/10.3390/APP11093954>
- Sarkar, B.D., Shankar, R., 2021. Understanding the barriers of port logistics for effective operation in the Industry 4.0 era: Data-driven decision making. Int. J. Inf. Manag. Data Insights 1, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2021.100031>
- Seliverstov, S., Lukomskaya, O., Titov, V., Vashchuk, A., Khalturin, A., 2021. On building the architecture of the intelligent transportation system in the Arctic region. Transp. Res. Procedia 57, 603–610. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.089>
- Tihinen, M., Pikkarainen, A., Joutsenvaara, J., 2021. Digital Manufacturing Challenges Education—SmartLab Concept as a Concrete Example in Tackling These Challenges. Futur. Internet 13, 192. <https://doi.org/10.3390/fi13080192>
- Tijan, E., Jović, M., Panjako, A., Žgaljić, D., 2021. The Role of Port Authority in Port Governance and Port Community System Implementation. Sustainability 13, 2795. <https://doi.org/10.3390/su13052795>
- Tsolakis, N., Zissis, D., Papaefthimiou, S., Korfiatis, N., 2022. Towards AI driven environmental sustainability: an application of automated logistics in container port terminals. Int. J. Prod. Res. 60, 4508–4528. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1914355>
- Utne, I.B., Sørensen, A.J., Schjøberg, I., 2017. Risk Management of Autonomous Marine Systems and Operations, in: International Conference on Ocean, Offshore, and Arctic Engineering (OMAE). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/OMAE2017-61645>

- Vasileva, Z., Vasekha, M., Anikeeva, N., Alloyarov, K., Mokhorov, D., 2021. Technological Revolution 4.0 for the Arctic. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 816, 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012021>
- Vicentiy, A. V., 2021. Digitalization of Arctic shipping along the Northern Sea Route. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 816, 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/816/1/012023>
- Wadhams, P., Krogh, B., 2019. Operational history and development plans for the use of AUVs and UAVs to map sea ice topography. Polar Sci. 21, 195-203. <https://doi.org/10.1016/J.POLAR.2019.07.004>
- Wennergberg, L.A.L., Nordahl, H., Rødseth, Ø.J., Bolbot, V., Theotokatos, G., 2020. Analysing Supply Chain Phases for Design of Effective Autonomous Ship Technology in New Transport System Solutions, in: Proceedings of the International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering - OMAE. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. <https://doi.org/10.1115/OMAE2020-18715>
- Yastrebova, A., Höyhty, M., Majanen, M., 2019. Mega-constellations as enabler of autonomous shipping, in: IET Conference Publications. Institution of Engineering and Technology. <https://doi.org/10.1049/CP.2019.1212/CITE/REFWORKS>
- Zharov, V.S., Tsukerman, V.A., Zharov, N. V., 2021. Problems of Innovation and Technological Development of Mining Enterprises of the Arctic Zone of the Russian Federation. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 666, 042051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/4/042051>



# Pour une gouvernance innovante au service des énergies vertes et durables

*Yann WICKERS*

*Directeur Général*  
Port de Port-la-Nouvelle  
Port-la-Nouvelle – France

*Didier CODORNIOU*

*1<sup>er</sup> Vice-Président*  
*Président du Port de Port-la-Nouvelle*  
Région Occitanie  
France

## Introduction

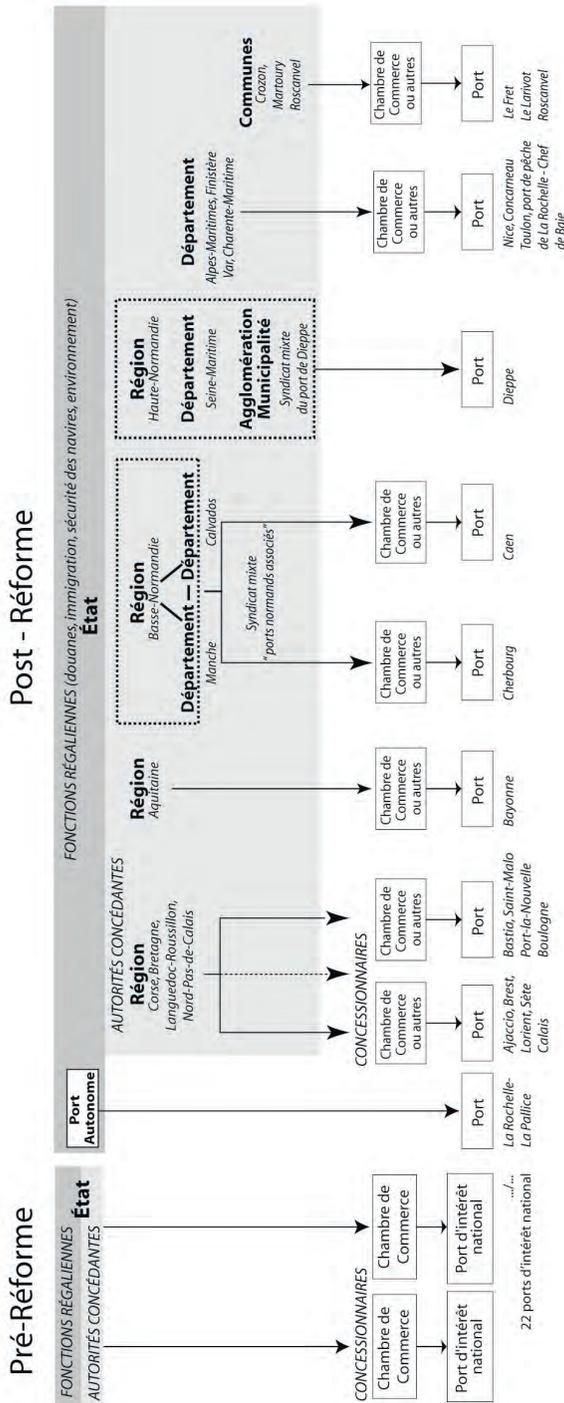
La gouvernance portuaire des entités de petites et moyennes tailles (en opposition à celles considérées comme de grande taille de par leur trafic total annuel manutentionné) questionne surtout les ressorts qui permettent de développer un territoire souvent plus local que global, ou tout du moins plus régional qu'international. Le processus de gouvernance continue d'interroger puisqu'il est censé incarner cet équilibre qui unit un maximum de parties prenantes qui ont, normalement, l'objectif de piloter une communauté d'intérêts partagés. Dans la réalité managériale, il existe finalement autant de manière de gouverner qu'il existe de communauté portuaire, chacune présentant des héritages, des spécificités et des « anormalités » qui les caractérisent.

La présente contribution vise à mettre en perspective la maturation d'une gouvernance qui procède de l'ambition nationale de décentralisation portuaire française pour aboutir à un schéma original où la représentation du secteur privé est remarquable. Une première partie revient sur l'histoire récente, portée par le charisme et l'ambition affichée d'une personnalité politique hors du commun : Georges Frêche. Une deuxième partie évoquera l'héritage de cette vision politique sur la gouvernance actuelle de l'autorité du port de Port-La-Nouvelle avec une analyse des rouages opérationnels. Une dernière partie à visée prospective mettra en évidence comment la spécialisation de l'écosystème de Port-la-Nouvelle dans la gestion de la transition énergétique ne doit pas occulter les opportunités d'une infrastructure destinée à rester polyfonctionnelle, au service de ses clients industriels, manufacturiers et agricoles, tous localisés sur le territoire de la Région Occitanie, et au-delà bien sûr.

### *Genèse d'une gouvernance originale : de la décentralisation nationale au positionnement de la Région dans la gestion de l'autorité du port de Port-la-Nouvelle*

La gouvernance portuaire, activité souveraine et régaliennne, est *de facto* éminemment politique. Aussi, quand la France réputée jacobine et centralisatrice, engage en plusieurs étapes un processus de désengagement des ports dans les années 1980, cela se traduit par une complexité de situations (Figure 1).

Figure 1 : Cartographie d'une décentralisation portuaire française



Source : Lavaud-Letilleul, 2008.

Entamée avec un premier transfert de responsabilité et de compétences en 1982, la réforme générale de gestion portuaire française portée par la loi n°2004-809 du 13 août 2004 concerne directement ce qu'il était qualifié à l'époque de PIN (*Ports d'Intérêts Nationaux*). Le 1<sup>er</sup> janvier 2007, le transfert de propriété est acté avec des collectivités territoriales invitées à se positionner, conduisant à des situations très variées en fonction des attelages administratifs composés entre les Régions et les Départements. Comme le relève la géographe spécialisée dans les transports Valérie Lavaud-Letilleul, la situation pour les seuls ports décentralisés méditerranéens français est symptomatique de ces compositions qui manifestent les ambitions politiques des différents échelons administratifs (Figure 2).

**Figure 2 : Modalités de gestion et de gouvernance des ports décentralisés français : le cas de la façade méditerranéenne**

Candidatures (date)	Port	Port-la-Nouvelle	Sète	Toulon	Nice
Région	Languedoc-Roussillon (03/05/2005)	Languedoc-Roussillon (03/05/2005)	PACA (01/12/2004)	PACA (17/12/2004)	
Département		Hérault (24/10/2005)	Var (24/06/2005)	Alpes-Maritimes (28/10/2004)	
Intercommunalité	Communauté de communes Corbières en Méditerranée (02/03/2005)		Communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée (28/04/2005)		
Commune		Commune de Sète (20/09/2005) Commune de Frontignan (30/09/2005)	Commune de La Seyne-sur-Mer (27/01/2005)		
Autorité portuaire	Région LR	Région LR	Département du Var	Département des Alpes-Maritimes	
Personnel transféré	122,6 ETP*		4,11 ETP*	1,66 ETP*	
Echéances des concessions	Une concession commerce + pêche + plaisance (arrivée à échéance au 31/12/2007, puis 2008) Nouvelle DSP 2008**	Concession plaisance (2019) Concession commerce (31/12/2007, puis 2008) Concession pêche (31/12/2007, puis 2008) <i>Port de Sète sud de France en régie directe Nouvelle DSP 2008**</i>	Concession commerce (2025) Concession plaisance (2026)	Concession commerce + plaisance (2028)	

Source : Lavaud-Letilleul, 2008.

Pour le cas de Port-la-Nouvelle (tout comme pour celui de Sète), la Région Languedoc-Roussillon se déclare immédiatement pour assumer la gestion des activités commerciales et des infrastructures qui s'inscrivent dans leurs champs de compétences en matière de transports et de développement économique. La forte personnalité du Président de la Région, Monsieur Georges Frêche, incarne ce positionnement fort avec d'emblée l'ambition de

contrôler des solutions portuaires dans une cohérence de développement du territoire régional et même au-delà puisque les deux ports de la Région visent une extension de leurs arrière-pays respectifs. Le premier grand défi du positionnement stratégique de la Région repose sur le transfert des compétences et le développement d'une culture maritime et portuaire qui étaient plutôt du ressort historique des CCI. Outre le fait que la Région Languedoc-Roussillon disposait de réelles capacités financières pour assumer ce transfert de pouvoir, il est fondamental de rappeler que le travail pour consolider des blocs de compétences et de connaissance à la tête des deux ports. Cet aspect s'avère essentiel car ce ne fut pas toujours le cas dans d'autres Régions qui ont rencontré plus de difficulté à « retenir » les talents pour gérer et développer les ports décentralisés. La continuité et la cohérence du positionnement de la sphère politique se sont clairement traduites dans des programmes de renforcement des capacités qui ont permis une internalisation et une capitalisation des savoirs et des savoir-faire.

Cela s'est avéré particulièrement utile mais pas suffisant au moment de la réforme territoriale qui a vu la création de la Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée en 2016. Cette autre étape du renforcement des compétences et responsabilités avec une tutelle administrative dotée de plus de moyens économiques et financiers a exigé de nouveau la consolidation de compétences internes pour accompagner une politique ambitieuse de développement. Le coût total de ce processus de décentralisation constitue une prise de risque pour une Région avec une rentabilité des deniers publics investis qui doit être pensée et projetée sur le temps long de la durée de vie d'infrastructures lourdes que la Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée a voulu radicalement développer à grande échelle.

## *Port-la-Nouvelle : laboratoire d'expérimentation en matière de gouvernance*

Argumentant sur un défaut d'investissement de l'Etat, la deuxième plus grande région de France est devenue propriétaire du port de Port-la-Nouvelle avec l'innovation de gouverner en partenariat direct avec des entreprises privées. Ce débat quasi éternel anime toujours les modalités de gouvernance des grands ports maritimes français. Les Union Maritimes notamment arguent le manque de légitimité de la gouvernance des GPM par le défaut de représentativité des acteurs privés, ou tout du moins le déséquilibre entre le nombre/poids des représentations publiques vis-à-vis du secteur privé.

Dans le cas spécifique du port de Port-la-Nouvelle, la Région fut leader dans un processus de négociation en tripartite (Région, autres acteurs de

la puissance publique et opérateurs/investisseurs privés) qui a abouti à la création de la SEMOP (*Société d'Economie Mixte à Opération Unique*). Cette décision stratégique constitue une première et une innovation majeure dans le panorama réglementaire et juridique des ports français. En effet, la SEMOP associe trois types de protagonistes :

- La Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée qui demeure l'ordonnateur de cette organisation portuaire unique en France ;
- La Banque des Territoires (Caisse des Dépôts) qui vient compléter l'attelage de la représentation publique pour peser à la hauteur de 49 % ;
- Et c'est en cela que le port de Port-la-Nouvelle est un laboratoire d'expérimentation : 51 % passe sous le contrôle d'un groupement d'actionnaires privés baptisé Nou Vela et qui comprend :
  1. DEME concessions (regroupe l'ensemble des concessions du Groupe DEME dans les domaines des infrastructures (portuaires) et des énergies renouvelables) ;
  2. EUROPORTS (exploitant d'un des réseaux de terminaux portuaires les plus importants d'Europe) ;
  3. EPICO (fonds d'infrastructure indépendant du Benelux) ;
  4. QAIR (producteur indépendant d'électricité renouvelable dont le siège est en Occitanie) ; et enfin,
  5. La CHAMBRE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE L'AUDE.

Comme l'indique un cadre de la Région qui a travaillé au montage de la SEMOP, cette gouvernance originale constitue un processus d'apprentissage pour la puissance publique qui a tout de même conservé un droit de véto afin de se prémunir de possibles positions que pourraient prendre les intérêts privés majoritaires. Le positionnement d'acteurs privés internationaux avec une forte « reconnaissance réputationnelle » dans le monde de la manutention portuaire européenne constitue un avantage indéniable de cette dynamique de gouvernance. *A contrario*, la culture de l'entrepreneuriat et du développement des affaires du secteur privé doivent coïncider avec les temporalités de l'engagement politique et de la gestion publique d'infrastructures de grande envergure (Figures 3a et 3b).

**Figure 3a : Vue aérienne des travaux sur le plan d'eau et le chenal d'accès**

Source : Port de Port-la-Nouvelle

**Figure 3b : Vue aérienne des installations nautiques et portuaires du port**

Source : Port de Port-la-Nouvelle

La compatibilité des trajectoires publiques et privées dans un projet commun et une gouvernance unique constitue un processus itératif mais aussi multidimensionnel. Le pilotage d'une performance par les résultats financiers et opérationnels doit se conjuguer avec l'ambition affichée de la Région de faire du port de Port-la-Nouvelle une référence en matière d'énergies renouvelables.

## *Port-la-Nouvelle : quand l'éolien exige d'apprendre ensemble*

Le positionnement sur l'énergie éolienne off-shore n'est pas directement un apport d'affaires du secteur privé qui, en qualité d'exploitant et d'actionnaire, ne dispose pas nécessairement des compétences pour traiter ces trafics si spécifiques. Par ailleurs, les clients de cette filière exigent de grandes capacités foncières et donc une importante mobilisation des surfaces de manutention/stockage en bord à quai. Les prestataires industriels et logistiques de la filière des EMR (Energies Marines Renouvelables) peuvent compter sur 250 mètres de quai avec une zone de stockage, d'assemblage et de construction d'éoliennes de 7 hectares (23ha et 300m de quai supplémentaires viendront compléter l'ensemble en 2026). L'opérateur de manutention EUROPORTS, opérateurs du terminal éolien, propose des services spécialisés aux opérateurs des parcs éoliens pilotes EFGI et EOLMED qui déploieront 6 machines pilotes de 10 MW chacune en 2024 pour confirmer le positionnement de Port-La-Nouvelle comme le hub méditerranéen de la construction et l'assemblage des éoliennes flottantes.

Dans la cohérence du schéma de développement de la SEMOP, le grand projet de l'éolien flottant en mer a constitué un défi stratégique majeur puisque :

- D'un côté, le projet a mobilisé de très nombreuses parties prenantes publiques et privées qui ont su travailler en concertation pendant près de deux ans dans le cadre de la gouvernance originale de la SEMOP ;
- De l'autre, les ambitions de la SEMOP et du port de Port-la-Nouvelle ne sont pas de dépendre d'une mono-industrie et d'une seule filière. Le choix de l'actionnaire et exploitant privé international a été retenu justement pour apporter de la compétence sur différentes filières et donc différentes typologies de marchandises.

Une fois cela énoncée, l'éolien off-shore constitue aussi une forme de paradoxe pour l'autorité portuaire de Port-la-Nouvelle puisque :

- D'un côté, la projection infrastructurelle dans une trajectoire de changement radical de modèle écologique et environnemental stabilise le développement des activités du port pour de nombreuses années ;
- De l'autre, la force publique ne veut surtout pas devenir la variable d'ajustement dans un contexte d'hyperspécialisation au cas où ce marché porteur de l'éolien venait à se retourner brusquement.

### Figure 4 : De nouvelles digues pour une navigation sécurisée des grands gabarits au port de Port-la-Nouvelle



Source : Port de Port-la-Nouvelle

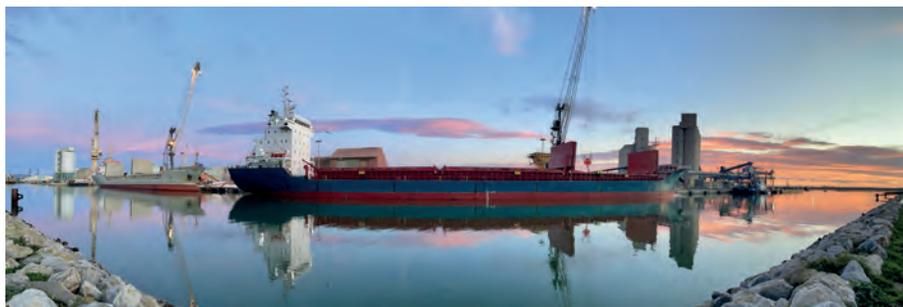
Il n'est pas inutile de rappeler que la forte mobilisation en capital de la modernisation des infrastructures du port n'a pas trouvé le soutien des banques françaises, obligeant les acteurs privés à se tourner vers des banques internationales. La Région a injecté près de 300 millions d'euros qui compensent le défaut d'engagement de l'Etat dans les infrastructures portuaires en dehors des grands ports maritimes. Ces éléments ajoutent de l'exposition au risque mais la gouvernance de la SEMOP a permis de consolider et de fiabiliser le tour de table à travers l'engagement et la responsabilité de chacune des entités impliquées. C'est d'ailleurs dans ces circonstances connues que la Direction Générale continue d'étalonner les meilleures pratiques d'établissements portuaires comparables à Port-la-Nouvelle. Le travail de la Région des Hauts-de France avec notamment le port de Lille est à souligner car la diversification et la multiplication d'installations spécialisées permettent de consolider une offre trimodale attractive vis-à-vis des chargeurs du territoire. La polyfonctionnalité des trafics et des expertises et l'embranchement fluvio-ferroviaire inspirent la stratégie de Port-la-Nouvelle au-delà de la seule activité de l'éolien.

**Figure 5 : Dragage sélectif pour accroître les capacités nautiques du port de Port-la-Nouvelle avec une colonne d'eau à - 16 mètres**



Source : Port de Port-la-Nouvelle

**Figure 6 : Des infrastructures sur mesure et polyfonctionnelles au port de Port-la-Nouvelle**



Source : Port de Port-la-Nouvelle

Le pari de l'éolien dépasse la seule interface portuaire. La Région entrevoit les potentiels industrialo-énergétiques qui se fixeront sur le territoire, synonyme d'emplois et de valeur ajoutée directes et indirectes. Dans l'esprit de M. Frêche, le port était déjà un outil de développement et d'épanouissement du territoire avec cette idée de renforcement de l'autonomie pour se départir en quelque sorte de la tutelle d'un Etat centralisateur. Avec l'expérience en cours de la SEMOP et les perspectives liées à la filière de l'éolien off-shore, Port-la-Nouvelle pourrait devenir un modèle intégré intéressant car possiblement « duplicable » en jouant sur les équilibres des engagements publics et privés.

La transition énergétique constitue le carburant d'une projection communautaire avec notamment la future usine de production d'hydrogène vert en partenariat avec la société Hyd'Occ. En tout, il ne faut pas oublier que ce ne sont pas moins de 800 millions d'euros d'investissements totaux que doivent valoriser les parties prenantes en responsabilité de gouverner le port et ses activités sur plus de 200 hectares (contre 60 aujourd'hui).



# Solutions de transport intelligentes et écologiques pour une gestion « douce » des pré et post- acheminements : approche collective et collaborative en bord de Seine

*Emma RECCO*

*Directrice de la stratégie et du développement*

IKEA France

Paris

France

*Emilie CARPELS*

*Directrice du projet fluvial*

IKEA France

France

# Introduction

IKEA est une entreprise d'ameublement et d'aménagement de la maison qui représente 15% de part de marché en France (source : IPEA). La société d'origine suédoise a fêté ses 80 ans dont 40 ans sur le territoire français. La marque s'est développée autour d'une vision très forte d'améliorer le quotidien du plus grand nombre. En France en 2023, IKEA compte 36 magasins, 5 dépôts, un site de vente en ligne et une application mobile. Dans les années 80, IKEA s'est implanté en France, en périphérie des grandes villes, avec un concept innovant de très grands magasins d'ameublement dans lesquels les clients sont accueillis pour vivre une expérience complète. Toutes les pièces de la maison sont reconstituées pour proposer des solutions d'aménagement. Le parcours est agrémenté d'un restaurant et d'un dépôt où les clients peuvent récupérer eux-mêmes leurs achats.

Ce modèle a été bousculé avec l'arrivée des ventes en ligne qui a marqué le début d'une transformation vers l'omnicanalité pour l'enseigne. Les consommateurs ont désormais recours à une multitude de canaux interchangeables pour effectuer leurs achats : le magasin physique, l'application, et le site internet. Tout au long de son parcours d'achat, le client a la possibilité de sélectionner un ou plusieurs de ses canaux. Ainsi, il peut par exemple, effectuer un repérage sur l'application IKEA, valider ses choix en se rendant en magasin pour une rencontre physique avec le produit et acheter sur le site internet. Pour autant, il existe toujours un engouement pour le contact « physique » et émotionnel avec le produit. Le consommateur recherche l'inspiration qu'il va pouvoir trouver dans les magasins.

Pour cette raison, IKEA continue de s'engager dans ses magasins existants pour les rénover, les rendre plus économes en énergie et pour améliorer l'expérience client. L'enseigne a également la volonté d'être plus accessible pour ses clients peu motorisés des grandes agglomérations et pénètre désormais les centres-villes en développant un panel de formats de magasins plus urbains. Ainsi, IKEA a ouvert des magasins « citadins » à Paris : IKEA City la Madeleine en 2019, IKEA Décoration Rivoli en 2021 et l'Atelier de conception de Daumesnil qui a ouvert ses portes en 2023.

En parallèle, la part du chiffre d'affaire réalisé en ligne continue de croître. Les ventes en ligne ont été multipliées par 4 en l'espace de 3 ans pour atteindre 25% de son chiffre d'affaires sur la dernière année fiscale. Cette augmentation qui s'est faite sans cannibalisation des magasins, s'accompagne également d'une croissance des services associés et notamment des livraisons à domicile. Face à ces évolutions, IKEA se fixe une double ambition qui vise à développer son activité tout en limitant son impact sur l'environnement. En effet, la croissance des livraisons à domicile qui s'accompagne d'une multiplication des camions

sur les routes, invite à repenser le modèle de mobilité. IKEA cherche des solutions innovantes et le passage au transport fluvial, notamment par la Seine est l'une des réponses à ce besoin. Ainsi, depuis décembre 2022, IKEA livre ses clients parisiens par une solution multimodale inédite, qui combine le transport fluvial et la livraison électrique du dernier kilomètre. C'est une innovation en France, IKEA France est le premier distributeur à livrer ses clients grâce à la Seine. C'est également inédit pour le groupe Ingka !

## *Les ambitions vertueuses de ce projet multimodal*

Le projet a une ambition doublement vertueuse : Le report modal par la Seine permet d'améliorer l'expérience client tout en limitant son impact sur l'environnement. En effet, la livraison par la Seine permet de s'affranchir de la congestion urbaine à l'approche de Paris et ainsi de fiabiliser les délais de livraison et à terme, de proposer des amplitudes horaires de livraison plus courtes. Au petit matin, toutes les commandes des clients sont au cœur de Paris, prêtes à être livrées à leurs destinataires.

Ce système contribue également à réduire l'impact environnemental des livraisons. Selon VNF, le fret fluvial émet 5 fois moins de CO<sub>2</sub> à la tonne transportée que le transport routier et est 10 fois moins énergivore. 300 000 kilomètres par an sont évités sur les routes d'Ile-de-France avec ce système ce qui représente environ 12 000 véhicules en moins sur les routes aux entrées de Paris. La réduction du nombre de camions permet déviter la congestion et donc la pollution. Les livraisons du dernier kilomètre sont quant à elles réalisées sans émission de gaz à effet de serre grâce aux véhicules électriques.

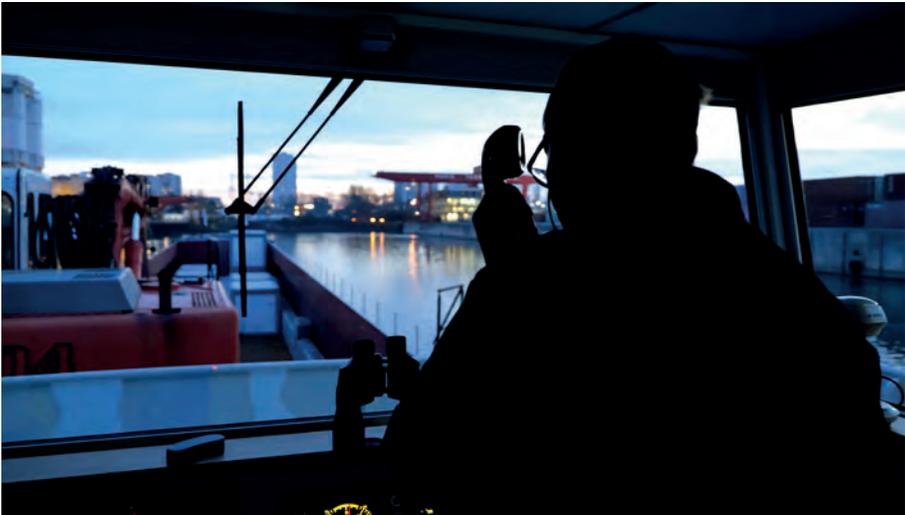
**Figure 1 : Barge fluviale déchargée au cœur de la métropole parisienne**



## *Un projet précurseur*

Ce flux inédit concerne les clients parisiens qui passent commande en magasin ou en ligne et qui souhaitent se faire livrer à domicile. Il s'agit d'un flux quotidien, opéré 7 jours sur 7 et 362 jours par an qui a été mis en service en décembre 2022.

**Figure 2A et 2B : Des navettes fluviales déployées sans contrainte opérationnelle majeure**



Ce projet précurseur se déploie entre Gennevilliers dans le département des Hauts-de-Seine (92) et Paris en suivant un processus opérationnel millimétré :

- Les commandes sont préparées au Centre de Distribution de Gennevilliers (entrepôt client) de IKEA qui a ouvert en 2019 en prévision du report modal par la Seine.
- Elles sont chargées dans des caisses mobiles, qui sont des conteneurs de 18 m<sup>3</sup> qui ont été conçus spécifiquement pour cette logistique multimodale et urbaine par le fournisseur Box2Home.
- Ces caisses mobiles vont ensuite voyager ! Elles sont d'abord acheminées sur le Port de Gennevilliers où elles sont chargées dans le bateau. Le bateau navigue de nuit jusqu'au Port de Paris Bercy (XII<sup>e</sup> arrondissement).
- Au petit matin, les caisses mobiles sont ensuite déchargées pour être positionnées sur le châssis des véhicules électriques du dernier kilomètre. Treize véhicules électriques dédiées à cette logistique sont en effet stationnés et chargés la nuit grâce à des bornes électriques installées sur le quai de Bercy.
- Ces véhicules munis de leur caisses mobiles partent en tournées jusqu'au domicile des clients.
- A la fin de leur tournée, les véhicules ramènent les caisses mobiles « retours » sur le quai de Bercy pour qu'elles soient chargées dans le bateau et rapatriées à Gennevilliers.

Pour créer ce nouvel écosystème logistique, IKEA s'est entouré de plusieurs prestataires de service :

- Box2Home réalise les prestations de manutention sur les ports de Gennevilliers et de Bercy au moyen de chariots élévateurs et l'acheminement des caisses mobiles depuis le Centre de Distribution Client de IKEA jusqu'au port

*« Le projet de report modal d'une partie des flux parisiens d'IKEA a été une formidable opportunité de collaboration constructive autour d'un sujet innovant et porteur de sens pour nos activités respectives. Les équipes ont ainsi su travailler efficacement à la mise en œuvre d'un projet ambitieux et complexe dont nous observons quotidiennement les bénéfices tant en termes de nuisances sonores, d'émissions de GES que de distances parcourues. »*

*Julien Kremer, Directeur commercial BtoC de Warning Group dont Box2Home est la filiale.*

**Figure 3 : Des boîtes sur mesure pour un service de report modal innovant**



- Sogestran réalise la navigation et la manutention des caisses mobiles depuis le bateau

*« Les équipes de Sogestran Logistics (via BLL France) ont immédiatement été fortement mobilisées pour accompagner le projet logistique audacieux et vertueux d'IKEA pour livrer leurs clients finaux dans le cœur de Paris.*

*Le modèle logistique multimodal, spécifiquement en B2C, exige une coordination fine des différents acteurs engagés et un alignement des expertises de chacun pour garantir une chaîne fiable et minimiser le risque de bout-en-bout.*

*Être un pilote dans la mise en place de modèles pérennes de livraison décarbonée, spécifiquement dans nos agglomérations, fait partie de l'ADN de Sogestran. Nous développons des motorisations toujours plus vertueuses au sein de notre bureau d'études intégré (H2, hybride...) pour accélérer les développements favorables à la transition écologique. »*

*Céline Mantoux, Directrice Développement – Sogestran*

Figure 4 : L'agilité des services de barge au service du report modal



- Trusk réalise le chargement des caisses à Gennevilliers et la livraison électrique du dernier kilomètre

*« Nous accompagnons quotidiennement les équipes IKEA dans ce projet d'envergure, en apportant notre expertise sur la livraison du dernier kilomètre. Grâce à la livraison en véhicules électriques, que nous maîtrisons depuis plusieurs années, et le transport mutualisé des caisses mobiles par la Seine, nous limitons considérablement les émissions de CO2 au cœur de Paris. Agiles et flexibles, nous itérons continuellement sur notre organisation logistique avec pour objectif commun de livrer de plus en plus commandes au travers de ce schéma innovant et inédit. »*

*Loïc Simon Barboux, Directeur Logistique – Trusk*

**Figure 5 : Des équipes et des compétences pour assurer des livraisons logistiques décarbonées**



IKEA a également investi dans ce nouveau flux, notamment au niveau des équipements :

- Acquisition de 88 caisses mobiles innovantes et brevetées par Box2Home ;
- 13 bornes de recharges rapides IZIVIA installées sur le quai de Bercy.

**Figure 6 : Des véhicules électriques en charge directement en bord-à-quai**



## *Les enjeux autour du report modal et les conditions de la réussite*

La mise en place de ce nouveau flux soulève des défis de taille. Le premier enjeu réside dans la **création d'un nouvel écosystème**. Il s'agit de repenser l'ensemble des opérations de manière millimétrées pour livrer les clients en moins de 48h depuis le passage de la commande. Chaque opération est soumise à un chronogramme bien défini. Les caisses mobiles doivent être chargées au bon moment, les bateaux doivent partir au bon moment, les passages des écluses doivent se faire aux bons moments... il est donc essentiel que cette coordination s'opère au quotidien.

Le deuxième défi repose dans la **coordination de l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique** : on compte beaucoup d'acteurs sur ce flux. Il est nécessaire de s'adosser sur des partenaires logistiques experts en la matière et il est primordial qu'ils parviennent à travailler ensemble de manière imbriquée et coordonnée. La communication entre toutes les parties prenantes reste cruciale ! Il est également essentiel de s'appuyer sur les collectivités et d'être attentif à leurs recommandations. L'intelligence collective permet d'atteindre des résultats concrets et spectaculaires !

**Le foncier** est également un immense challenge : il est nécessaire de construire le schéma logistique en amont pour qu'il soit compatible avec le

fluvial. Pour se lancer dans le report modal par le fleuve, l'entrepôt émetteur doit être proche d'un port d'expédition. C'est pour cette raison que IKEA a ouvert un entrepôt en 2019 à Gennevilliers et ouvrira un entrepôt en 2026 sur le port de Limay-Porcheville. En complément, le port de déchargement des marchandises doit se situer en cœur de ville. La maîtrise foncière permet de créer un schéma logistique logique et optimal.

### Figures 7a et 7b : Des transferts modaux en cœur de ville



Malgré la complexité de ces défis, la volonté de l'enseigne a été constante et motivée notamment par ses objectifs en matière de réduction de son empreinte environnementale.

## *Le report modal de IKEA : une réussite qui va créer des émules !*

Depuis décembre 2022, IKEA livre chaque jour ses clients par la Seine. Lors de la mise en œuvre de l'activité, l'enseigne a été confrontée à des aléas opérationnels tels que la montée des eaux, les fermetures des écluses... Mais la plupart de ces aléas avaient été anticipés en amont lors de la phase de conception et une solution alternative avait été pensée pour pallier ces difficultés. Un an après le lancement de l'activité, plus de 65 000 clients parisiens ont été livrés par la Seine. Les créneaux de livraisons du soir ont déjà été réduits pour améliorer la satisfaction client ! Le report modal par le fleuve fonctionne et est une réussite pour l'enseigne mais également pour tous les acteurs du fleuve !

Désormais, IKEA souhaite augmenter les volumes livrés par la Seine et se fixe l'objectif de livrer 35 caisses mobiles par jour, ce qui représente environ 455 commandes. Et ce projet offre de nombreuses perspectives de développement. IKEA ambitionne ainsi de massifier ses flux et réfléchit à des solutions de mutualisation notamment au niveau du flux retour. A terme, l'ambition serait de reproduire cet écosystème depuis l'entrepôt de Limay-Porcheville et d'élargir le périmètre géographique de livraison par la Seine à la région parisienne.

Il est désormais envisageable de dupliquer ce modèle de livraison multimodal depuis d'autres territoires bordés par les fleuves que ce soit en France ou à l'étranger !

**Figures 8a et 8b : Un retour d'expériences positif avec une fiabilité éprouvée**



## Avantages ESG et climatiques d'une gestion améliorée des données dans les ports.

Gestion de la performance des actifs  
portuaires : création de valeur et prévention  
des risques grâce à des pratiques améliorées  
de gestion des données

*Matthew McCULLOCH*

*Directeur Environnement, société, gouvernance  
et décarbonation*  
NORDA STELO  
Québec – Canada

# Introduction

Dans le domaine des opérations portuaires, un élément crucial se distingue – la gestion efficace des données pour les actifs physiques. Cet article explore le pouvoir de la gestion des données rationalisée pour maximiser les performances ESG et climatiques dans l'industrie portuaire. Il met en lumière la collaboration entre Norda Stelo, une société de conseil en ingénierie, et une autorité portuaire canadienne, mettant en avant des stratégies innovantes qui améliorent l'efficacité et mettent l'accent sur les principes de l'environnement, de la société et de la gouvernance (ESG).

Au-delà de l'économie, les ports revêtent une importance cruciale pour les considérations ESG, l'action climatique et l'engagement communautaire. Cette perspective souligne l'urgence de pratiques robustes de gestion des données. La gestion efficace des données pour les actifs physiques est étroitement liée à l'amélioration des performances ESG et des émissions de gaz à effet de serre (GES). Cette synergie aligne les objectifs économiques avec les responsabilités environnementales et sociales. Pour mieux comprendre cette connexion, nous devons tenir compte de la nature complexe des données dans les ports.

Les ports sont des environnements en constante effervescence, où de vastes quantités d'informations sont collectées, analysées et utilisées pour la gestion des actifs. Cependant, la présence de nombreux locataires au sein d'une seule autorité portuaire ajoute de la complexité, car chacun génère ses propres données.

Pour comprendre pourquoi les ports ont besoin d'une meilleure gestion des données, nous devons reconnaître les défis auxquels ils sont confrontés.

- **Objectifs de réduction des GES.** Les ports sont sous pression pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre. Les stratégies basées sur les données peuvent aider à optimiser l'utilisation de l'énergie et à la transition vers des technologies plus propres.
- **Viellissement des actifs et risques environnementaux.** Les infrastructures vieillissantes posent des risques environnementaux et de sécurité. Une amélioration des données peut prévenir les catastrophes et protéger les écosystèmes.
- **Engagement communautaire.** Les communautés proches des ports recherchent la transparence et la responsabilité. Le partage efficace des données peut combler le fossé entre les autorités portuaires et les communautés.

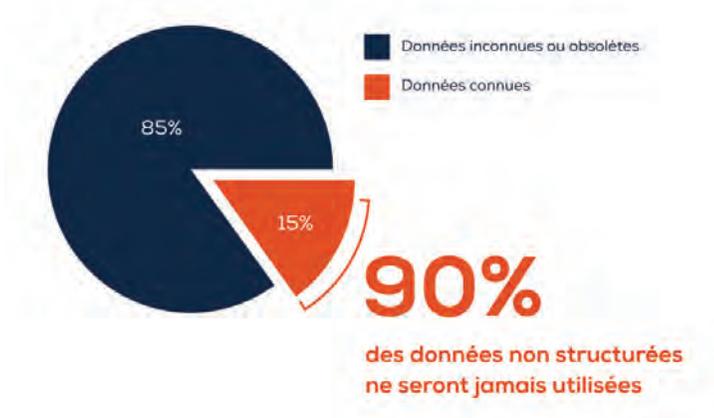
- **Attentes des employés.** Les employés attendent de leurs organisations qu'elles s'engagent en faveur de la durabilité. Les initiatives basées sur les données améliorent la performance ESG et attirent les talents.
- **Transition énergétique.** Les ports doivent s'adapter aux tendances en matière d'énergies renouvelables. Les données sont cruciales pour la planification et la mise en œuvre de ces transitions.
- **Optimisation des décisions.** Une gestion inefficace des données entraîne des décisions qui ne sont pas optimales, notamment en ce qui concerne les investissements. Les ports ont besoin de données solides pour des choix éclairés.

Une gestion améliorée des données va au-delà de la conformité ; elle reconnaît que la durabilité et l'efficacité peuvent coexister. Les ports modernes doivent adopter les données pour se conformer aux objectifs ESG tout en améliorant leurs fonctions essentielles.

## *L'état actuel de la gestion des données dans les ports*

Alors que nous explorons l'intersection entre la gestion des données et la durabilité, il est essentiel de reconnaître les défis liés à l'état actuel de la gestion des données dans de nombreux ports. Au cœur de ce problème se trouve un ensemble d'obstacles qui entrave une utilisation efficace des données.

**Figure 1 : Etat actuel de la gestion des données dans les ports**



Source : NORDA STELO, 2023.

- **Collecte de données fragmentée.** Dans de nombreux ports, la collecte de données est fragmentée. Divers départements et parties prenantes collectent indépendamment des données de manière variée, créant ainsi des silos de données séparés et incompatibles qui ne fournissent pas une vue complète ou cohérente des opérations portuaires.
- **Absence d'approche structurée.** L'absence d'une approche standardisée et efficacement structurée de la gestion des données rend difficile l'organisation et l'extraction d'informations à partir de la multitude de données disponibles.
- **Exigences de rapport ESG.** L'émergence de normes de rapport ESG a placé de nouvelles exigences sur les ports, y compris une résolution accrue au niveau des actifs. On attend d'eux qu'ils collectent et rapportent des données complètes liées à l'ESG, mais sans pratiques établies de gestion des données, ils ont du mal à répondre efficacement à ces attentes.
- **Données incomplètes sur les actifs.** Les données collectées dans les ports se concentrent souvent uniquement sur la gestion des actifs et les informations liées aux coûts. Bien que critiques, elles ne permettent pas de prendre en compte les indicateurs plus larges de performance en matière d'ESG et d'émissions de gaz à effet de serre qui sont directement liés à la gestion des actifs et aux coûts.
- **Absence de données de référence.** Un problème important est l'absence de données de référence essentielles pour suivre la performance et définir des objectifs significatifs d'amélioration de l'ESG et des GES. Ces données peuvent également être utilisées pour informer et influencer les stratégies ESG des locataires du port.
- **Mode de fonctionnement réactif.** Des données désorganisées signifient que les ports opèrent intrinsèquement de manière réactive lorsque des problèmes et des défis surviennent, au lieu d'aborder de manière proactive les risques potentiels et d'éviter que les problèmes ne se développent.

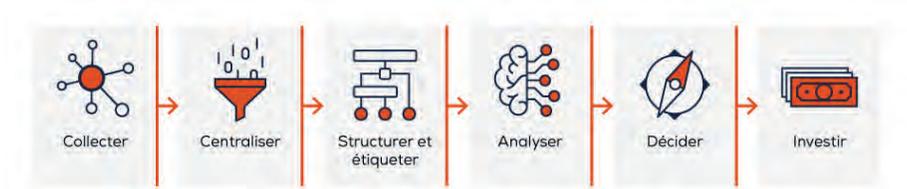
Les données collectées dans les ports sont souvent limitées en termes de portée et sont principalement liées à la gestion des actifs et aux coûts. Même les données existantes sont désorganisées et non structurées, ce qui entrave la prise de décision et l'action. Dans ce contexte, une quantité significative de valeur financière et de réputation est laissée sur la table, et les ports fonctionnent « sur la défensive », ce qui augmente la probabilité de risques liés à l'ESG. Ainsi, il y a un besoin urgent de pratiques robustes de gestion des données. Les ports doivent passer d'une opération réactive à une opération proactive, en utilisant les données pour anticiper les défis, optimiser l'allocation des ressources et favoriser une croissance durable.

Une gestion améliorée des données non seulement renforce l'efficacité, mais favorise également les efforts ESG, alignant les ports sur les exigences d'un environnement mondial durable.

## *Meilleures pratiques pour la gestion de l'information sur les actifs*

L'amélioration de la gestion des données implique la planification minutieuse d'étapes visant à utiliser les données pour améliorer les opérations et à s'aligner sur les principes ESG. Bien que cela semble assez simple, cela nécessite un changement de systèmes, ce qui signifie un changement de comportement qui n'est pas anodin. Cette transformation permettra cependant aux données de devenir un outil puissant pour la prise de décision éclairée et la durabilité.

**Figure 2 : Meilleurs pratiques pour la gestion de l'information sur les actifs**



Source : NORDA STELO, 2023.

### **Étape 1 : Collecter – Collecte de données alignée sur les objectifs ESG.**

Commencez par une collecte de données axée sur un objectif qui correspond aux objectifs ESG prédéfinis. Par exemple, si un port vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre, collectez des données liées à la consommation d'énergie, aux sources d'émissions et à l'utilisation de carburant.

### **Étape 2 : Centraliser – Le pouvoir de la centralisation des données.**

Centralisez les données provenant de différentes sources dans un emplacement unique. La centralisation simplifie l'accès aux données, renforce la sécurité et offre une vue d'ensemble des opérations portuaires, permettant de nouvelles perspectives qui étaient autrement inaccessibles.

### **Étape 3 : Structurer et étiqueter – Organisation des données pour des perspectives et des tendances.**

Les données structurées et étiquetées permettent aux ports de repérer des modèles, de reconnaître des tendances et de prévoir des scénarios futurs. Cela transforme les informations brutes en informations précieuses, y compris la capacité à effectuer une maintenance prédictive pouvant prévenir les incidents liés à l'ESG.

### **Étape 4 : Analyser – Des données aux informations.**

Avec des données structurées, les ports peuvent extraire des informations précieuses, surveiller les indicateurs de performance et prendre des décisions éclairées basées sur des preuves.

### **Étape 5 : Décider – Prise de décision éclairée.**

Les décisions basées sur les données conduisent à de meilleurs résultats, que ce soit dans le contexte de l'optimisation de l'utilisation de l'énergie, de la planification de la maintenance des actifs ou de l'allocation des ressources pour des initiatives de durabilité.

### **Étape 6 : Investir – Équilibrer l'investissement dans les actifs existants et la croissance avec les objectifs ESG.**

Allouez efficacement les ressources en donnant la priorité aux investissements qui correspondent aux objectifs ESG tout en prolongeant la durée de vie des actifs. Cette approche garantit la durabilité tout en contribuant à la viabilité à long terme.

Ces étapes peuvent sembler simples, mais elles ne sont souvent pas suivies rigoureusement en pratique. Pourtant, elles sont fondamentales pour réussir dans un monde axé sur les données. En mettant en œuvre ces pratiques, les ports peuvent naviguer en toute confiance dans les opérations modernes tout en trouvant un équilibre harmonieux entre la croissance et la performance ESG, assurant ainsi un avenir durable pour leurs opérations et leurs communautés.

## Indicateurs pour la gestion des données ESG

Pour s'engager pleinement dans les principes ESG et la durabilité, il est impératif d'effectuer une organisation et une analyse efficaces des indicateurs. Reconnaître la valeur immense des données ESG pour les opérations portuaires est crucial. Les indicateurs ESG englobent un large éventail d'indicateurs, offrant une vue complète des efforts de durabilité d'un port. Elles transcendent la simple conformité, servant de guide stratégique vers des pratiques responsables et durables. Les données ESG ne se limitent pas à la réalisation des objectifs environnementaux et sociaux ; elles visent à améliorer l'efficacité opérationnelle, à réduire les risques et à renforcer la résilience à long terme.

### Principaux indicateurs ESG et leurs sources

Les données ESG englobent un large éventail d'indicateurs, chacun éclairant différents aspects de la durabilité. Ci-dessous se trouvent les types de données ESG essentielles, ainsi que leurs indicateurs et leurs sources habituelles.

**Figure 3 : Principaux indicateurs ESG et leurs sources**

Exemples d'indicateurs ESG			
	Catégorie	Indicateur	Méthode de collecte
Environnement	Gaz à effet de serre	Kt/an (kilotonnes par an)	Données sur les carburants (opérateur)
	Consommation d'énergie	MJ/an ; MJ total	Données sur les carburants (opérateur)
	Déchets (dangereux, non dangereux)	Tonne ou m <sup>3</sup> /an	Prestataire de services tiers
	Déversements	Litres/an	Interne
	Qualité de l'air locale (non-GES)	Kg/an	Calculs internes, échantillonnage par tiers
	Eau (consommation et qualité)	M <sup>3</sup> /an	Fournisseur d'eau (services publics)
Social	Satisfaction de la communauté locale	Nombre d'engagements, nombre de réponses au sondage	Enquête
	Santé et sécurité des employés	Nombre d'incidents	Interne
Gouvernance	Amélioration démontrée des pratiques d'achats	Nombre de décisions	Interne

Source : NORDA STELO, 2023.

## Environnement

- **Gaz à effet de serre (GES).** Mesurées en kilotonnes par an, les données sur les émissions de GES proviennent généralement des relevés de consommation de carburant fournis par les opérateurs portuaires. Les émissions de GES jouent un rôle essentiel dans la détermination de l'empreinte carbone d'un port et de son impact sur le changement climatique.
- **Consommation d'énergie.** Mesurées en mégajoules par an, les données sur la consommation totale d'énergie sont souvent dérivées des relevés de consommation de carburant fournis par les opérateurs portuaires. Cet indicateur joue un rôle vital dans l'évaluation de l'efficacité énergétique et l'identification des domaines à améliorer.
- **Déchets.** Les données sur les déchets, couvrant à la fois les déchets dangereux et non dangereux, sont mesurées en tonnes ou en mètres cubes par an. Les entrepreneurs tiers responsables de la gestion des déchets au sein du port collectent et rapportent généralement ces données.
- **Déversements.** Les données sur les déversements, mesurées en litres par an, sont généralement collectées en interne. Elles concernent les rejets accidentels de substances susceptibles de nuire à l'environnement. La surveillance des déversements est essentielle pour une réponse rapide et la protection de l'environnement.
- **Qualité de l'air locale (non GES).** Cet indicateur évalue les émissions non liées aux GES en kilogrammes par an. L'évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur et autour du port peut nécessiter des calculs internes ou des prélèvements effectués par des tiers.
- **Eau (consommation et qualité).** Les indicateurs liés à l'eau englobent à la fois les données de consommation (mesurées en mètres cubes par an) et les données sur la qualité de l'eau. Les données de consommation d'eau peuvent être obtenues à partir des registres des services publics, tandis que les données sur la qualité de l'eau peuvent nécessiter des échantillonnages et des analyses périodiques.

## Social

- **Satisfaction de la communauté locale.** Cet indicateur évalue l'engagement de la communauté et sa satisfaction à l'égard des opérations portuaires. Le suivi du nombre d'engagements et des réponses aux enquêtes repose généralement sur des enquêtes et des interactions avec la communauté en tant que sources de données.

- **Santé et sécurité des employés.** Crucial pour l'évaluation des conditions de travail, cet indicateur implique la surveillance du nombre d'incidents de sécurité. Ces incidents sont généralement suivis en interne pour garantir le bien-être des employés.

### **Gouvernance**

- **Amélioration démontrée des pratiques d'approvisionnement.** Cet indicateur évalue les décisions et les pratiques d'approvisionnement du port. Le nombre de décisions démontrant une amélioration des pratiques d'approvisionnement est généralement suivi en interne, reflétant l'engagement du port envers des achats éthiques et durables.

## *Avantages d'une gestion améliorée des données*

Les avantages d'une gestion améliorée des données vont au-delà des simples gains d'efficacité. Ils englobent la prise de décisions éclairées, des économies de coûts et une réduction des impacts environnementaux.

### **Amélioration de la prise de décision et des investissements.**

Une gestion améliorée des données permet aux autorités portuaires de prendre des décisions plus éclairées et d'effectuer des investissements stratégiques. Elle offre une compréhension plus approfondie des actifs, des passifs et de l'ensemble des opérations. Cette connaissance permet aux ports d'allouer stratégiquement des ressources pour la maintenance ou le remplacement des actifs en se basant sur des données de performance historiques. Cette approche proactive prolonge la durée de vie des actifs, évite des réparations d'urgence coûteuses et entraîne des économies substantielles.

De plus, la prise de décision basée sur les données permet aux ports d'allouer intelligemment leurs ressources financières, en dirigeant les investissements vers des projets alignés sur leurs objectifs ESG (environnementaux, sociaux et de gouvernance). Par exemple, un port souhaitant réduire les émissions de gaz à effet de serre peut donner la priorité aux investissements dans des infrastructures écoénergétiques ou dans des technologies de carburants alternatifs. De tels investissements contribuent non seulement à la durabilité, mais génèrent également des économies opérationnelles à long terme grâce à une réduction de la consommation d'énergie.

### **Amélioration des relations communautaires et des rapports.**

Une gestion efficace des données renforce l'engagement positif de la communauté en aidant les ports à comprendre les préoccupations de la communauté et à y répondre rapidement. Les données liées aux interactions, aux préoccupations et aux commentaires de la communauté fournissent des informations précieuses sur les problèmes potentiels qui peuvent affecter les relations avec les communautés voisines. Des mesures proactives peuvent être prises en fonction de l'analyse des données, telles que l'identification des sources de bruit et la mise en place de mesures d'atténuation.

La transparence dans les rapports est essentielle pour les relations communautaires. Les ports qui démontrent leur engagement envers la durabilité grâce à des indicateurs et des rapports étayés par des données renforcent la confiance parmi les parties prenantes de la communauté. Les rapports réguliers et transparents sur la performance ESG mettent en valeur des opérations responsables et renforcent la réputation du port en tant qu'entreprise citoyenne responsable.

### **Réduction des impacts environnementaux et de sécurité.**

Une gestion efficace des données réduit de manière significative les impacts environnementaux et de sécurité des ports. En collectant et en analysant des données sur les indicateurs environnementaux, les ports peuvent identifier des opportunités pour minimiser leur empreinte environnementale. Cela peut impliquer l'utilisation de technologies plus propres, une optimisation de la consommation d'énergie et des pratiques améliorées de gestion des déchets. Les efforts environnementaux proactifs réduisent la contamination du sol, les émissions atmosphériques et les incidents, créant ainsi un environnement plus sain.

Les initiatives en matière de sécurité bénéficient également d'approches basées sur les données. L'analyse des données liées à la sécurité aide les ports à identifier les tendances et les dangers potentiels, ce qui conduit à la mise en place de mesures préventives et de protocoles de sécurité. Cela réduit le risque d'accidents et améliore la performance globale en matière de sécurité.

### **Prolongation de la durée de vie des actifs.**

La gestion améliorée des données est étroitement liée à la prolongation de la durée de vie des actifs. Les ports supervisent divers actifs essentiels à leurs opérations. En collectant et en analysant des données structurées, les ports obtiennent des informations sur l'état et les performances des actifs.

Cette connaissance permet une maintenance proactive et des réparations, prolongeant ainsi la durée de vie des actifs et évitant des remplacements prématurés. La prolongation de la durée de vie des actifs réduit l'impact environnemental et les dépenses en capital liées au remplacement des actifs.

### **Réduction des dépenses.**

Les économies de coûts sont une conséquence directe de l'amélioration de la gestion des données. Une compréhension globale de la performance des actifs, des impacts environnementaux et des risques en matière de sécurité permet aux ports de traiter de manière proactive les problèmes et d'éviter des dépenses en capital futures. Par exemple, les problèmes récurrents d'équipement peuvent être résolus grâce à de meilleures pratiques de maintenance, à des mises à niveau ou à des changements opérationnels, réduisant ainsi la nécessité de coûteuses réparations d'urgence et de remplacements.

Une gestion améliorée des données offre des avantages substantiels et variés dans les opérations portuaires et la durabilité. Les ports qui adoptent la prise de décision basée sur les données peuvent s'attendre à une amélioration de la prise de décision, à des relations communautaires renforcées, à une réduction des impacts environnementaux et à des économies de coûts. Ces avantages contribuent non seulement à une industrie portuaire plus durable et responsable, mais mettent également en lumière le pouvoir transformateur des données pour créer de la valeur et de la résilience dans le monde actuel, soucieux de l'environnement.

## *Tableau de bord intégré de Stelar : Renforcement de la capacité de prise de décision basée sur les données dans les ports*

L'abondance et la diversité des données sont souvent source de confusion pour les décideurs. Elles peuvent être dispersées, cloisonnées ou exister sous divers formats, ce qui entrave une prise de décision efficace. Pour remédier à cette situation, Norda Stelo a développé la plateforme Stelar. Son objectif est de simplifier la collecte et la gestion des données sur les actifs en servant de base d'informations centralisée. Cette consolidation standardise la collecte, le stockage et l'analyse des données, ce qui permet de gagner du temps et des ressources tout en améliorant la qualité des décisions.

**Figure 4 : Illustration d'un tableau de bord intégré avec le cas de Stelar**



Source : NORDA STELO, 2023.

Stelar offre aux décideurs portuaires les moyens suivants :

- Accès unifié aux données : les décideurs ont un accès facile à une grande variété de données, éliminant ainsi la nécessité de parcourir plusieurs sources.
- Données organisées : Stelar organise les données de manière structurée pour une navigation et une analyse efficaces.
- Informations en continu : les mises à jour continues des données fournissent les informations les plus récentes pour des décisions opportunes.
- Tableaux de bord personnalisés : les décideurs peuvent créer des tableaux de bord sur mesure axés sur leurs objectifs spécifiques.

La force de Stelar réside dans l'intégration des indicateurs clés des actifs, indispensables pour des choix éclairés conformes aux objectifs stratégiques.

- **Indicateurs de performance des actifs** : des vues complètes sur la santé des actifs, l'utilisation de l'équipement et les enregistrements des temps d'arrêt permettent une gestion rentable des actifs.
- **Indices de risque par actif** : Stelar affiche le risque par actif, ce qui permet de prioriser les interventions pour la performance des opérations de l'organisation.
- **Indicateurs financiers** : l'évaluation des données financières aide à allouer stratégiquement les ressources.

- **Indicateurs environnementaux** : l'intégration de données environnementales permet de suivre les émissions, la consommation d'énergie, la production de déchets et même les données de terrain.

Le tableau de bord intégré de Stelar, en plus de simplifier la gestion des données, offre également des avantages économiques et ESG.

- **Efficacité économique** : des données organisées en temps réel optimisent l'allocation des ressources, l'élaboration de budgets et les initiatives rentables.
- **Durabilité environnementale** : les indicateurs environnementaux contribuent à la réduction des émissions et à l'efficacité de la consommation des ressources.
- **Gouvernance et rapports** : la transparence des rapports renforce la gouvernance et la responsabilité.
- **Engagement communautaire** : suivi de la contribution et des commentaires de la communauté au fil du temps, notamment lors de réunions publiques.

Le tableau de bord de Stelar permet aux ports de gérer efficacement leurs opérations modernes tout en atteignant leurs objectifs de durabilité. Il simplifie la gestion des données, facilite les décisions basées sur les données et intègre les indicateurs clés des actifs, permettant ainsi des choix éclairés, des réductions de coûts et un avenir plus durable.

## *Étude de cas : Amélioration de la prise de décision au sein d'une autorité portuaire*

Notre étude de cas commence avec une autorité portuaire du Québec supervisant plusieurs ports, confrontée à des défis en matière de gestion des données en raison d'évolutions de propriété et de transitions de gestion. Cela a conduit à un paysage de données fragmenté à mesure que les pratiques de gestion des données devenaient incohérentes entre les systèmes et les départements.

Reconnaissant l'importance de l'organisation des données, l'autorité portuaire visait à aligner ses opérations sur des objectifs de durabilité, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour y parvenir, l'autorité portuaire avait besoin d'une approche unifiée de la gestion des données.

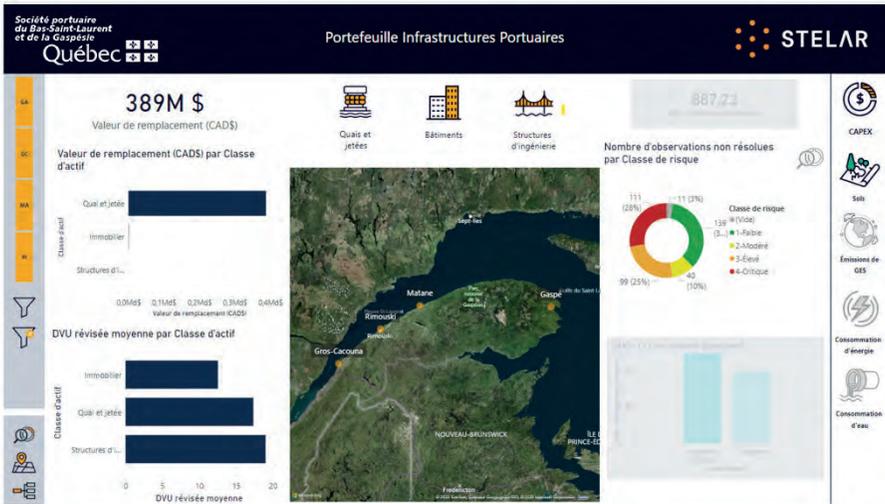
Figure 5 : Vers une approche unifiée de la gestion des données



Source : NORDA STELO, 2023.

La gestion des actifs est apparue comme un domaine critique où l'organisation des données a joué un rôle central. L'autorité portuaire gère divers actifs, notamment des quais, des entrepôts et des infrastructures de transport. La condition et la performance de ces actifs sont essentielles pour les opérations portuaires et la durabilité.

Figure 6 : Illustration par un cas pratique portuaire

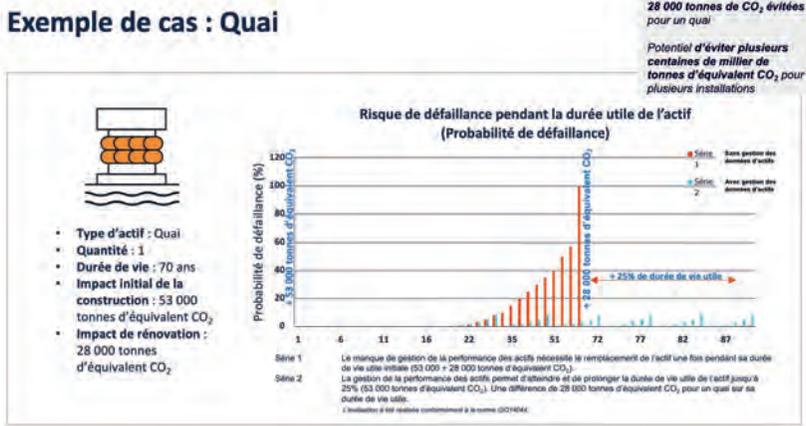


Source : NORDA STELO, 2023.

Malgré une durée de vie prévue de 70 ans, le quai présentait des signes d'usure. En l'absence d'une organisation efficace des données et d'une gestion de la performance des actifs, l'approche conventionnelle aurait nécessité le remplacement du quai, entraînant d'importantes émissions de gaz à effet de serre pendant la reconstruction. Cependant, grâce à une collecte de données diligente et à une analyse approfondie, l'autorité portuaire a

acquis une compréhension complète de l'état du quai, identifiant les zones nécessitant une intervention immédiate et celles pouvant être gérées par le biais de réparations stratégiques. L'analyse des données historiques sur la performance et l'état du quai a révélé des opportunités d'investissements ciblés en matière de maintenance pouvant prolonger sa durée de vie d'environ 20 ans.

**Figure 7 : Application opérationnelle pour un quai portuaire**



Source : NORDA STELO, 2023.

Les avantages en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre étaient considérables. En évitant la reconstruction, environ 28 000 tonnes d'équivalent dioxyde de carbone liées aux activités de construction ont été économisées. Cette réduction correspondait parfaitement aux engagements de durabilité environnementale et de réduction des GES de l'autorité portuaire.

Le cas de l'extension du quai illustre les avantages économiques et ESG des décisions basées sur les données au sein de l'autorité portuaire.

- **Efficacité économique** : le choix de la maintenance ciblée plutôt que de la reconstruction a entraîné d'importantes économies de coûts qui ont pu être réaffectées à des initiatives de durabilité critiques ou à des améliorations opérationnelles.
- **Durabilité environnementale** : la prolongation de la durée de vie du quai a considérablement réduit les émissions de gaz à effet de serre, s'alignant ainsi sur les objectifs environnementaux et minimisant les impacts environnementaux opérationnels.
- **Responsabilité sociale** : le maintien d'une infrastructure essentielle, telle que le quai, a soutenu les économies et les emplois locaux,

contribuant ainsi à la responsabilité sociale et à la croissance économique régionale.

- **Gouvernance et rapports :** cette décision a démontré une gouvernance responsable et des rapports transparents, mettant en évidence la responsabilité envers les parties prenantes.

Cette étude de cas met en évidence le potentiel transformateur de l'organisation des données et des choix basés sur les données. Une gestion efficace des données a permis à l'autorité portuaire de prolonger la durée de vie d'un actif critique, entraînant d'importants avantages économiques et ESG. Cet exemple met en avant la valeur stratégique des données, démontrant que des décisions éclairées, motivées par l'intégration des données, peuvent répondre à la fois aux objectifs économiques et ESG.

Cette extension de quai représente simplement un exemple de la manière dont une meilleure gestion des données améliore les performances ESG au sein de l'industrie portuaire, apportant divers avantages dans différents aspects ESG.

## Conclusion : Tracer la voie vers un avenir durable grâce aux opérations portuaires axées sur les données

Les ports ont l'opportunité de remodeler leurs opérations en utilisant intelligemment les données. Ils peuvent améliorer leur efficacité, réduire leur impact environnemental et créer une valeur durable pour eux-mêmes et leurs communautés, en relevant des défis tels que la mesure de l'empreinte carbone et l'évaluation des conséquences sociales. Ce processus commence par la prise de décision basée sur les données, où les ports doivent reconnaître des défis complexes, de la mesure de l'empreinte carbone à la gestion des intrications des données. En pratiquant de manière cohérente une gestion efficace des données, ils peuvent rationaliser la collecte de données, centraliser les informations et optimiser la prise de décision éclairée.

La gestion des données n'est pas seulement une nécessité. C'est le pivot permettant d'atteindre les objectifs de durabilité et de débloquer des

avantages économiques et environnementaux. Les ports sont positionnés de manière unique pour donner l'exemple en matière de promotion de la durabilité au sein de l'industrie maritime. En adoptant des approches basées sur les données, ils peuvent optimiser leur efficacité, réduire leur empreinte environnementale, renforcer leurs relations avec la communauté et effectuer des investissements stratégiques bien informés qui prolongent la durée de vie des actifs. Les ports répondront non seulement aux attentes croissantes en matière d'ESG, mais contribueront également à créer un avenir plus résilient, interconnecté et durable, tant pour eux-mêmes que pour l'industrie.

Des données améliorées offrent de meilleures informations sur les limites réglementaires de contamination des sols, ce qui permet une gestion plus efficace des déchets et une réduction des coûts et des risques. Les informations basées sur les données aident à identifier les sources de bruit et à mettre en œuvre des mesures pour atténuer efficacement les impacts. Une meilleure gestion des données permet un meilleur suivi des incidents de sécurité, ce qui conduit à l'identification des causes profondes et à des solutions ciblées, améliorant ainsi la performance en matière de sécurité et minimisant les risques. En concentrant les ressources sur les domaines ESG critiques, une meilleure gestion des données maximise l'impact sur la durabilité.

La gestion des données et les considérations ESG sont les fondements sur lesquels les ports peuvent construire un avenir durable et prospère. Le moment est venu d'adopter pleinement les pratiques basées sur les données, alors que les ports ouvrent la voie vers l'excellence opérationnelle, la responsabilité environnementale et la cohésion sociale dans un avenir plus lumineux et plus durable.



# La conduite du changement en milieu portuaire : retours d'expériences africaines pour une transformation des opérations, des pratiques et des mentalités

*Cédric ETIENNE*

*Fondateur et Président Directeur Général*  
ORTELIUS Conseil  
Paris – France

*Maud CHASSERIAU*

*Experte Douane et logistique portuaire*  
Paris – France

## Introduction : le changement n'est pas toujours pour maintenant

« Le changement c'est maintenant ! » : un Président français en avait fait son slogan de campagne ... cela ne lui a pas porté chance. C'est sans doute l'imprécision des changements à réaliser et des actions à mettre en œuvre pour y parvenir ainsi que l'enthousiasme très relatif des principaux acteurs impliqués dans ces changements qui ont coulé cette belle promesse de campagne. On peut se demander si en fin de compte l'erreur n'était pas de promettre le changement « maintenant ». N'aurait-il pas fallu attendre qu'une vision stratégique claire soit définie ? Morale de l'anecdote : il ne suffit donc pas de décréter le changement pour l'obtenir. Cette référence politique n'est pas sans rappeler l'ambition de vouloir « conduire le changement » quand il s'agit de moderniser des pratiques, optimiser des procédures, clarifier des rôles et des prérogatives ou encore rendre plus transparentes les responsabilités de chacune des parties prenantes qui composent une communauté portuaire.

Un écosystème portuaire est constitué d'une autorité portuaire et d'une communauté d'acteurs privés et publics composée d'opérateurs économiques (agents maritimes, transitaires, manutentionnaires, transporteurs, etc.), d'institutions régaliennes, au premier rang desquelles la douane, et aussi la police, la gendarmerie, les autorités sanitaires, etc. On parle certes de « communauté » portuaire, cependant les acteurs qui la composent n'ont pas la même culture de travail (certains sont privés, d'autres publics, certains sont nationaux d'autres étrangers, etc.) ni les mêmes objectifs. Par conséquent, il est assez délicat pour « l'autorité » portuaire d'exercer celle-ci. En fait, son rôle est d'ailleurs moins d'exercer une quelconque autorité que de s'assurer que les différents membres de la communauté œuvrent ensemble et s'alignent sur les objectifs stratégiques du port :

- objectifs de performance (via la réduction des coûts et des délais) ;
- objectifs de sûreté et sécurité des échanges ;
- objectifs financiers (via l'augmentation des droits et taxes perçus) ;
- objectifs commerciaux (via la facilitation des exportations), ou encore ;
- objectifs d'intégration régionale (via le développement des corridors logistiques pour desservir les hinterlands).

Avant de décréter le changement, l'autorité portuaire doit donc définir ce qu'elle souhaite changer et expliquer aux membres de la communauté pourquoi elle propose ces changements (par exemple mettre en place de

nouveaux process digitalisés ou un nouveau système d'information, etc.). En somme, il faut avoir une vision, une stratégie, des projets et un plan d'actions.

Sur la base de retours d'expériences dans plusieurs environnements portuaires africains, nous suggérons quelques éléments clés à l'intention des autorités portuaires pour réussir la conduite du changement et ainsi créer les conditions d'une intelligence collective co-construite et partagée par le plus grand nombre.

### *Se doter d'une stratégie et d'un portefeuille de projets : condition indispensable mais non suffisante*

Une autorité portuaire demeure un chef d'orchestre qui doit faire preuve d'écoute et de savoir-faire politique pour faire converger les parties prenantes de son écosystème dans une feuille de route stratégique. La conduite générale du changement passe invariablement par un travail en mode projets car ces derniers agissent comme les porteurs du changement. Disposer d'une stratégie portuaire à long terme constitue un premier jalon indispensable que finalement peu d'autorités portuaires subsahariennes savent « faire vivre » une fois la réalisation dudit plan stratégique entériné. C'est une première remarque : attention à éviter l'écueil de « la satisfaction du bon élève », qui pense que son travail s'arrête quand il a réalisé un beau plan stratégique. Il faut toujours garder en mémoire ces quelques chiffres du cabinet Norton & Kaplan qui a conceptualisé la *Balanced Scorecard* dans les années 2000, chiffres qui sont sans doute encore d'actualité.

Ils nous rappellent qu'avoir une stratégie ne suffit pas à sa réussite ! Une stratégie est un outil vivant, partagée avec la communauté portuaire, déclinée en projets à réaliser sur une période donnée. C'est dans la stratégie que figurent les projets porteurs des changements à mettre en œuvre.

**Figure 1 : Quatre principales causes pour expliquer l'échec de l'exécution de la stratégie**



Source : Cabinet Norton & Kaplan

Un exemple réussi se trouve dans l'expérience de l'autorité portuaire de San Pedro en Côte d'Ivoire rapportée par la Fondation SEFACIL. Le Port Autonome de San Pedro décide au début des années 2010 de documenter dans un détail très précis toutes les étapes qui préfigurent un schéma directeur 2011-2035. Ce travail considérable impulsé par la direction générale du PASP contribue à clarifier et jalonner les projets structurants sur un espace-temps supérieur à deux décennies. Ce travail collectif supervisé par des cabinets internationaux pendant plus d'une année a impliqué directement la plupart des acteurs publics et privés dans une perspective vraiment collaborative. Ce plan directeur s'articule sur des grands projets portuaires et logistiques qui ont trouvé l'assentiment et le soutien des plus hautes autorités politiques nationales dans l'objectif commun de transformer et moderniser la place portuaire de San Pedro.

*In fine*, ce qu'il faut retenir de cette expérience ivoirienne est qu'en 2023, les trajectoires annoncées n'ont évolué qu'à la marge, tenant compte des circonstances conjoncturelles pour déployer des terminaux portuaires spécialisés en phase avec besoins identifiés et projetés. Ainsi, l'inauguration officielle en septembre 2022 du *Terminal Industriel Polyvalent de San Pedro* (TIPSP) constitue une réalisation tangible et opérationnelle d'une vision stratégique annoncée dans le schéma directeur de développement porté par la Direction Générale du PASP. Les futurs terminaux (Terminal à Conteneurs de San Pedro – TCSP et Terminal Polyvalent Commercial de San Pedro – TPCSP) sont aussi inscrits dans cette stratégie de portefeuilles de projets impulsée depuis 2012 par le PASP, en coordination directe avec les parties prenantes publiques et privées.

**Figure 2 : Des projets de terminaux spécialisés comme autant de jalons stratégiques d'une vision planifiée sur le long terme au Port Autonome de San Pedro**



*Terminal Industriel Polyvalent de San Pedro (TIPSP)*



*Terminal à Conteneurs de San Pedro (TCSP)*



*Terminal Polyvalent Commercial de San Pedro (TPCSP)*

Source : Fondation SEFACIL à partir des documents du PASP – 50 ans (2023)

De cette expérience ivoirienne et de nombreuses autres dans différentes communautés portuaires subsahariennes, il est impératif de retenir la nécessité d'impliquer tous les membres de la communauté dans toutes les étapes d'un phasage relativement simple.



De la validation par le plus grand nombre de parties prenantes du diagnostic concoure l'élaboration d'une stratégie qui mènera à l'élaboration d'un plan d'actions qui mènera lui-même à la responsabilisation de telles ou telles catégories d'acteurs pour réaliser les actions définies.

Un écueil récurrent consiste à procéder à la réalisation de toutes ces étapes cruciales en les confiant à des services externes de consultation. Aussi qualitatives soient les prestations réalisées, sans la mobilisation et l'implication de toute la communauté portuaire, cette démarche « en chambre et en vase-clos » demeure un leurre qui conduira à l'échec de la stratégie. C'est particulièrement constatable au moment de l'établissement des diagnostics qui doivent reposer sur des données chiffrées incontestables.

Cela pose l'épineuse question de la disponibilité des données et sa robustesse. Pour poser un diagnostic qui vise à modifier en profondeur des pratiques, des opérations et *in fine* des mentalités, encore faut-il savoir distinguer les données qualitatives et quantitatives requises. Une fois les recensements opérés, il convient d'engager des méthodologies et des outils qui permettent des traitements aussi objectifs qu'efficaces. L'étape qui consiste à « faire parler les données » s'avère absolument cruciale dans le sens où une démonstration par les chiffres ne trouvera sa crédibilité et sa légitimité que par la solidité des analyses. Le caractère confidentiel de la donnée, sa propriété et de surcroît son traitement constituent les principaux freins à l'établissement de diagnostics légitimes.

Il faut garder à l'esprit que factueliser les problèmes et bien identifier leurs sources permettra d'éviter la tentation de la « chasse aux sorcières » et de se complaire dans la recherche des coupables sans preuves tangibles ni solutions à proposer. Si l'on veut prendre un exemple pratique pour illustrer la réalisation d'un diagnostic, arrêtons-nous sur l'analyse de la performance du temps de passage de la marchandise dans un port subsaharien. Dans ce cas précis, l'établissement d'un constat aussi objectif que précis est relativement ardu du fait de la complexité de la collecte des données qui retracent l'ensemble des séquençages et des changements de responsabilité de chaque acteur tout au long de la chaîne de transport. L'implantation des *Port Community System* comme à Cotonou par exemple facilite grandement l'extraction des données. Il est indispensable que les données soient unanimement reconnues et acceptées par l'ensemble de la communauté portuaire.

Sur le terrain, et pour établir un diagnostic aussi fiable (donc légitime) que possible, nous apprécions tout particulièrement l'étude du temps nécessaire pour la mainlevée des marchandises (en anglais T.R.S : *Time Release Study*) qui permet de factueliser le temps de passage des marchandises de bout en bout, depuis l'arrivée des navires jusqu'à la sortie des camions de l'enceinte portuaire, étape par étape, et d'identifier les goulots d'étranglement (dont ceux qui relèvent de la douane, mais pas seulement). Le calcul du T.R.S est hautement recommandé par l'OMD (article 7.6 de l'Accord de Facilitation des Echanges – AFE). Cette mesure est aussi un formidable levier pour amener non seulement la douane mais tous les acteurs tant publics que privés à s'impliquer dans la recherche de solutions pour optimiser les processus dans l'ensemble de l'écosystème logistique et portuaire. Le calcul de la TRS est un module qui n'existe pas dans la majorité des systèmes informatiques des administrations douanières (SYDONIA – CNUCED, GAINDE-Sénégal, CAMCIS-Cameroun, NCIS-Nigeria, ...). A l'heure actuelle, la méthode utilisée par l'Organisation Mondiale des Douanes (OMD) pour le calcul de la TRS nécessite de recueillir manuellement les informations puis les saisir dans l'application de l'OMD. Pour être calculée l'étude de la TRS nécessite de collecter des données dans plusieurs systèmes (par exemple Sydonia, Oscar, le système portuaire et ceux des manutentionnaires, etc.).

Une mesure automatisée, régulière et fiable du temps moyen de dédouanement permettra aux autorités d'identifier les goulots d'étranglement et d'agir rapidement pour réduire les délais de dédouanement et du passage des marchandises aux frontières. Un acteur indépendant du guichet unique, du système de dédouanement et des autres partenaires (notamment, le port) est nécessaire pour développer un outil transverse.

Une fois le diagnostic établi, il ne faut surtout pas négliger d'accompagner les membres de la communauté portuaire tout au long de la mise en œuvre

du plan d'actions et de communiquer sur l'avancement, les objectifs atteints et les difficultés rencontrées.

## *Quelques principes et outils méthodologiques pour une conduite du changement réussie*

L'autorité portuaire tire son autorité de sa capacité à proposer une démarche et à faire travailler les acteurs de la communauté ensemble. La conduite du changement est une affaire de méthodologie mais aussi de pugnacité et de légitimité. En effet, accompagner le changement demande du temps et de l'énergie pour :

- Factualiser les dysfonctionnements avec des chiffres précis, incontestables et partagés,
- Organiser le dialogue sur ces bases chiffrées solides,
- Comprendre les objectifs et la culture de travail des différents membres pour s'assurer qu'ils ont les moyens nécessaires (moyens humains, financiers, matériels, systèmes d'informations...) et qu'ils ont le soutien de leur hiérarchie,
- Soutenir les alliés du changement et contrer les opposants,
- S'assurer que le travail avance conformément aux objectifs,
- Rendre-compte de l'avancée des projets à tous les membres de la communauté portuaire et aux organismes de tutelle, et
- Enfin, ajuster le plan d'actions au cours du temps si nécessaire (le contexte peut changer, de nouveaux besoins peuvent apparaître... une bonne stratégie doit s'adapter), etc.

Nous présentons ci-dessous quelques outils méthodologiques que nous avons eu l'occasion d'utiliser dans différents ports ou dans d'autres environnements. Leur utilisation est à contextualiser en fonction des besoins.

- Elaborer le plan stratégique en utilisant « l'Open-space Technology » (ou Forum Ouvert en Français - <https://openspaceworld.org>) pour faire travailler les acteurs de la communauté portuaire sur les priorités et nommer des responsables pour chaque action (Figure 3).

C'est le premier jalon de la conduite du changement, il est essentiel pour préparer les esprits aux changements à venir et structurer la phase de mise en œuvre. C'est une méthodologie qui permet la réalisation des réunions créatives en présence de nombreux participants. Cette approche

est particulièrement pertinente quand le travail à réaliser est complexe, les participants divers (culture de travail, objectifs, ...), le potentiel de conflits élevé et le délai pour obtenir des résultats court.

### Figure 3 : Principes fondamentaux de la méthode dites du « forum ouvert » ou « open-Space Technology

**Les 6 règles d'or des séminaires « Open-space »**

- 1. Le rassemblement en cercle**  
Les participants se rassemblent en cercle, dans une grande salle
- 2. L'implication des porteurs des thèmes**  
Il n'y a pas de meilleure motivation que de commencer par ce qui vous passionne. Ainsi, les participants porteurs d'un thème de travail relatif au thème central se manifestent en levant la main. Ils viennent au milieu du cercle annoncer le sujet sur lequel ils souhaitent travailler. Toutes les questions mises en avant par les participants sont discutées.
- 3. Le mur d'affichage**  
Les porteurs de thèmes inscrivent leur sujet et leur nom sur une feuille et vont l'afficher sur le mur de la pièce prévu à cet effet.
- 4. Le marché aux idées**  
Quand tous les thèmes sont affichés, les participants se lèvent et inscrivent leur nom sur la ou les feuilles portant le ou les thèmes sur lesquels ils souhaitent travailler.  
Des salles ou des espaces sont assignés à chaque atelier, le groupe se sépare et part dans les différents ateliers.
- 5. Le centre d'informations**  
Le centre d'information est alimenté par les comptes-rendus de chaque atelier, mis en forme par les porteurs de thèmes et tapés sur les PC disponibles et prévus à cet effet.  
Chaque rapport est ensuite affiché sur le mur faisant face au mur d'affichage des thèmes.
- 6. La moisson finale, les plans d'action et les groupes d'action**  
Au terme de la réunion, chacun ressort avec un recueil de tous les comptes-rendus de tous les ateliers qui se sont tenus ainsi que la liste des personnes qui y ont contribué. Des priorités sont fixées et des plans d'actions élaborés. Les groupes de suivi d'actions peuvent également être mis en place.

Source : <https://openspaceworld.org>

Nous apprécions tout particulièrement cette méthodologie que nous avons utilisée en Afrique et en France, car elle répond à trois principes fondamentaux de la conduite du changement :

- L'appropriation des objectifs stratégiques par les membres de la communauté portuaire passe nécessairement par l'implication active de ceux-ci lors de leur formulation et de leur déclinaison en actions concrètes.
- C'est en travaillant ensemble sur des sujets concrets qu'une « dynamique de communauté » se crée.
- Un séminaire « open-space » n'est que le commencement, les actions décidées seront détaillées puis suivies dans le temps, par l'équipe projet et le comité de pilotage.

C'est aussi une méthode qui permet à l'autorité portuaire de focaliser la communauté sur un certain nombre de changements à réaliser et de l'impliquer sur la recherche de solutions concrètes. A titre purement illustratif, nous l'avons utilisé avec succès au Port de Pointe Noire pour

actualiser le plan stratégique et définir toutes les actions à mettre en place pour optimiser les procédures avec un objectif de réduction du temps de passage des marchandises. Dans les faits et de manière très opérationnelle et pratique, une liste non-exhaustive des points d'amélioration qui ont été traités après usage de la méthodologie dites du forum ouvert :

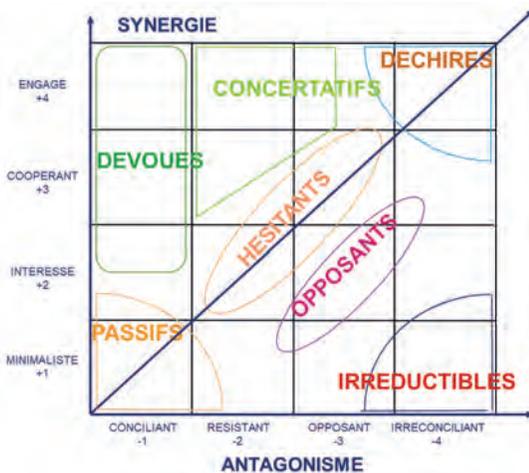
- Améliorer la circulation au sein de l'enceinte portuaire.
- Optimiser le passage au scanner.
- Dématérialiser et simplifier les formalités douanières.
- Redéfinir les missions des douaniers dans l'enceinte portuaire.
- Supprimer certains contrôles.
- Créer un statut d'opérateur économique agréé, etc.

Le résultat de ce séminaire est un plan d'actions partagé obtenu en un temps record et des responsables impliqués pour chaque action.

Comprendre la dynamique des acteurs et cartographier les alliés et les opposants.

Les plus gros obstacles à la mise en œuvre d'un projet ne sont pas souvent techniques, ils sont principalement dus à la résistance de certains acteurs. Il est donc impératif de connaître « son terrain » et de cartographier les acteurs en fonction de leur appétence pour les projets comme synthétisée dans la figure 4.

**Figure 4 : Cartographie du comportement des acteurs sur un projet**



Source : Olivier d'Herbement & Bruno César, 2023. La stratégie du projet latéral. Dunod. Paris.

- Les dévoués : sont convaincus de l'intérêt du projet et en voient les conséquences positives.
- Les passifs : n'ont pas d'opinion sur le projet (pas d'inquiétude ni de résistance particulière, pas d'avis favorable non plus).
- Les concertatifs : n'ont pas d'opinion personnelle sur le projet et sont prêts à se forger une idée en fonction de ce qu'on leur en dira.
- Les hésitants : sont convaincus par l'intérêt du projet mais inquiets sur le déroulement et les conséquences que ce projet peut apporter.
- Les opposants : ne sont pas convaincus de l'intérêt du projet.
- Les déchirés : sont totalement indécis et changent facilement d'avis sur le projet.
- Les irréductibles : sont totalement opposés au projet.

Cette cartographie permettra de définir la « quantité d'énergie » à investir auprès de ces différents acteurs : beaucoup d'énergie pour les « dévoués », les « concertatifs » et les « hésitants », juste assez pour les « passifs » et les « déchirés » pour leur montrer que les projets avancent et, le strict minimum pour les « irréductibles » pour contrer leurs arguments que, de toutes les façons, rien ni personne n'arrivera à convaincre.

Les séminaires « open-space » sont des moments clés pour identifier et fédérer les dévoués, les concertatifs et les hésitants et pour comprendre les arguments et les lignes rouges des opposants et des irréductibles. Ces derniers ne sont pas toujours qui l'on croit et la situation peut être complexe : certains acteurs peuvent être des alliés sur certains projets et des opposants sur d'autres...

Négliger ses alliés et ne consacrer du temps qu'à répondre à ses opposants est un syndrome bien connu et porteur d'échec. Bien garder à l'esprit que ce n'est pas nécessairement le groupe le plus nombreux au départ qui gagne, c'est toujours le mieux organisé qui finit par l'emporter. Il sera donc nécessaire de consacrer beaucoup d'énergie à fédérer ses alliés afin qu'ils contribuent à faire basculer les hésitants du bon côté puis à entraîner les passifs.

L'exemple de la douane et la gestion du changement dans les pratiques douanières constitue une bonne illustration. Parmi les membres de la communauté portuaire, la douane, autorité régaliennne, est un acteur clé car son action est au cœur de tous les processus d'entrée, de séjour et de sortie des marchandises du port et sur les corridors. Il est donc absolument nécessaire de consacrer un supplément d'attention et de moyens pour l'intégrer aux transformations (la direction générale, les services douaniers locaux...). La douane est souvent considérée comme le maillon faible dans

un processus de conduite de changement portuaire. Dans le contexte spécifique de la plupart des communautés portuaires subsahariennes, force est de constater que les relations entre les services de la douane et ceux de l'autorité portuaire ne sont nécessairement toujours alignées. La douane est souvent perçue et même dénoncée comme le principal responsable des délais et surcoûts du passage des marchandises. Néanmoins en faire un bouc émissaire serait une erreur qui pourrait se révéler fatale pour mener à bien un projet de transformation portuaire durable. Pour faire évoluer les mentalités douanières, sur la base de notre expérience, on peut s'appuyer sur quatre forces :

- La tutelle, le ministère des Finances, pour veiller à ce que les processus soient optimisés et sécurisés pour maximiser les droits et taxes perçus. C'est dans l'intérêt de la tutelle de s'assurer que l'éthique soit respectée. Le cas de la mise en place des solutions de guichet unique portuaire au Port Autonome de Cotonou dans les années 2000 est assez symptomatique de cet état de fait. L'intervention et la vigilance des plus hautes sphères de l'Etat (jusqu'à la primature et la présidence) ont permis de sensibiliser toutes les strates d'intervention de la douane, depuis l'opérateur de terrain jusqu'au directeur général de l'institution publique béninoise.
- L'Organisation Mondiale des Douanes : qui donne le cadre des réformes à réaliser, des outils et des formations nécessaires. La boîte à outils de l'OMD permet de gagner du temps lors la phase de diagnostic des pratiques douanières et propose des recommandations applicables à l'échelle mondiale (par exemple, l'Accord de Facilitation des Echanges, les normes SAFE, la gestion des risques, le renforcement des capacités, professionnalisation des agents, etc.). Il est essentiel cependant que les expertises sur place intègrent certaines spécificités du terrain avec parfois des héritages et des pratiques qui exigent des accompagnements sur mesure.
- Des données factuelles, actuelles et opposables sur les délais de dédouanement via la réalisation d'un Time Release Study comme expliqué et justifié plus en amont.
- Une douanière ou un douanier... pour réussir à travailler avec des douaniers. ORTELIUS Conseil a depuis longtemps compris que les « **douaniers parlent aux douaniers** » et la douane était une « grande maison internationale ». La transformation des processus et des mentalités, la sensibilisation à l'usage des nouvelles technologies, l'application de nouvelles normes etc. au sein des douanes ne pourront être effectives sans le concours d'un douanier. Attention cependant à bien choisir « son expert douanier », car force est de constater que tous ceux que nous avons croisé en Afrique ne sont

pas capables de conduire le changement aussi grand soit leur niveau d'expertise théorique. Un douanier seul n'arrivera pas à provoquer le changement, il aura besoin de professionnels du conseil pour « mettre en musique » son expertise. Donner une formation technique est une chose, accompagner la douane à mettre en œuvre un nouveau processus en est une autre.

La création d'une équipe projet et d'un comité de pilotage constitue une strate essentielle dans l'accompagnement et la supervision de la conduite du changement en milieu portuaire. C'est à l'autorité portuaire de créer l'équipe projet composée de ressources internes et la plupart du temps de consultants externes. Cela peut sembler être évident mais sans cette équipe d'appui, rien ne se fera dans les temps. Celle-ci aura la charge de réaliser des études, déployer la méthodologie, organiser les réunions, appuyer les membres de la communauté portuaire en charge de telles ou telles actions, communiquer sur l'avancement des projets, etc.

Autre évidence, l'animation réussie d'un comité de pilotage exige de rassembler les représentants de tous les membres de la communauté portuaire. Il se réunit régulièrement (la fréquence est à définir selon la complexité des projets) pour faire un point sur l'avancée des projets et prendre des décisions. Il ne faut pas négliger l'importance de ces Comités de Pilotage, en présentiel de préférence, pour renforcer la compréhension mutuelle des acteurs. Il nous semble inconcevable de mener à bien des projets complexes en se contentant d'envoyer des rapports par mail, ils ne seront pas lus ou, pire, ils seront mal compris et ne permettront pas de vraies discussions. Le risque est que le projet avance techniquement mais que *in fine* rien ne change.

La constitution d'un Comité de Pilotage est une affaire délicate : avec peu de participants, il donne l'illusion de l'efficacité car les décisions peuvent être prises rapidement mais c'est souvent un leurre car les « exclus » vivent mal d'avoir été mis de côté, rechignent à mettre en place les décisions et/ou n'en comprennent pas les raisons. Notre expérience nous fait pencher plutôt pour un comité de pilotage large avec des représentants des secteurs publics et privés de la communauté portuaire. Les comités de pilotage deviennent des lieux de discussion où le « off » pendant les pauses et le déjeuner est (presque) aussi important que les discussions en séance. C'est souvent très long, cela peut sembler inefficace mais, à la fin, les décisions sont prises et sont exécutoires. Bien entendu, le succès repose sur l'organisation de ces comités : ordre du jour précis, temps de parole prévu par sujet suffisamment large pour ne frustrer personne, animation préparée à l'avance avec le président de séance, support de discussion détaillé et compte-rendu décisionnel, etc.

## En guise de conclusion : la conduite du changement dans les ports plus que jamais indispensable « la révolution ZLECAF »

Un port est un écosystème particulier constitué d'acteurs qui se connaissent très bien sans pour autant avoir un « sentiment communautaire naturel » car leur culture de travail et leurs objectifs ne sont pas toujours alignés. Les outils et méthodes synthétisés doivent aider les autorités portuaires à jouer ce rôle de chef d'orchestre pour définir un cap, et susciter ce « sentiment communautaire » dont les ports africains ont besoin pour relever les défis qui s'imposent à eux dans le cadre de la mise en œuvre de la zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAF). Une transformation des opérations, des pratiques et des mentalités s'avère indispensable dans l'optique de :

- Renforcer l'intégration régionale via le développement des corridors logistiques (intermodalités) pour desservir les « hinterlands ».
- Développer des plateformes de transbordement et des terminaux à conteneurs pour augmenter la capacité et la productivité des ports.
- Investir dans les technologies numériques et l'innovation pour optimiser la gestion des flux logistiques et réduire les coûts (digitalisation de processus).
- Renforcer la sécurité maritime et la protection de l'environnement pour prévenir les risques de piraterie, de pollution et de corruption.

La route est encore longue puisque la performance globale de la plupart des ports africains demeure faible selon le classement mondial de *La Banque mondiale et S&P Global Market Intelligence 2022*. En outre, on parle beaucoup de projets d'infrastructures (nouveaux terminaux, agrandissement des quais, dragage, meilleurs équipements etc.) qui sont bien entendu nécessaires tout en coûtant très chers... et sans être nécessairement suffisants, il faut réfléchir à la gouvernance des ports (pour mener à bien la vision stratégique), et à l'optimisation des procédures (pour réduire les coûts et les délais du passage des marchandises importées, exportées, transbordées ou en transit). Ces deux dernières actions ne sont pas les plus chères mais ne sont pas les plus faciles non plus car elles demandent le plus d'accompagnement au changement. Ne pas y réfléchir en parallèle d'un projet d'infrastructure serait une erreur !



# INNOVATION

L'INTELLIGENCE PORTUAIRE



*Stefano Fedeli*

# Les (éco)systèmes d'innovation dans les ports : une analyse comparative des ports de Rotterdam et de Valence

*Peter de LANGEN*

*Director*

Ports & Logistics Advisory

*Professor*

Copenhagen Business School

Copenhague – Danemark

*Jonas MENDES CONSTANTE*

*Senior Consultant & Project Director*

Valenciaport Fundacion

Valence – Espagne

*Salvador FURIÓ PRUÑONOSA*

*Deputy Director & Director of Logistics*

*and Intermodality*

Valenciaport Fundacion

Valence – Espagne

# Introduction

Les ports sont confrontés à d'énormes défis comme la transition énergétique, la transition vers une économie circulaire, l'urbanisation qui exerce une pression accrue sur l'utilisation des sols dans les zones portuaires, la numérisation et la transition des activités de fabrication souvent résumées sous le label « Industrie 4.0 ».

Le principal défi dans les ports est de garantir que le cluster portuaire (c'est-à-dire les activités portuaires, y compris les activités logistiques et industrielles dans la zone portuaire, voir De Langen, 2004) reste économiquement vital et tourné vers l'avenir. La réussite du développement et de l'application de nouvelles innovations est essentielle à cette transition. Par conséquent, la pertinence de l'innovation pour créer de la valeur pour les ports en tant que pôles d'activité économique et comme éléments importants des chaînes de marchandises mondiales (Ng et al., 2012 ; Acciaro et al., 2018) est énorme.

La valeur pour la société des innovations dans les ports est importante, et va du besoin de répondre à des niveaux de sécurité plus élevés, de résilience des infrastructures et de la chaîne logistique, de la réduction des émissions et autres externalités négatives et à la création d'opportunités d'emploi pour les communautés locales. Cette valeur pour la société justifie un soutien et un engagement forts dans les efforts de promotion de l'innovation, tant de la part du gouvernement national et/ou régional que des autorités portuaires ou des sociétés de développement portuaire. L'innovation dans les ports est particulièrement compliquée pour deux raisons principales, qui découlent toutes deux du fait que les ports sont des grappes d'activités interdépendantes et ont besoin de coordination et de coopération entre les entreprises (De Langen & Haezendonck, 2012).

Premièrement, les clusters portuaires se composent d'un ensemble diversifié d'activités principalement opérationnelles. Les activités portuaires comprennent les opérations de terminal, les opérations de transport, l'entreposage, la fabrication et les services associés (voir De Langen et Haezendonck, 2011) à travers de nombreuses chaînes d'approvisionnement (ainsi que l'alimentation, l'énergie, l'automobile, l'acier, etc.). Les ports présentent des avantages en termes de localisation pour les opérations à forte intensité de capital, mais moins pour les services et les activités de recherche et développement portuaires (tels que les assurances maritimes, l'ingénierie portuaire, etc.) qui se localisent principalement dans les villes « mondiales », mais pas forcément portuaires (voir Jacobs et al, 2010). Cette situation est radicalement différente de celle des « clusters de haute technologie » largement étudiés et elle constitue un obstacle à la mise en place d'un écosystème d'innovation efficace dans un port (Hall & Jacobs, 2012 ; Merk 2013).

Deuxièmement, étant donné la nature internationale des activités portuaires (transport, logistique, fabrication et commerce), les sociétés multinationales (SMN) sont de plus en plus dominantes dans les clusters portuaires. Ces multinationales ont des activités dans divers pays et sont intégrées dans une variété de clusters portuaires. Par conséquent, dans la plupart des clusters portuaires, seule une petite partie des entreprises impliquées (ou même aucune) a son siège social dans le port. En outre, à l'instar des multinationales en général (voir Patel & Pavitt, 1991), les multinationales actives dans les clusters portuaires disposent généralement d'un département central de R&D, souvent situé dans leur pays d'origine. Cela implique que dans la plupart des clusters portuaires, la grande majorité des établissements des EMN n'ont pas de département de R&D local, ce qui constitue un obstacle à la mise en place d'un (éco)système local d'innovation (Pavitt & Patel, 1999).

Le nombre élevé d'entreprises interdépendantes dans l'industrie portuaire (par exemple, le nombre d'entreprises dans le cluster portuaire de Rotterdam est largement supérieur à 2 000, voir de Langen, 2004), exige une coopération intense entre elles pour réussir à mettre en œuvre des technologies innovantes. Par conséquent, comme le soutiennent Hall et al. (2013) et Cahoon et al. (2013), l'innovation ne se développe pas grâce à des actions isolées d'entreprises individuelles, mais elle dépend plutôt d'un large éventail d'acteurs interdépendants (entreprises, instituts de recherche, incubateurs, gouvernements, associations industrielles) et d'institutions (culture de prise de risque, réglementation, coopération). Compte tenu de la pertinence de la compréhension de l'innovation dans les clusters portuaires et de l'importance de la coopération dans le processus d'innovation, nous proposons dans la présente recherche de définir un cadre permettant l'identification des principaux acteurs impliqués dans les activités d'innovation portuaire qui servira par la suite de base pour l'analyse des écosystèmes d'innovation portuaire de deux ports majeurs européens, Valence et Rotterdam. Pour ce faire, nous fournissons tout d'abord un aperçu théorique sur les concepts d'écosystèmes d'innovation et de systèmes d'innovation régionaux, ainsi que sur les composantes d'un écosystème d'innovation portuaire. Ensuite, nous décrivons les efforts déployés pour améliorer/développer l'écosystème d'innovation à Rotterdam et à Valence. L'article conclut en proposant des pistes pour de futures recherches sur les écosystèmes d'innovation dans les ports.

## *Les (éco)systèmes d'innovation*

Le terme d'écosystème d'innovation a été défini par Jackson (2011) comme les « relations complexes qui se forment entre des acteurs ou des entités dont l'objectif fonctionnel est de permettre le développement technologique et

l'innovation ». Le concept d'écosystème d'innovation est devenu populaire tant dans la littérature académique (Cohen, 2006 ; Adner et Kapoor, 2010 ; Isenberg, 2010 ; Feld, 2012) que dans les études de cas managériales (Rao et Jimenez, 2011 ; Tweedie, 2014). Cependant, il s'agit encore d'un concept assez nouveau.

Les rares études sur les écosystèmes d'innovation utilisent le terme dans plusieurs contextes, comme le soulignent Oh et al. (2016) dans leur revue de littérature. Alors que certains auteurs ont concentré leurs études sur les écosystèmes d'innovation d'entreprise (Zhang et al., 2014 ; Hwang, 2013) et les processus d'innovation ouverte entre différents types d'entreprises appartenant à la même industrie, d'autres ont analysé les écosystèmes d'innovation numérique à travers des études de cas.

Dans la lignée de ces travaux, d'autres chercheurs ont étudié l'(éco)système d'innovation local, régional et national (Morrison, 2013 ; Cohen et al., 2014 ; Lin, 2014), ajoutant le terme « éco » – à la littérature existante sur les systèmes d'innovation régionaux (RIS). Une caractéristique commune à toutes ces approches est l'accent mis sur les interactions et l'apprentissage mutuel entre les différentes parties prenantes (Moulaert et Sekia, 2003).

Sur la base des résultats obtenus par les études précédentes utilisant le terme d'écosystème, Oh et al. (2016) ont souligné que l'ajout du terme « éco » à l'approche « système d'innovation » n'ajoute rien de substantiel et introduit une analogie erronée avec les écosystèmes naturels. Ils reconnaissent que les études sur les « écosystèmes » apportent de nouvelles idées, dont la plus importante est peut-être de mettre davantage l'accent sur les rôles différenciés des entreprises, par exemple en faisant une distinction entre les entreprises centrales et les entreprises qui occupent des niches dans l'écosystème (Frenken et al., 1999 ; Raven, 2005).<sup>1</sup>

## *Un cadre analytique pour les écosystèmes d'innovation portuaires*

Diverses études distinguent différentes composantes d'un écosystème d'innovation. Toutes ces études peinent à définir précisément l'unité d'analyse, car l'écosystème d'innovation est « délimité spatialement » (Morrison et al., 2013, Bathelt et al., 2004), mais la délimitation spatiale précise est floue. En outre, l'écosystème d'innovation est également délimité sur le

<sup>1</sup> Nous sommes d'accord avec Oh et al. (2016) pour dire que le terme d'écosystème d'innovation est ambigu. En outre, spécifiquement pour les ports, la dimension « systémique » peut être aussi importante que l'analogie avec les écosystèmes biologiques. Par conséquent, nous utilisons le terme (éco)système.

plan fonctionnel, par exemple en se concentrant sur les jeunes entreprises ou sur une activité spécifique (par exemple, l'écosystème d'innovation de l'éolien en mer). Nous soutenons que, étant donné les caractéristiques spécifiques des clusters portuaires discutées dans la première section, l'analyse de l'innovation dans les clusters portuaires doit bénéficier d'un cadre qui incorpore ces caractéristiques spécifiques aux ports. Par exemple, un écosystème d'innovation portuaire doit tenir compte des liens avec les arrière-pays portuaires, qu'ils soient régionaux, nationaux ou internationaux (voir Witte et al., 2017)<sup>2</sup>.

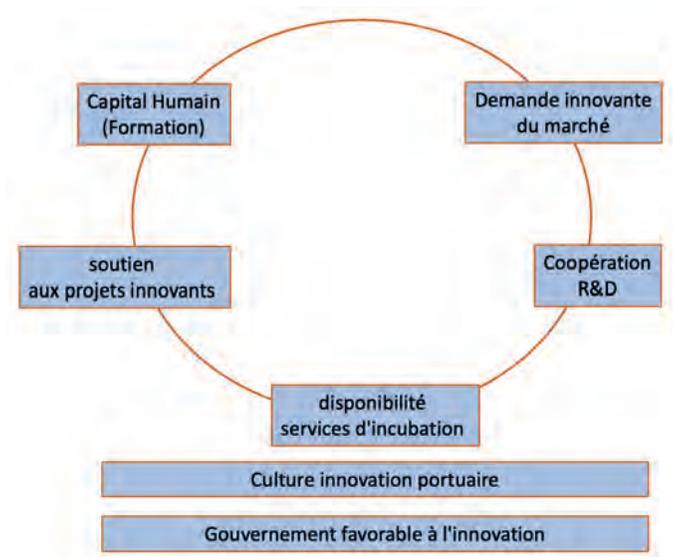
En outre, la principale caractéristique distinctive d'un (éco)système d'innovation portuaire est l'accent mis sur sa capacité d'absorption. En raison des caractéristiques des clusters portuaires (diversifiés, spécialisés dans les opérations et dominés par les branches locales des multinationales), les activités de R&D dans les clusters portuaires sont limitées et le défi dominant en matière d'innovation est l'application (précoce) de nouvelles connaissances et technologies développées en dehors du cluster portuaire (par exemple, la numérisation, les technologies de recyclage, le camionnage et la navigation autonomes, les produits chimiques biosourcés, les réseaux intelligents et ainsi de suite). La capacité d'absorption peut être définie comme la capacité d'absorber, d'améliorer, de diffuser et d'exploiter les connaissances provenant de sources extérieures au cluster (cette définition est légèrement adaptée de Cohen et Levinthal, 1990). Ainsi, la capacité d'absorption est déterminée à la fois par la formation de liens avec des sources de connaissances extra-clusters et par le système de connaissances intra-clusters (voir Bell et Albu, 1999).

L'accent mis sur l'absorption (et dans le processus d'amélioration) de nouvelles connaissances plutôt que sur la création de connaissances, implique que les mesures de la performance d'innovation d'un port diffèrent des indicateurs largement utilisés pour les clusters d'innovation, tels que les dépenses de R&D et le nombre de brevets (voir Nicotra et al., 2014). Ainsi, pour les ports, des indicateurs plus pertinents sont 1) les investissements dans le cluster portuaire pour appliquer les nouvelles technologies dans les opérations nouvelles ou établies (car cela reflète une meilleure absorption) et 2) le nombre et la croissance des start-ups avec des produits et services « spécifiques au cluster » basés sur les nouvelles technologies (car les start-ups sont essentielles pour transférer les nouvelles technologies aux industries établies, voir Benson & Ziedonis, 2009).

<sup>2</sup> Plus généralement, nous soutenons que l'utilisation d'unités d'analyse qui se chevauchent partiellement peut contribuer à une meilleure compréhension des réseaux d'innovation et des performances. Ainsi, l'accent que nous mettons sur les « (éco)systèmes d'innovation portuaire » n'est pas en contradiction avec les études sur les « (éco)systèmes d'innovation urbaine » en général.

Le niveau de capacité d'absorption d'une entreprise détermine sa capacité à reconnaître et à évaluer la valeur potentielle des connaissances externes, puis à les assimiler et à les intégrer dans des activités d'innovation (Nicotra et al., 2014, p. 90). Cette définition au niveau de l'entreprise est globalement en accord avec Giuliani (2005) qui se penche sur la capacité d'absorption d'un cluster et suggère que la capacité d'absorption est directement liée à la croissance d'un cluster, et dépend de la « capacité des entreprises à établir des liens de connaissances intra et extra cluster ». L'auteur suggère une classification en capacité d'absorption de base, intermédiaire et avancée pour chaque cluster/système. Sur la base d'un examen des études sur les (éco)systèmes d'innovation, nous avons développé le cadre fourni dans la figure 1, qui est spécifiquement adapté aux ports, en tant que clusters où le principal défi est d'améliorer la capacité d'absorption. À notre connaissance, aucun cadre similaire identifiant les composantes d'un système d'innovation axé sur la capacité d'absorption n'a été développé dans la littérature académique antérieure. Chacune de ces composantes est brièvement discutée ci-après<sup>3</sup>.

**Figure 1 : Composantes de l'écosystème d'innovation portuaire**



Source : Les auteurs

<sup>3</sup> Un tel cadre est nécessaire car le concept d'(éco)système d'innovation n'a, à notre connaissance, pas été appliqué pour analyser les ports. Dans la lignée d'Isenberg (2011), nous reconnaissons que la distinction entre les composants est quelque peu arbitraire, car le nombre d'éléments sous-jacents est beaucoup plus important et ceux-ci sont ('commodément' dans les mots d'Isenberg) regroupés dans un certain nombre de composants. Nous avons opté pour une visualisation dans un « cercle » montrant que les composants sont vaguement associées aux différentes phases d'un cycle d'innovation, en commençant par la culture et le capital humain, en passant par le développement, le lancement et la croissance.

Les deux composantes du bas du graphique 1 peuvent être considérées comme « l'environnement » d'un (éco)système d'innovation portuaire, car elles sont principalement extérieures au cluster portuaire et reposent sur des institutions régionales et nationales. Une culture orientée vers l'innovation a été largement décrite comme un élément pertinent d'un écosystème d'innovation (voir par exemple Uhlaner & Thurik, 2007). Par exemple, l'éducation joue un rôle important dans les attitudes envers la prise de risque et la création d'entreprise. De même, le succès de l'évolution bien documentée vers des approches d'« innovation ouverte » dépend en partie de facteurs culturels (voir Van de Vrande et al., 2009). En outre, les gouvernements influencent l'activité innovante. Le gouvernement enclin à l'innovation (réglementation) englobe à la fois le côté réglementaire des gouvernements, dans lequel l'élimination des obstacles réglementaires aux produits et services innovants est centrale, et le rôle potentiel du gouvernement en tant qu'utilisateur de produits et services innovants.

Witte et al. (2017) affirment que les politiques gouvernementales de facilitation pour les start-ups situées dans d'anciennes zones portuaires industrialisées pourraient contribuer au redéveloppement des terrains portuaires vacants, tout en offrant de nouvelles orientations économiques pour la ville et le port. Compte tenu de l'environnement institutionnel, cinq composantes connexes façonnent l'(éco)système d'innovation portuaire. Ces cinq composantes sont en grande partie « spécifiques au port », dans le sens où elles correspondent à des actions d'entreprises du cluster portuaire. Ces cinq éléments peuvent être liés à la capacité d'absorption qui donne la possibilité de créer des connexions à son environnement et aux bases de connaissances qu'il possède (Giuliani, 2005). Les deux éléments situés au milieu du cercle représentent, conformément à la section précédente, les principaux résultats de l'écosystème d'innovation dans les ports : les investissements dans les nouvelles technologies et la croissance des jeunes entreprises proposant des produits et services spécifiques aux ports.

La première des cinq composantes est le capital humain (formation), qui est largement reconnu comme un facteur pertinent. Étant donné les effets locaux importants des universités et autres instituts d'enseignement (tant sur la qualité de la main-d'œuvre locale que sur l'attraction de talents extérieurs), la formation du capital humain par l'éducation est très importante (voir Carayannis et Campbell, 2009).

Deuxièmement, la demande innovante du marché est un moteur important des activités innovantes. Cette demande innovante est souvent exercée par un groupe spécifique d'entreprises, appelées utilisateurs principaux (Von Hippel, 1986), qui ont une demande sophistiquée de produits et services innovants. Dans le contexte portuaire, le défi consiste à se connecter à la demande d'innovation des multinationales actives dans le port.

Troisièmement, la coopération en matière de recherche est pertinente. Cette composante englobe la coopération en matière de recherche, ainsi que les efforts des initiatives axées sur les clusters pour diffuser les résultats de la recherche aux entreprises<sup>4</sup>. La R&D universitaire a un impact avéré sur les performances d'innovation des régions (Woodward et al., 2006) et les liens entre les PME et les instituts de recherche améliorent les performances d'innovation des PME (Zeng et al., 2010)<sup>5</sup>. La coopération dans le domaine de la recherche aide à donner du sens aux informations et aux connaissances (voir Weick et al., 2005).

Quatrièmement, la disponibilité de services d'incubation est pertinente. Ces services d'incubation (voir Bruneel et al., 2012) comprennent le financement et le suivi. Dans l'ensemble, les services d'incubation améliorent la survie et la croissance des nouvelles start-ups. Un aspect pertinent est le soutien à l'internationalisation, car la plupart des opportunités de commercialisation se trouvent en dehors de l'écosystème (Autio et al., 2017).

Cinquièmement, le soutien aux projets innovants est pertinent, en particulier pour les PME (Bougrain & Haudeville, 2002). Le soutien aux projets innovants va au-delà de la recherche appliquée et consiste en un soutien financier et organisationnel pour la réalisation de projets innovants. Les installations d'essai pour les nouveaux produits, services et technologies (parfois appelées « laboratoires » ou « laboratoires vivants ») sont incluses dans cette composante. Ces laboratoires peuvent être considérés comme des lieux où diverses parties prenantes collaborent<sup>6</sup> pour créer, prototyper, valider et tester de nouvelles technologies, de nouveaux services et de nouveaux produits dans des contextes réels (voir Leminen & Westerlund, 2017).

Les composantes ci-dessus sont conformes à la littérature sur les (éco) systèmes d'innovation, comme les cadres développés par Isenberg (2011) et le WEF (2013). Comme nous l'avons vu plus haut, ces composantes décrivent un (éco)système d'innovation portuaire « spatialement délimité ». Cependant, l'intégration internationale de cet (éco)système est devenue nécessaire pour le développement des connaissances locales (Bathelt et al., 2018). Les connaissances sont transmises par les réseaux, qu'il s'agisse de réseaux sociaux (Malmberg et Maskell, 2002) ou de liens au sein ou entre

<sup>4</sup> Ce facteur n'est pas inclus dans le cadre d'Isenberg, même s'il est largement reconnu comme un déterminant important de l'innovation et du succès des start-up.

<sup>5</sup> Cependant, diverses études montrent que les instruments politiques visant à renforcer les liens entre les PME et les universités ne sont souvent pas pleinement efficaces (Zeng et al., 2010).

<sup>6</sup> L'approche d'Isenberg (2011) se concentre sur les start-ups et énumère six composantes. En comparaison, notre cadre ajoute la « coopération en matière de recherche ». En outre, nous utilisons les « services d'incubation » alors qu'Isenberg utilise la « finance ». Par rapport aux huit composantes du Forum économique mondial (WEF, 2013), le « capital humain » et « l'éducation et la formation » sont fusionnées en une seule composante et divers termes diffèrent. Toutefois, dans l'ensemble, les cadres sont similaires.

les organisations (Lorenzen et Mudambi, 2013). Ainsi, pour chacune des cinq composantes, il est pertinent de comprendre comment les réseaux internationaux sont utilisés pour accéder à de nouvelles connaissances.

En outre, dans les ports, une autorité portuaire ou une Société de Développement Portuaire (SDP, voir De Langen, 2020) joue un rôle central. Ces SDP développent de plus en plus une stratégie « clé de voûte » (Iansiti & Levien, 2004 ; De Langen, 2020), qui consiste à fournir une plate-forme avancée dans laquelle d'autres entreprises peuvent prospérer. Plusieurs autorités portuaires ont souligné l'importance de l'innovation dans leurs plans stratégiques et visent à renforcer l'innovation dans « leurs » ports, ce qui suggère qu'ils considèrent l'« éco-système » d'innovation portuaire comme une partie de la plate-forme qu'ils offrent.

Comme l'indiquent Cahoon, Pateman et Chen (2013), l'autorité portuaire est un acteur clé dans le façonnement d'un (éco)système d'innovation. Au cours des dernières décennies, le rôle de l'autorité portuaire a évolué, passant de celui de « simple » gestionnaire d'infrastructures à celui de développeur de clusters portuaires (voir notamment Verhoeven et Vanoutride, 2012). Plus récemment, les autorités portuaires modernes agissent en tant qu'orchestrateur d'(éco)système d'innovation, favorisant les opportunités d'innovation pour la communauté portuaire. Il convient donc de prêter attention au rôle de la SDP dans chacune des composantes décrites ci-dessus. Ces éléments sont présentés dans la figure 2, conformément à l'approche systémique de l'écosystème d'innovation proposée par exemple par Vanelslander et al. (2016) et Acciaro et al. (2018).

En ce qui concerne le capital humain, l'accent peut être mis sur la formation du capital humain par le biais de formation spécifique au port. En outre, étant donné l'importance des réseaux de connaissances internationaux, l'afflux d'étudiants internationaux dans le port peut être un indicateur pertinent. En ce qui concerne le rôle des « utilisateurs principaux », le rôle de l'autorité portuaire en tant qu'utilisateur principal peut être mesuré par la possibilité donnée aux multinationales de partager leur demande de produits innovants au sein de la communauté portuaire. En ce qui concerne la coopération en matière de recherche, la présence d'une structure de coopération et son ouverture aux partenaires scientifiques « extra-clusters » est importante. Concernant l'incubation, la présence d'un service d'incubation ainsi que le rôle d'un service d'incubation dans l'établissement de relations intra et extra-clusters peuvent être considérés. Enfin, la présence de « laboratoires vivants », de « bancs d'essai » ou d'initiatives similaires visant à développer un réseau d'entreprises innovantes autour d'une technologie spécifique est pertinente, ainsi que les politiques de l'autorité portuaire ou du gouvernement régional ou national visant à encourager les investissements dans des projets innovants dans le port.

**Figure 2 : Composantes et éléments de recherche pertinents pour les ports**

Composantes	Éléments de recherche
Culture orientée vers l'innovation	Existe-t-il des prix, des récompenses, des événements ou des institutions spécifiques aux ports visant à promouvoir une culture innovante/entrepreneuriale ?
Gouvernement favorable à l'innovation	Quelles initiatives visant à soutenir les performances d'innovation du cluster portuaire l'autorité portuaire lance-t-elle ou soutient-elle ?
Capital humain (formation)	Les instituts d'enseignement de la région proposent-ils des programmes d'enseignement axés sur les ports ? La communauté portuaire soutient-elle ces programmes d'éducation et si oui, comment ? Existe-t-il des liens structurels pour promouvoir l'intégration des diplômés dans le port ?
Demande de produits et services innovants	L'autorité portuaire ou la société de développement portuaire coopère-t-elle avec les fournisseurs dans le cadre de partenariats d'innovation (ouverte) ? Existe-t-il des structures par lesquelles les multinationales partagent leur demande de produits innovants avec la communauté portuaire ?
Coopération en matière de recherche	Existe-t-il une coopération établie entre les instituts de recherche et la communauté portuaire ? Cette coopération en matière de recherche implique-t-elle des partenaires internationaux « extra-clusters » ?
Services d'incubation	Existe-t-il des services d'incubation pour les jeunes entreprises proposant des produits et services destinés aux industries portuaires ? Ces services d'incubation aident-ils les start-ups à obtenir des contacts et des contrats dans la communauté des affaires ? Ces services d'incubation aident-ils les start-ups à établir des liens internationaux ? Existe-t-il des structures en place pour promouvoir les start-ups issues des universités ?
Soutien aux projets innovants	Existe-t-il des installations d'essai spécifiques, des « laboratoires » ou d'autres partenariats de banc d'essai pour le cluster portuaire ? L'autorité portuaire a-t-elle développé des instruments spécifiques pour soutenir les projets innovants des entreprises portuaires ?

Source : Les auteurs

Cette section décrit l'(éco)système d'innovation de deux grands ports européens, Rotterdam<sup>7</sup> et Valenciaport. Les deux ports ont été sélectionnés sur la base de leur engagement historique à participer et à diriger des projets d'innovation. En termes de méthode, l'analyse est principalement basée sur une « étude documentaire » des documents disponibles.

Dans un deuxième temps, des entretiens ont été menés avec des experts, 7 à Valence et 5 à Rotterdam, principalement pour confirmer et développer les

<sup>7</sup> Les éléments qui constituent ensemble l'écosystème d'innovation de Rotterdam, tel que défini par le Port de Rotterdam, la municipalité de Rotterdam et divers autres partenaires, sont présentés sur le site <https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/port-of-the-future/innovation/innovation-ecosystem>.

résultats de la recherche documentaire. Les entretiens ont eu lieu en 2020. L'étude documentaire a été structurée en tenant compte des pages web, des rapports des entreprises et des nouvelles publiées. Les entretiens avec les experts ont été semi-structurés, sur la base du cadre (figure 1) et des questions (figure 2). Trois des experts travaillent pour la Fondation ValenciaPort (FVP) et sont directement impliqués dans l'(éco)système d'innovation du port de Valence<sup>8</sup>. Dans les deux ports, l'importance de l'innovation est largement reconnue. Par exemple, dans la Vision portuaire de Rotterdam, élaborée conjointement par la société de développement portuaire, la communauté des entreprises portuaires et par les administrations publiques concernées, l'écosystème d'innovation est mentionné, par exemple comme suit :

« Pour la numérisation, la transition énergétique et la diversification (...), la qualité de l'écosystème d'innovation est décisive. L'ambition d'un leadership international requiert un écosystème d'innovation dont tous les composants sont de classe mondiale. Ces composantes comprennent les établissements d'enseignement, la promotion de l'esprit d'entreprise, les start-ups et les scale-ups, l'attraction des talents, la recherche, les installations d'essai, le capital-risque, la réglementation favorable à l'innovation, les installations de travail pour les entrepreneurs innovants et une demande de produits et services innovants (Port de Rotterdam, 2020, p. 16). »

L'attention portée à l'innovation portuaire à Rotterdam est encouragée par le « moniteur d'innovation » du complexe portuaire, réalisé par l'Université Erasmus de Rotterdam<sup>9</sup>. En outre, plusieurs événements visent à montrer les avantages de s'engager dans des projets innovants, notamment le « World port Hackathon » et le SmartPort Summit<sup>10</sup>.

À Valence, l'attention portée à l'innovation est encouragée par la Fondation Valenciaport (FVP)<sup>11</sup>, un centre de recherche appliquée, d'innovation et de formation au service du cluster logistique portuaire. Il s'agit d'une entité privée à but non lucratif créée en 2004 par l'autorité portuaire de Valence (APV) avec d'autres entreprises clés du cluster portuaire, des associations, des universités, la ville, la région et d'autres institutions de la communauté

<sup>8</sup> Voir Flick (2019) pour les avantages et les inconvénients de l'observation participante. Nous avons atténué les inconvénients en nous concentrant sur les sources accessibles au public et les entretiens.

<sup>9</sup> Voir <http://smart-port.nl/project/haven-innovatie-barometer-2016/>.

<sup>10</sup> En outre, chaque année, les « Dutch maritime awards » sont décernés. Il s'agit d'une initiative nationale qui n'est pas spécifiquement liée à Rotterdam, mais étant donné l'importance de la région de Rotterdam en matière de technologie maritime, l'organisation est située à Rotterdam.

<sup>11</sup> Voir <http://www.fundacion.valenciaport.com>

portuaire. Sa création était un effort délibéré pour promouvoir la culture de l'innovation dans le cluster portuaire de Valence. Les principaux objectifs de VPF sont de promouvoir l'innovation et de fournir une formation pour le développement professionnel continu du capital humain de la communauté portuaire et logistique. VPF soutient la communauté portuaire et logistique en développant des projets d'innovation, en encourageant la coopération au sein du secteur et en soutenant l'internationalisation des entreprises du cluster<sup>12</sup>.

Pour le directeur d'un accélérateur de startups à Valence, il est toutefois essentiel qu'il y ait un changement dans la culture de l'innovation. En outre, il pointe du doigt une « mentalité provinciale » dans la ville de Valence, qui peut s'avérer être un obstacle. « Il y a un désir de résultats à court terme, alors qu'une vision à long terme et une plus grande collaboration sont nécessaires », explique-t-il. Son point de vue est corroboré par un transitaire valencien, qui souligne que la « culture limitée de l'innovation » est le principal problème du secteur à Valence.

De même, à Rotterdam, l'ancien directeur de l'accélérateur (PortXL, voir plus loin) affirme également que la prochaine étape la plus importante est d'augmenter le niveau d'ambition et de viser le développement de projets d'innovation destinés à un succès international, plutôt que de viser « simplement » à relever les défis locaux. Bien que les personnes interrogées mentionnent les défis locaux, les entretiens révèlent également la perception d'améliorations dans le secteur, tant dans les secteurs public et privé que dans les petites et moyennes entreprises, dans les deux clusters portuaires. Un directeur de l'APV fait état d'un intérêt accru des entreprises du cluster portuaire pour les questions d'innovation, tandis que le directeur du centre de recherche orientée vers l'industrie de Rotterdam souligne que le besoin d'innovation et de recherche est largement reconnu.

## **Un gouvernement propice à l'innovation**

Le gouvernement influence l'écosystème de l'innovation portuaire en tant que régulateur ainsi que par le biais des politiques d'innovation. Le problème le plus urgent à Rotterdam concerne la réglementation relative aux déchets, qui peut entraver l'introduction de méthodes innovantes de réutilisation des déchets, par exemple parce que le transport des produits classés comme « déchets » est réglementé. Afin d'éviter les obstacles réglementaires inutiles, les agences d'inspection, en collaboration avec l'association industrielle, ont mis en place un « bureau d'accueil » où les problèmes potentiels sont résolus dans les plus brefs délais.

<sup>12</sup> VPF développe des projets à Valence et dans plus de soixante pays, principalement en Méditerranée, en Europe, en Asie et en Amérique latine.

En outre, les autorités centrales, régionales et municipales reconnaissent toutes l'importance de l'innovation pour le développement économique durable et reconnaissent la pertinence des secteurs inclus dans le cluster portuaire. Par exemple, un élément majeur de la politique d'innovation néerlandaise est l'accent mis sur neuf secteurs dits « de pointe », dont la chimie, l'énergie, la logistique, l'eau et la mer, tous des secteurs fortement présents dans le complexe portuaire de Rotterdam. Les investissements publics en R&D sont partiellement concentrés sur ces secteurs, et des mesures fiscales visant à promouvoir l'innovation sont mises en place.

À Valence, le gouvernement central et régional reconnaît la pertinence des secteurs du cluster portuaire et logistique. Le développement du système d'innovation à Valence est attribué, par un directeur de l'APV, à plusieurs initiatives menées « par le gouvernement local, les instituts et les universités ». Par exemple, le ministère des travaux publics a élaboré le plan d'innovation pour les transports et les infrastructures 2018-2020 avec quatre axes stratégiques : l'expérience de l'utilisateur (mobilité), les plateformes intelligentes (y compris le port intelligent), les corridors intelligents et la durabilité. Au niveau régional, l'Agència Valenciana de la Innovació (AVI) conçoit et coordonne la stratégie d'innovation de la région et favorise le développement du système d'innovation valencien global. Trois des cinq comités stratégiques d'innovation développés par cette agence ont un lien direct avec le cluster portuaire (économie circulaire, mobilité durable et technologies habilitantes pour la nouvelle économie).

### **Capital humain (formation)**

Plusieurs instituts de formation ont développé des programmes adaptés aux besoins du cluster portuaire de Rotterdam. Parmi les programmes importants, citons l'économie urbaine, portuaire et des transports, la gestion de la logistique, l'économie maritime et la logistique (tous proposés par l'université Erasmus de Rotterdam), l'écologie industrielle, les transports, les infrastructures et la logistique et le génie hydraulique (tous proposés par l'université technique de Delft), ainsi que la gestion de la logistique (université des sciences appliquées de Rotterdam). Tous ces programmes sont ouverts aux étudiants internationaux. Globalement, le nombre annuel d'étudiants dans les masters spécifiquement portuaires est de plus de 250, dont plus de 100 sont des étudiants étrangers.

La plupart des programmes d'enseignement mentionnés ci-dessus sont soutenus par la communauté des affaires portuaires. Par exemple, le programme MEL dispose d'un « réseau d'entreprises » de plus de 50 sociétés. La communauté des affaires du port est également active par le biais de conférences invitées dans tous ces programmes. Enfin, diverses initiatives

sont prévues à cet effet, notamment des « dîners de talents » où les diplômés et les entreprises sont mis en relation, un événement annuel destiné aux étudiants et aux jeunes professionnels où des prix sont décernés au « talent portuaire » (un jeune professionnel), à la meilleure « idée portuaire » (une idée de solution innovante) d'un étudiant et à la meilleure thèse liée au port, afin de mettre en évidence les possibilités d'emploi intéressantes dans le port et de promouvoir l'intégration des diplômés dans le port.

À Valence, VPF sert de centre de formation de référence de la communauté logistique portuaire. Depuis 2004, plus de 10 000 étudiants ont participé aux cours et séminaires. Des universités telles que l'Universidad Pontificia Comillas, l'Université de Valence et l'Université polytechnique de Valence se sont associées au VPF dans ces initiatives. La communauté des affaires du port participe activement aux différents programmes par le biais de conférences et de stages. Selon un professeur de l'Université de Valence, la formation portuaire offerte à Valence est de bonne qualité et associée à une forte demande continue. Les activités de formation de VPF ne sont pas parties de rien, mais se sont développées à partir du département de formation de l'APV qui a été fondé en 1992 et a commencé cette année-là avec un master en gestion portuaire et transport intermodal. Ce programme s'est imposé comme l'une des plus prestigieuses formations internationales hispanophones spécialisées dans les ports et le transport. En plus des 27 éditions qui se sont tenues à Valence (Espagne), des éditions spéciales du Master ont été organisées au Panama, en Argentine et en Colombie.

### **Demande de produits et services innovants**

Le Port de Rotterdam (PoR), le propriétaire de la société de développement portuaire, exprime une demande d'innovation. Le PoR a conclu un partenariat d'innovation avec un certain nombre de sociétés d'ingénierie, qui travaillent ensemble sur des « infrastructures portuaires à l'épreuve du temps ». Le PoR finance également des initiatives nouvelles et innovantes visant à réduire les temps d'attente, en particulier pour les modes terrestres, un problème persistant (voir van der Horst et De Langen, 2008). En outre, le PoR agit comme un client de lancement pour certaines des start-ups du programme PortXL (voir ci-dessous). Le PoR est également activement impliqué dans des partenariats d'innovation internationaux, par exemple avec l'autorité maritime et portuaire de Singapour (MPA). La MPA et le PoR ont un partenariat d'innovation permanent dans le cadre duquel ils travaillent ensemble dans des domaines tels que la cybersécurité maritime, le soutage du GNL et les systèmes de gestion du trafic maritime de nouvelle génération.

À l'instar du rôle du PoR en tant qu'acteur ayant une demande de produits innovants, d'autres sociétés multinationales expriment également

leur demande d'innovation par le biais de PortXL ou de l'un des divers « laboratoires » d'innovation ouverte. Un grand nombre de multinationales sont intégrées dans l'écosystème de l'innovation et servent d'utilisateurs principaux. Les multinationales sont actives dans la phase de recherche (par exemple APMT dans SmartPort), la phase de test (par exemple IBM et Shell dans RamLab), et l'incubation (par exemple Van Oord et Vopak dans PortXL).

À Valence, même si l'autorité portuaire et quelques autres multinationales clés expriment une demande de services innovants, VPF identifie principalement les besoins et les demandes d'innovation par le biais d'une interaction avec la communauté portuaire. Le VPF, soutenu par PAV<sup>13</sup> et l'Agence valencienne de l'innovation, a récemment élaboré un plan de R&D pour la communauté logistique du port de Valence. Le plan comprend la création d'un comité d'innovation comme structure stable pour le suivi des actions définies dans le plan, avec une représentation des différents groupes qui composent le cluster. Ce comité sera responsable du suivi et de la promotion du plan d'innovation, ainsi que de sa mise à jour périodique. Pour un professeur de l'université de Valence et pour un directeur de l'APV, le fait que l'APV joue un rôle central dans la proposition de projets d'innovation collaboratifs peut être considéré comme une « deuxième meilleure solution » nécessaire en l'absence d'une forte demande de produits et services innovants.

### **Coopération en matière de recherche**

À Rotterdam, l'organisation « Smartport » vise spécifiquement à développer la recherche orientée vers l'industrie. SmartPort est une entreprise commune entre l'Autorité portuaire de Rotterdam, Deltalinqs, la municipalité de Rotterdam, TNO, Deltares, l'Université Erasmus et l'Université de technologie de Delft. SmartPort fournit un soutien financier et organisationnel pour le montage de projets et possède un portefeuille de >50 projets avec un financement total de plus de 9 millions<sup>14</sup>. SmartPort a été lancé en 2014 et les partenaires ont prolongé leur engagement jusqu'en 2023, avec deux nouveaux partenaires de la connaissance (TNO et Deltares) qui se sont joints en 2018. Les principaux chercheurs incluent dans les « feuilles de route » de Smartport sont intégrés dans des réseaux internationaux, mais Smartport n'a pas établi de coopération internationale structurelle. Le directeur de Smartport souligne la nature « systémique » des défis de l'innovation et considère donc le partage ouvert des données et l'implication de diverses disciplines universitaires comme une condition du soutien et du financement par Smartport.

<sup>13</sup> A Valence, l'autorité portuaire, en tant que principal actionnaire du VPF, fournit une subvention annuelle d'environ 1,5 million d'euros pour soutenir le développement d'un plan d'action annuel élaboré conjointement. La majeure partie de cette somme est consacrée au cofinancement que requièrent souvent les projets européens de recherche et d'innovation.

<sup>14</sup> Voir <http://smart-port.nl/en/about-smartport/>

À Valence, VPF joue un rôle central dans l'exécution de la coopération en matière de recherche. VPF a développé 242 projets de R&D avec des partenaires locaux, nationaux et internationaux, qui ont abouti à de nouvelles solutions matérielles, des simulateurs, des prototypes industriels et des solutions logicielles liées à la gestion et à la planification des chaînes logistiques. Les entreprises partenaires qui ont pris part à ces projets couvrent l'ensemble de la chaîne de transport.

Le type de projets encouragés et réalisés par le VPF a progressivement changé pour répondre aux demandes des clients et des partenaires. Si en 2004, 80 % des projets relevaient de la recherche fondamentale, ce type de recherche ne couvre actuellement que 10 % des activités. En revanche, les projets d'innovation (visant le développement de prototypes) et les projets de recherche appliquée couvrent plus de 60 % du total<sup>15</sup>. Le VPF joue un rôle de premier plan dans l'élaboration des propositions de R&D pour les financements publics, principalement les fonds européens. Selon l'une des personnes interrogées dans le cadre de l'élaboration de ce document de recherche, sans le VPF, le secteur serait à un niveau d'innovation très bas.

### **Services d'incubation**

À Rotterdam, divers services d'incubation sont proposés. Le plus important d'entre eux est PortXL. PortXL sélectionne et aide à accélérer les start-ups innovantes, en partie en fournissant des contrats pilotes avec des « entreprises » qui sont également actives dans PortXL. PortXL est actif au niveau international, à Singapour, Houston et Anvers. Cela apporte une valeur ajoutée aux jeunes entreprises participant au programme. Un autre incubateur est le « Rotterdam Port Fund », un fonds d'investissement indépendant du Port de Rotterdam, d'une banque et de divers partenaires privés, qui investit du capital-risque dans des entreprises visant à se développer sur la base de produits et services innovants<sup>16</sup>.

A Valence, il n'existe pas de structure d'incubation spécifique directement liée aux activités maritimes, logistiques et portuaires. VPF s'est associé à des incubateurs technologiques locaux pour des appels ou des projets spécifiques. Puertos del Estado, l'entité responsable du système portuaire espagnol, a récemment annoncé qu'elle allait ouvrir un fonds « Ports 4.0 » pour financer l'incubation de start-ups liées à la logistique portuaire. Selon un directeur de PAV, la possibilité de participer avec du capital d'amorçage

<sup>15</sup> À titre d'exemple, le projet SAURON traite de la sécurité physique et de la cybersécurité pour la protection des ports européens ; le projet STM VALIDATION vise à tester le concept de gestion du trafic maritime pour la navigation et le projet Transformation Transport analyse les effets transformateurs du Big Data sur le marché de la logistique.

<sup>16</sup> Voir <http://www.rotterdamportfund.com/about?lang=en>

dans les start-ups est envisagée. Elle mentionne également qu'« un grand cas de réussite pour une start-up logistique valencienne » est un facteur clé pour le soutien des parties prenantes aux initiatives d'innovation du secteur.

### **Soutien aux projets innovants**

Rotterdam dispose de plusieurs « laboratoires ». Tout d'abord, un laboratoire destiné à développer et à tester des applications de fabrication additive (impression 3D) pour le cluster portuaire, appelé Ramlab<sup>17</sup>. RamLab est une initiative du port de Rotterdam, d'InnovationQuarter et de RDM Makerspace a développé une forte communauté d'utilisateurs et de producteurs de fabrication additive. Deuxièmement, un laboratoire dédié à la technologie blockchain, appelé BlockLab, a été développé par le Port de Rotterdam et la ville de Rotterdam avec des instituts d'enseignement, STC, l'Université des sciences appliquées de Rotterdam et TU Delft, comme partenaires. BlockLab a démarré en 2017 et fournit un soutien pour la construction et le test de « cas d'utilisation » de la technologie blockchain. Troisièmement, PlantOne fournit un site où les entreprises peuvent tester de nouvelles technologies chimiques. Les avantages comprennent l'utilisation partagée des installations, la disponibilité des services publics (tels que la vapeur, l'air comprimé, l'azote et l'eau) et un permis environnemental en douceur (car le site dispose déjà d'un permis). Quatrièmement, en ce qui concerne spécifiquement la navigation intérieure, l'organisation EICB fournit un soutien financier et organisationnel aux innovations des PME, notamment en les aidant à attirer des financements externes<sup>18</sup>. Enfin, iTanks apporte son soutien aux projets innovants dans le port, en mettant l'accent sur les activités industrielles<sup>19</sup>.

À Valence, une initiative récente du VFP, de PAV et de l'EIT Climate-KIC intitulée « Super Labs Ports » a vu le jour. Elle offre une variété d'espaces à l'intérieur des bureaux de PAV pour les utilisateurs qui souhaitent co-crée, concevoir et mettre en œuvre des solutions innovantes pour faire face au changement climatique dans le secteur maritime et portuaire.

---

<sup>17</sup> Voir <https://ramlab.com/>

<sup>18</sup> Voir <https://www.eicb.nl>.

<sup>19</sup> Voir <https://itanks.eu>

## Conclusions

Les conclusions suivantes peuvent être tirées d'un examen de la littérature sur les écosystèmes d'innovation et d'une étude de cas portant sur deux grands ports européens.

Premièrement, du fait des tendances qui affectent l'industrie portuaire, l'importance de l'innovation pour la capacité des ports à continuer à créer de la « valeur pour la société » est largement reconnue. Les études de cas démontrent une attention et des investissements croissants dans l'innovation, tant à Valence qu'à Rotterdam.

Deuxièmement, en raison des caractéristiques spécifiques des clusters portuaires, spécialisés dans les opérations et dominés par des entreprises multinationales, les activités de R&D dans les clusters portuaires sont relativement limitées et le défi dominant en matière d'innovation est l'application rapide des nouvelles connaissances. L'accent mis sur l'absorption de nouvelles connaissances plutôt que sur la création de connaissances implique que les mesures de la performance d'innovation d'un port diffèrent des indicateurs largement utilisés pour les clusters d'innovation.

Troisièmement, dans les ports, une « approche systémique » est nécessaire pour comprendre l'écosystème de l'innovation. Un très grand nombre d'acteurs participent aux activités portuaires quotidiennes, servant directement ou indirectement le trafic portuaire. Tous ces acteurs indépendants, publics et privés, forment un cluster portuaire lié par un intérêt commun pour une logistique et un transport maritime fluides et durables. Ainsi, une « approche systémique » de l'innovation est pertinente pour couvrir les demandes de ces différents acteurs et leur contexte institutionnel, tout en garantissant que le cluster portuaire reste économiquement vital et tourné vers l'avenir. Sur la base de ce contexte, nous avons développé un cadre avec sept composants pour évaluer « l'écosystème d'innovation portuaire ». Les cas de deux grands ports européens (Rotterdam et Valence) confirment la pertinence de ces composantes et les efforts manifestes des deux ports pour renforcer chacune de ces composantes.

Quatrièmement, les deux écosystèmes d'innovation portuaire ont démontré un fort niveau d'activités dans la composante du capital humain (formation). À Rotterdam, les initiatives universitaires soutenues par la communauté portuaire (notamment les multinationales) attirent des étudiants du monde entier. À Valence, la fondation portuaire fait office de centre de formation et d'éducation pour la communauté portuaire, attirant des professionnels de premier plan du secteur portuaire espagnol et latino-américain, et mettant les étudiants en contact avec les entreprises du cluster.

Cinquièmement, dans les deux ports, les efforts visant à renforcer la coopération en matière de recherche jouent un rôle central. Dans les deux ports, une institution (Smartport à Rotterdam, et VPF à Valence) joue un rôle central dans l'établissement de la coopération en matière de recherche. Dans les deux ports, cette institution bénéficie d'un financement public important, et dans les deux ports, l'objectif est de travailler avec un « modèle multiplicateur », l'institution étant chargée de développer/coordonner des propositions pour attirer des financements publics supplémentaires. Dans les deux clusters, les entreprises multinationales collaborent aux projets de R&D.

Sixièmement, les systèmes d'innovation portuaire de Rotterdam et de Valence sont assez différents. L'écosystème de Rotterdam pourrait être caractérisé comme « distribué et connecté », tandis que le système d'innovation portuaire de Valence est assez centralisé, avec un rôle central de la FVP dans les sept composantes. Une analyse plus approfondie de l'explication de ces différences et de leurs effets sur les résultats est pertinente tant sur le plan académique que pratique. La différence la plus nette entre Valence et Rotterdam est l'attention portée à Rotterdam aux services d'incubation, ainsi que la création d'un incubateur lié au port et même l'engagement de la communauté portuaire dans les fonds de capital-risque.

Enfin, les pistes de recherche sur les écosystèmes d'innovation dans les ports sont nombreuses, étant donné qu'il s'agit d'un domaine encore inexploré de la gestion portuaire. Les courants de recherche suivants sont pertinents. Premièrement, comment mesurer et comparer les performances des ports en matière d'innovation ? Des recherches supplémentaires peuvent être orientées vers le développement de méthodes permettant de comparer l'utilisation des nouvelles technologies dans les clusters portuaires ou de comparer le succès des projets d'innovation entre les ports, en s'appuyant potentiellement sur les méthodes d'évaluation des projets d'innovation portuaire utilisées dans Acciario et al. (2018) et Vanelslander et al. (2019). Deuxièmement, dans la lignée des travaux généraux sur les choix de localisation des start-ups et des « scale ups » (voir Curran et al. 2016), comment les start-ups et scale ups innovantes font-elles des choix de localisation et quelle est l'importance (le cas échéant) de l'écosystème d'innovation dans ces choix de localisation ? Enfin, toujours sur la base des résultats obtenus dans d'autres secteurs (voir Mudambi, 2008), comment les principales multinationales du secteur portuaire organisent-elles la R&D et comment décident-elles du niveau d'implication dans les écosystèmes d'innovation des ports dans lesquels elles sont actives.

# Bibliographie

- ACCIARO, M., FERRARI, C., LAM, J. S., MACARIO, R., ROUMBOUTSOS, A., SYS, C., & VANELSLANDER, T., 2018, Are the innovation processes in seaport terminal operations successful? *Maritime Policy & Management*, 1-16.
- ACS, Z. A., STAM, E., AUDRETSCH, D. B. & O'CONNOR, A., 2017a, The lineages of the entrepreneurial ecosystem approach, *Small Business Economics*, 49, 1-17
- ACS, Z. J., AUTIO, E., & SZERB, L., 2014, National systems of entrepreneurship: Measurement issues and policy implications. *Research Policy*, 43(3), 476-494.
- ADNER, R., & KAPOOR, R., 2010, Value creation in innovation ecosystems: How the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal*, 31(3), 306-333.
- ARDUINO, G., ARONIETIS, R., CROZET, Y., FROUWS, K., FERRARI, C., GUIHÉRY, L., ... & LLOYD, M., 2013, How to turn an innovative concept into a success? An application to seaport-related innovation. *Research in Transportation Economics*, 42(1), 97-107.
- ASHEIM, B. T., SMITH, H. L., & OUGHTON, C., 2011, Regional innovation systems: theory, empirics and policy. *Regional Studies*, 45(7), 875-891
- AUDRETSCH, D. B. & BELITSKI, M., 2017, Entrepreneurial ecosystems in cities: establishing the framework conditions, *Journal of Technology Transfer*, 42(5), 1030-1051.
- AULET, B., 2008, *How to build a successful innovation ecosystem: educate, network, and celebrate*. Xconomy. com, 14.
- BATHELT, H., CANTWELL, J. A., & MUDAMBI, R., 2018, Overcoming frictions in transnational knowledge flows: challenges of connecting, sense-making and integrating. *Journal of Economic Geography*, 18(5), 1001-1022.
- BATHELT, H., MALMBERG, A., & MASKELL, P., 2004, Clusters and knowledge: local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation. *Progress in human geography*, 28(1), 31-56.
- BENSON, D., & ZIEDONIS, R. H., 2009. Corporate venture capital as a window on new technologies: Implications for the performance of corporate investors when acquiring startups. *Organization Science*, 20(2), 329-351.
- BOSMA, N., STAM, E. & WENNEKERS, S., 2014, Intrapreneurship versus entrepreneurship in high and low income countries. In Blackburn, R., Delmar, F., Fayolle, A. & Welter, F. (eds) *Entrepreneurship, People and Organisations. Frontiers in European Entrepreneurship Research*. Cheltenham: Edward Elgar. pp.94-115
- BOUGRAIN, F., & HAUDEVILLE, B., 2002, Innovation, collaboration and SMEs internal research capacities. *Research policy*, 31(5), 735-747.
- BRUNEEL, J., RATINHO, T., CLARYSSE, B., & GROEN, A., 2012, The Evolution of Business Incubators: Comparing demand and supply of business incubation services across different incubator generations. *Technovation*, 32(2), 110-121.
- CAHOON, S., PATEMAN, H., CHEN, S., 2013. Regional port authorities: leading players in innovation networks? *Journal of Transport Geography*. 27, 66-75.
- CARAYANNIS, E. G., & CAMPBELL, D. F., 2009, 'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem. *International Journal of Technology Management*, 46(3-4), 201-234.

- COHEN, W. M., & LEVINTHAL, D. A., 1990, Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 128-152.
- COLOMBO, M. G., DAGNINO, G. B., LEHMANN, E. E., & SALMADOR, M., 2017, The governance of entrepreneurial ecosystems. *Small Business Economics*, 1-10.
- CURRAN, D., LYNN, T., & O'GORMAN, C. (2016). The role of personal factors in the location decision of software services start-up firms. *European Planning Studies*, 24(3), 551-567.
- DE LANGEN, P. W., & HAEZENDONCK, E., 2012, *Ports as clusters of economic activity. The Blackwell companion to maritime economics*, 638-655.
- DE LANGEN, P. W., & HEIJ, C., 2014, Corporatisation and performance: A literature review and an analysis of the performance effects of the corporatisation of port of Rotterdam authority. *Transport Reviews*, 34(3), 396-414.
- DE LANGEN, P. W., & VAN DER LUGT, L. M., 2017, The role of public shareholders in government owned port development companies: Insights from the Dutch case. *International Journal of Transport Economics*, 44(4), 589-609.
- DE LANGEN, P., & SORNN-FRIESE, H., 2019, Ports and the Circular Economy. In *Green Ports* (pp. 85-108). Elsevier.
- DURST, S., POUTANEN, P., 2013. Success factors of innovation ecosystems- Initial insights from a literature review. In Smeds, R., Irrmann, O., (Eds.), *Co-create 2013: The Boundary-Crossing Conference on Co-Design in Innovation*. Aalto, Denmark, 27-38. Retrieved from ([http://www.academia.edu/4007245/Success\\_factors\\_of\\_innovation\\_ecosystems\\_A\\_literature\\_review](http://www.academia.edu/4007245/Success_factors_of_innovation_ecosystems_A_literature_review)).
- Erasmus Universiteit Rotterdam, Haven Innovatie Barometer, Date of access: 28/01/2019. [https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/haven\\_innovatie\\_barometer\\_2016.pdf](https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/haven_innovatie_barometer_2016.pdf) (in Dutch).
- FELD, B., 2012, *Startup Communities: Building an Entrepreneurial Ecosystem in Your City*. New York: Wiley
- FERRAS-HERNANDEZ, X., & NYLUND, P. A., 2018, *Clusters as Innovation Engines: The Accelerating Strengths of Proximity*. *European Management Review*.
- FLICK, U. (2019) *An Introduction to Qualitative Research*, 5th ed.; Sage: London, UK.
- FRENKEN, K., CEFIS, E., & STAM, E., 2015, Industrial dynamics and clusters: a survey. *Regional Studies*, 49(1), 10-27.
- GIULIANI, E., 2005, Cluster absorptive capacity: why do some clusters forge ahead and others lag behind? *European urban and regional studies*, 12(3), 269-288.
- Hall, P. V., & Jacobs, W. (2010). Shifting proximities: The maritime ports sector in an era of global supply chains. *Regional Studies*, 44(9), 1103-1115.
- Hall, P. V., & Jacobs, W. (2012). Why are maritime ports (still) urban, and why should policy-makers care?. *Maritime Policy & Management*, 39(2), 189-206.
- HALL, P. V., O'BRIEN, T., & WOUDEMA, C. (2013). Environmental innovation and the role of stakeholder collaboration in West Coast port gateways. *Research in Transportation Economics*, 42(1), 87-96.
- ISENBERG, D. J., 2010, How to start an entrepreneurial revolution. *Harvard business review*, 88(6), 40-50.
- ISENBERG, D., 2011, The entrepreneurship ecosystem strategy as a new paradigm for economic policy: Principles for cultivating entrepreneurship. Presentation at the Institute of INTERNATIONAL and European Affairs.

- ISENBERG, D., 2014, What an Entrepreneurship Ecosystem actually is, *Harvard Business Review*, May 12, 2014, accessed under <http://hbr.org/2014/05/what-an-entrepreneurialecosystem-actually-is/>
- JACOBS, W., DUCRUET, C., & DE LANGEN, P. (2010). Integrating world cities into production networks: the case of port cities. *Global networks*, 10(1), 92-113.
- LEMENINEN, S., & WESTERLUND, M., 2017, Categorisation of innovation tools in living labs. *Technology Innovation Management Review*, 7(1).
- LIÑÁN, F., RODRÍGUEZ-COHARD, J. C., & RUEDA-CANTUCHE, J. M., 2011, Factors affecting entrepreneurial intention levels: a role for education. *International entrepreneurship and management Journal*, 7(2), 195-218.
- MACK, E., & MAYER, H., 2016, The evolutionary dynamics of entrepreneurial ecosystems. *Urban Studies*, 53(10), 2118-2133.
- MALECKI, E. J., 2011, Connecting local entrepreneurial ecosystems to global innovation networks: open innovation, double networks and knowledge integration. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 14(1), 36-59.
- Merk, O. (2013). *The competitiveness of global port-cities: synthesis report*. OECD, Paris, available at
- MORRISON, A., RABELLOTTI, R., & ZIRULIA, L., 2013, When do global pipelines enhance the diffusion of knowledge in clusters? *Economic Geography*, 89(1), 77-96.
- MOULAERT, F., SEKIA, F., 2003. Territorial innovation models: a critical survey. *Regional Studies*. 37 (3), 289-302.
- MUDAMBI, R. (2008). Location, control and innovation in knowledge-intensive industries. *Journal of economic Geography*, 8(5), 699-725.
- NG, A. K., DUCRUET, C., JACOBS, W., MONIOS, J., NOTTEBOOM, T., RODRIGUE, J. P., SLACK, B., TAM, K. & WILMSMEIER, G., 2014, Port geography at the crossroads with human geography: between flows and spaces. *Journal of Transport Geography*, 41, 84-96.
- NICOTRA, M., ROMANO, M., DEL GIUDICE, M., 2014, The Evolution Dynamic of a Cluster Knowledge Network: the Role of Firms' Absorptive Capacity. *Journal of the Knowledge Economy*, 5, 70-93.
- OH, D. S., PHILLIPS, F., PARK, S., & LEE, E., 2016, Innovation ecosystems: A critical examination. *Technovation*, 54, 1-6.
- Patel, P., & Pavitt, K. (1991). Large firms in the production of the world's technology: an important case of "non-globalisation". *Journal of international business studies*, 22(1), 1-21.
- Pavitt, K., & Patel, P. (1999). Global corporations and national systems of innovation: who dominates whom. *Innovation policy in a global economy*, 94-119.
- RITALA, P., & ALMPANOPOULOU, A., 2017, In defense of 'eco'in innovation ecosystem. *Technovation*, 60, 39-42.
- STAM, E., 2015, Entrepreneurial ecosystems and regional policy: a sympathetic critique. *European Planning Studies*, 23(9), 1759-1769.
- TEECE, D. J., 2009, *Dynamic capabilities and strategic management: sOrganising for innovation and growth*. Oxford University Press on Demand.
- THURIK, R., STAM, E. & AUDRETSCH, D, 2013, The Rise of the Entrepreneurial Economy and the Future of Dynamic Capitalism. *Technovation* 33(8-9): 302-310.

- UHLANER, L., & THURIK, R., 2007, Postmaterialism influencing total entrepreneurial activity across nations. *Journal of Evolutionary Economics*, 17(2), 161-185.
- VAN DE VRANDE, V., DE JONG, J. P., VANHAVERBEKE, W., & DE ROCHEMONT, M., 2009, Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges. *Technovation*, 29(6-7), 423-437.
- VANELSLANDER, T., SYS, C., AND V. CARLAN (2016). "Innovation among seaport operators: a QCA approach for determining success conditions." *International Journal of Transport Economics* XLIII (3): 289-312.
- VANELSLANDER, T., SYS, C., LAM, J. S. L., FERRARI, C., ROUMBOUTSOS, A., ACCIARO, M., & GIULIANO, G. (2019). A serving innovation typology: mapping port-related innovations. *Transport Reviews*, 39(5), 611-629.
- VERHOEVEN, P AND VANOUTRIDE, T. (2012), A quantitative analysis of European port governance, *Maritime Economics and Logistics*, 14 (2), 178-203.
- VON HIPPEL, E., 1986, Lead users: a source of novel product concepts. *Management science*, 32(7), 791-805.
- WITTE, P., SLACK, B., KEESMAN, M., JUGIE, J.-H., & WIEGMANS, B. (2017). Facilitating start-ups in port-city innovation ecosystems: A case study of Montreal and Rotterdam. *Journal of Transport Geography*.
- WOODWARD, D., FIGUEIREDO, O., & GUIMARAES, P., 2006, Beyond the Silicon Valley: University R&D and high-technology location. *Journal of Urban Economics*, 60(1), 15-32.
- WORLD ECONOMIC FORUM, 2013, *Entrepreneurial Ecosystems Around the Globe and Company Growth Dynamics*. Davos: World Economic Forum.
- ZENG, S. X., XIE, X. M., & TAM, C. M., 2010, Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs. *Technovation*, 30(3), 181-194.



# Une typologie de l'innovation de service : cartographie des innovations liées au port

*Thierry VANESLANDER*

Department of Transport and Regional Economics – University of Antwerp  
Anvers – Belgique

*Christa SYS*

Department of Transport and Regional Economics – University of Antwerp  
Anvers – Belgique

*Jasmine Siu Lee LAM*

Technical University of Denmark  
Lyngby – Denmark

*Claudio FERRARI*

Department of Economics and Business Studies - University of Genova  
Gênes – Italie

*Athena ROUMBOUTSOS*

Department of Shipping, Trade and Transport – University of the Aegean  
Chios – Grèce

*Michele ACCIARO*

Copenhagen Business School  
Copenhagen – Danemark

*Macário ROSARIO*

Department of Transport and Regional Economics – University of Antwerp  
Anvers – Belgique  
Instituto Superior Técnico  
Lisboa – Portugal

*Genevieve GIULIANO*

University of Southern California  
Los Angeles – Etats-Unis d'Amérique

# Introduction

L'industrie du transport a fait des progrès considérables au cours des dernières décennies dans divers domaines tels que l'élaboration de politiques, les technologies et les initiatives environnementales (Banister et Stead, 2004 ; Bontekoning et Priemus, 2004 ; Vivanco et al., 2015). L'innovation a joué un rôle important pour soutenir et faire progresser le développement de l'industrie du transport. D'une part, le transport est un secteur à forte intensité de capital, ce qui contribue à la nécessité d'un progrès technologique dans les installations et les équipements (Van Geenhuizen et al., 2003 ; Ambrosino et al., 2018). D'autre part, les innovations dans l'élaboration des politiques et dans les aspects organisationnels du transport (logiciels) vont de pair avec la technologie et les infrastructures (matériel) afin d'obtenir de meilleurs résultats en termes d'efficacité (Weber et al., 2014).

En général, l'innovation est considérée comme essentielle pour maintenir et améliorer la compétitivité d'une industrie et des organisations (Flint et al., 2005). L'innovation contribue donc à l'avantage concurrentiel du secteur des transports. Dans le même ordre d'idées, l'innovation peut être stratégique pour maintenir la compétitivité des industries maritimes et portuaires nationales (Jenssen, 2003). Bien que l'industrie offre de multiples opportunités d'innover, une étude comparative du Forum international des transports (2010) montre que le secteur maritime et portuaire en particulier semble moins proactif par rapport à d'autres secteurs (par exemple, le secteur bancaire, le secteur pharmaceutique)<sup>1</sup>.

Alors que la complexité des processus de production contemporains s'accroît et que l'on compte de plus en plus sur des transports efficaces dans les chaînes d'approvisionnement mondiales, il est nécessaire d'évaluer si le secteur maritime est suffisamment préparé aux nouvelles exigences économiques, environnementales et sociales. Cette étude examine donc l'innovation dans l'industrie maritime et portuaire.

Cette recherche a été motivée par trois limitations dans la littérature scientifique actuelle sur l'innovation maritime et portuaire. Premièrement, l'innovation est souvent confondue avec l'invention. Selon Schumpeter (1939), l'innovation est l'introduction sur le marché d'une nouveauté technique ou organisationnelle, et pas seulement son invention. Afin de distinguer l'innovation de l'invention dans le secteur d'intérêt, il est nécessaire de rédiger une définition uniforme de ce que l'innovation

---

<sup>1</sup> La manière classique de mesurer la performance en matière d'innovation est le volume des investissements en R&D. Les chiffres typiques de la R&D sont nettement plus faibles pour le secteur du transport et de la logistique que pour les autres secteurs industriels. La question se pose de savoir si la R&D reflète pleinement le niveau d'activité d'innovation.

implique dans ce contexte (section 3). La deuxième limite est qu'il n'existe pas de contributions sur la typologie de l'innovation en ce qui concerne l'industrie portuaire, ou même le secteur des transports en général. Des typologies générales de l'innovation ont été développées dans la littérature (Booz et al., 1982), mais une classification des types d'innovation dans le contexte plus large des ports fait défaut. Ce fait limite la compréhension et la recherche comparative. C'est pourquoi une typologie conceptuelle est développée dans ce document (section 4). Troisièmement, seules quelques études se sont concentrées sur les projets d'innovation liés aux ports ou aux activités maritimes. Les exceptions sont Acciaro et al. (2014), Arduino et al. (2013), De Martino et al. (2013), Jenssen (2003) ou Keceli (2011).

Comme le montre ce document, dans l'ère post-crise économique de 2009, les industries portuaires et maritimes ont pris des mesures pour développer de nouvelles initiatives en termes d'innovation. L'avancement de la recherche académique liée à l'innovation de la chaîne d'approvisionnement maritime et le partage des connaissances dans les réunions de l'industrie pourraient aider l'industrie à mettre en œuvre ces initiatives innovantes avec succès, et ainsi, rattraper les autres secteurs qui ont l'innovation dans leur ADN. Il n'est pas clair à ce stade si la recherche sur l'innovation fait défaut en raison d'un manque de cas réels d'innovation dans la pratique opérationnelle, ou en raison d'un manque de recherche de soutien.

La présente étude contribue à combler ces lacunes dans les connaissances. Le reste du document est organisé comme suit. La section 2 décrit le processus de recherche. Dans la section 3, le document fournit une définition claire de ce qui doit être conçu comme une innovation. Dans la section 4, il propose une typologie conceptuelle applicable aux innovations dans l'industrie portuaire. Il est important de noter que la recherche dans ce document est limitée au transport de marchandises par les ports, et ne traite pas du transport de passagers. La section 5 passe en revue les cas pratiques existants d'innovation dans le domaine maritime et portuaire et leur applique le cadre typologique développé dans la section 4. Dans la section 6, des conclusions sont tirées et des suggestions sont faites quant aux orientations futures de la recherche.

## *Méthodologie*

Le processus de recherche utilisé pour élaborer ce document peut être structuré en trois phases. La première phase a consisté à collecter et à examiner les contributions de recherche précédentes. Des articles évalués par des pairs sur la période 2011-2018 ont été examinés et sélectionnés à l'aide de moteurs de recherche de bases de données académiques bien

reconnues (Scopus, Science Direct et Web of Science). Les mots clés suivants ont été utilisés comme critères de recherche : « innovation maritime » et « innovation portuaire », associés à « technologie », « réglementation », « environnement » et « organisation ». Le contenu, la pertinence et la qualité étaient les trois critères de sélection des articles. Une lecture intégrale du texte axée sur l'objectif, la méthodologie et la conclusion a permis de retenir 43 études pertinentes (voir figure 1 ci-après et consulter l'ouvrage électronique de Sys et al., 2020<sup>2</sup>, pour plus de détails).

La deuxième phase du processus de recherche a porté sur l'élaboration d'une typologie de l'innovation. La typologie n'est pas seulement précieuse du point de vue de la recherche, mais elle fournit également une base aux opérateurs et aux décideurs politiques pour prendre des mesures appropriées afin d'augmenter les chances de succès d'une initiative d'innovation. La typologie peut également être généralisée au-delà du contexte portuaire, de sorte qu'elle peut également être utilisée pour l'innovation non portuaire.

Enfin, des études de cas ont été réalisées pour fournir un soutien empirique à la définition de la typologie, ce qui a permis d'étudier l'applicabilité de la typologie proposée. Pour cette analyse empirique, 75 cas d'innovation ont été sélectionnés pour lesquels des informations ont été recueillies par l'examen de la littérature et des documents de l'industrie et par le biais d'entretiens avec les parties prenantes concernées. Grâce aux informations recueillies, les cas ont pu être testés quant à leur adéquation avec la typologie développée.

---

<sup>2</sup>Sys, C., Vanelslander, T. Carlan, V., Verberght, E. (eds) (2020), *Innovation in Ports – Technology, Information and Processes*, disponible à l'adresse : [https://medialibrary.uantwerpen.be/old-content/container2629/files/INNOVATION%20IN%20PORTS\\_finalversion%20met%20logos\(1\).pdf?\\_gl=1\\*1kydzft\\*\\_gcl\\_au\\*MzQ2NDQ0MTY4LjE3MDAwNDIzNTg\\*\\_ga\\*MTMzNDczNjg4MC4xNTg5NDQ3ODUy\\*\\_ga\\_WVC36ZPB1Y\\*MTcwMzAwMjk4OS41MTkuMS4xNzAzMDAyOTk2LjUzLjAuMA..&\\_ga=2.6042611.1539248370.1702820514-1334736880.1589447852](https://medialibrary.uantwerpen.be/old-content/container2629/files/INNOVATION%20IN%20PORTS_finalversion%20met%20logos(1).pdf?_gl=1*1kydzft*_gcl_au*MzQ2NDQ0MTY4LjE3MDAwNDIzNTg*_ga*MTMzNDczNjg4MC4xNTg5NDQ3ODUy*_ga_WVC36ZPB1Y*MTcwMzAwMjk4OS41MTkuMS4xNzAzMDAyOTk2LjUzLjAuMA..&_ga=2.6042611.1539248370.1702820514-1334736880.1589447852)

**Figure 1 : Littérature académique liée au port classée selon le contexte d'innovation**

Sujet			Sous-thème	Exemple
Régulation & Institutionnels	Organisation	Technologie		
x			Développement de la réglementation	Defilippi (2012)
x	x		Concessions	Iannone, F. (2012), Lam, J. and Gu, Y. (2012), Van der Horst and Van der Lugt (2011), Colombo, M., Laursen, K., Magnusson, M. and Rossi-Lamastra, C. (2011)
x	x		Coordination de l'arrière-pays	Do, N.-H., Nam, K.-C. and Ngoc Le, Q.-L. (2013), Monios and Wilmsmeier (2013), Olivo et al. (2013), Veenstra et al. (2012)
	x		Plateformes logistiques maritimes	Yang (2013), Nam and Song (2011)
	x		Logistique des conteneurs vides	Vojdani et al. (2013), Dang et al. (2013), Chao and Yu (2012)
	x		Planification de la chaîne	Fancello et al. (2011)
	x	x	ICT	Keceli (2011), Marianos et al. (2011)
	x	x	Gestion de l'environnement	Klopott (2013)
		x	Optimisation du terminal à conteneurs	Sharif, O. and Huynh, N. (2013), Ambrosino et al. (2013), Zhao and Goodchild (2013), Thai, V. (2012), Klerides and Hadjiconstantinou (2012), Golias, M. (2011), Golias and Haralambides (2011), Monaco and Sammarra (2011)
	x		Changement climatique	Osthorst and Mainz (2013)

## *Définition de l'innovation*

Le concept d'innovation est apparu il y a plus de 75 ans dans la littérature académique, Schumpeter (1939) étant l'un des premiers à présenter l'innovation comme « faire les choses différemment dans le domaine de la vie économique », où de « nouvelles combinaisons » de ressources entraînent cinq types d'innovation différents : 1) de nouveaux produits ou une nouvelle qualité de produit, 2) de nouvelles méthodes de production,

3) de nouveaux marchés, 4) de nouvelles sources d'approvisionnement en matières premières et en biens intermédiaires, et 5) de nouvelles méthodes d'organisation du processus économique.

La plupart de ces types d'innovation sont encore identifiés dans la dernière (3<sup>e</sup>) édition des Lignes directrices pour la collecte et l'interprétation des données sur l'innovation (Manuel d'Oslo, OCDE et CE 2005, 46f) : « Une innovation est la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode d'organisation dans les pratiques commerciales, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures. On distingue quatre types d'innovation : les innovations de produits, les innovations de procédés, les innovations marketing et les innovations organisationnelles. »

Drucker (1985) a proposé une définition plus opérationnelle : « L'innovation est un changement qui crée une nouvelle dimension de la performance et innover, c'est transformer le changement en opportunité. L'innovation systématique consiste donc en la recherche volontaire et organisée de changements, et en l'analyse systématique des opportunités que ces changements peuvent offrir pour l'innovation économique ou sociale. » Dans cette même étude, il introduit donc les notions de finalité, de gains d'efficacité et de prise de risque calculée.

Sur la base de ce qui précède, Arduino et al. (2013) ont élaboré une définition plus spécifique : « Un changement technologique ou organisationnel (y compris culturel en tant que sous-ensemble distinct) du produit (ou service) ou du processus de production qui soit réduit le coût du produit (ou service) ou du processus de production, soit augmente la qualité du produit (ou service) pour le consommateur. »

Bien que différentes définitions de l'innovation aient été proposées dans la littérature, les similitudes suivantes peuvent être identifiées. Premièrement, l'innovation est le moteur du changement. Deuxièmement, il existe différents types d'innovation. Toutefois, le fait que l'implication porte sur un produit ou davantage sur le processus n'a pas d'importance fondamentale. En d'autres termes, les définitions ne spécifient pas une forme particulière d'intrants ou de résultats.

Dans la suite de ce document, nous avons choisi d'appliquer la définition d'Arduino et al. (2013) car elle est plus concrète, permet de mesurer les impacts et elle peut être entièrement appliquée à un port et à une chaîne d'approvisionnement maritime. En outre, elle permet de tester des projets d'innovation qui n'ont pas été analysés auparavant dans le même contexte. En partant de la définition choisie, la section suivante effectuera une revue de la littérature et développera un cadre typologique pour les initiatives d'innovation.

## *De la revue de la littérature à une typologie conceptuelle de l'innovation maritime et portuaire*

Il existe un certain nombre de typologies ou de systèmes de classification pour couvrir les initiatives d'innovation (Booz et al., 1982). La nature variée et éclectique de l'innovation présente dans le contexte portuaire implique qu'un certain nombre de descripteurs peuvent être utilisés, seuls ou en combinaison avec d'autres, pour classer l'innovation.

Sur la base des enseignements de la littérature, cinq dimensions de l'innovation sont proposées dans cette section pour élaborer la typologie : 1) le contexte de l'innovation, 2) l'ouverture de l'innovation, 3) les acteurs impliqués, 4) l'ampleur de l'impact, et 5) la source de l'innovation.

### **Contexte de l'innovation**

La première dimension est liée au contexte de l'innovation, qui fait référence à l'objectif visé par l'innovation. Étant donné que l'innovation peut différer en ce qui concerne la nature du changement, la motivation à innover détermine le contexte. Jusqu'à présent, la littérature n'est pas parvenue à un consensus sur une approche communément adoptée pour classer les innovations en fonction de leur contexte.

En utilisant une approche très large, Hollanders et al. (2012) affirment que les projets d'innovation peuvent être regroupés comme suit : Technologiques (produit et/ou processus) ou Non-technologiques (marketing, organisationnel et/ou culturel). En particulier, les technologies, et notamment les technologies émergentes, améliorent ou ont le potentiel d'améliorer le PIB (Freeman, 1982). Les technologies émergentes d'aujourd'hui comprennent les sciences informatiques, les systèmes micro-électromécaniques (MEMS), les nanotechnologies, les technologies mobiles, les biocarburants et d'autres encore (Cordero, Walsh et Kirchhoff, 2005 ; Garg et al., 2015 ; Kautt, Walsh et Bittner, 2007 ; Lantada et al., 2015). Certaines d'entre elles se retrouvent également dans les industries portuaires et maritimes. En outre, les technologies émergentes sont souvent utilisées pour développer des produits radicalement nouveaux, avec des avantages exceptionnels pour la société (Groen & Walsch, 2013 ; Allarakhia & Walsh, 2011 ; Barras, 1986).

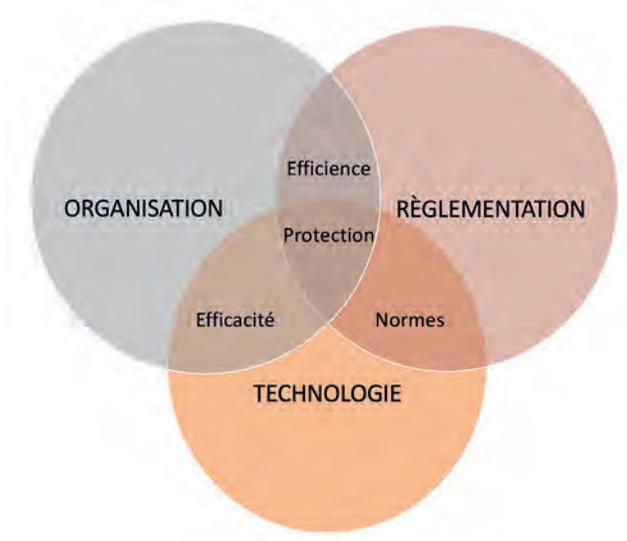
En raison de sa nature multidimensionnelle, Roumboutsos et al. (2011) affirment qu'une initiative d'innovation peut être considérée comme hybride, nécessitant ou englobant simultanément un changement technologique

et organisationnel ou un changement organisationnel et culturel. Une composante prédominante de l'innovation peut être identifiée dans un projet, bien que cette composante prédominante puisse varier en fonction de la phase temporelle atteinte dans le processus d'innovation.

Si l'on combine Hollanders et al. (2012), Roumboutsos et al. (2011) et Arduino et al. (2013) en se référant au critère « contexte de l'innovation », les recherches existantes axées sur l'innovation liée aux ports peuvent être divisées en trois grands types : Réglementaire, qui comprend les types d'innovation institutionnels, politiques ou similaires ; Organisationnel, qui comprend les types d'innovation de gestion, de système ou similaires ; et Technologique qui comprend l'innovation de produit ou de processus (Figure 2).

Ces types d'innovation ne sont pas mutuellement exclusifs et l'interaction entre les types d'innovation doit également être prise en compte. Par exemple, l'innovation technologique déclenchera ou nécessitera très probablement une innovation dans les processus (gestion, exploitation, culture, etc.) (Bergek et al., 2008 ; Carlsson et al., 2002), ce qui suggère un changement de système. Une innovation technologique peut traverser les frontières nationales, régionales et sectorielles (Hekkert et al., 2007 ; Markard et Truffer, 2008) et cette caractéristique se reflète à la fois dans le déploiement de la technologie et dans l'interdépendance des acteurs et de leurs interrelations.

**Figure 2 : Interrelation des principaux types d'innovation maritime**



Comme nous l'avons mentionné dans la section 1, il n'existe que peu d'articles scientifiques portant spécifiquement sur l'innovation en soi dans l'industrie portuaire. Toutefois, une analyse plus large de la littérature a montré qu'il existe un grand nombre de publications qui traitent de l'amélioration de la réglementation, de l'organisation, de la technologie ou d'une combinaison de ces aspects de l'innovation, sans faire explicitement référence à l'« innovation ». Afin d'élargir la portée de l'analyse documentaire, ces articles scientifiques liés à l'innovation ont été inclus, afin de dériver le modèle des types d'innovation en fonction de la dimension « contexte » telle qu'elle se présente dans le contexte portuaire.

La figure 1, présentée plus haut, résume les articles liés à l'innovation rencontrés dans la littérature académique récente (2011-2018) relative aux ports. Les résultats détaillés de la littérature examinée par source sont présentés dans Sys et al., 2020, voir note 2. On constate un assez bon équilibre entre les trois principaux types d'innovation. Cela révèle que la prise en compte de multiples aspects lors du développement de l'innovation est essentielle dans cette industrie hautement dynamique et compétitive. En conséquence, les chercheurs tentent de fournir des solutions ou des améliorations pour répondre aux attentes plus élevées des parties prenantes telles que les clients, les actionnaires, les régulateurs ou la société.

Bien qu'aucune des références ci-dessus ne traite exclusivement du processus d'innovation, mais plutôt des aspects techniques et de performance de l'initiative d'innovation, les cas d'innovation qui ont été étudiés dans la littérature en tant que tels seraient utiles à soumettre à une analyse de processus, ce que le présent document entreprendra.

## **Ouverture à l'innovation**

L'ouverture à l'innovation est la deuxième dimension de la classification. Le degré de partage des informations, des processus et des résultats permet de classer l'innovation en deux catégories : « ouverte » ou « fermée » (Remneland-Winham et Knights, 2012). Le terme « innovation fermée » fait référence à la tendance à maintenir les activités d'innovation au sein de l'entreprise ou du groupe d'entreprises ; l'échange de connaissances avec l'environnement externe est plutôt appelé « innovation ouverte ».

Si l'innovation ouverte était autrefois l'intérêt de quelques chercheurs, elle fait désormais partie de la recherche générale (Chesbrough, 2003). L'innovation fermée (par exemple, le développement d'une plate-forme informatique portuaire) évolue de plus en plus vers l'innovation ouverte (par exemple, tous les ports d'un pays contribuent au développement d'une telle plate-forme informatique). Le coût de développement devrait diminuer grâce à l'innovation ouverte, tandis que l'efficacité des fonds employés et

l'efficience qui en résulte dans une industrie de réseau s'améliorent. Une interprétation encore plus large de l'innovation ouverte est qu'elle est mise à disposition en tant que source ouverte, avec la possibilité pour chacun d'utiliser et de contribuer à l'amélioration (Remneland-Winhamn et Knights, 2012). Néanmoins, des tensions entre l'open source et l'innovation ouverte peuvent apparaître en raison de problèmes de brevets non résolus ou lorsque les entreprises tentent d'obtenir un avantage de premier arrivé, également dans le secteur portuaire. En outre, la nature en réseau du port et, en général, du secteur des transports ne doit pas être négligée. De nombreuses innovations, notamment celles liées aux technologies de l'information et de la communication, doivent être ouvertes pour que leurs avantages soient pleinement exploités (Koski et Kretschmer, 2004).

### **Acteurs impliqués**

Une autre dimension concerne le nombre et le type d'acteurs directement impliqués dans le processus de décision. Dans ses premiers travaux, Schumpeter (1912/1983) s'est concentré sur l'entrepreneur individuel, principalement dans les nouvelles entreprises, qui agit en tant que moteur de la « destruction créative ». Ils recherchent des opportunités commerciales inexploitées en essayant de nouvelles combinaisons de ressources. Dans ses travaux ultérieurs, Schumpeter (1939) a reconnu que les grandes entreprises établies, qui peuvent ériger d'importantes barrières à l'entrée pour les nouveaux innovateurs et jouent ainsi un rôle crucial dans le processus d'innovation, dominent la concurrence sur de nombreux marchés.

Selon Habbay (2012), Park et al. (2012), Roumboutsos et al. (2011 et 2014), les acteurs impliqués dans l'innovation dépendent du « type de changement » qui se produit. Ils font la distinction entre « changement d'unité (commerciale) » et « changement de marché » :

- Le changement d'unité (commerciale) ou un changement se produisant à un endroit spécifique et/ou pour un opérateur spécifique (par exemple, le poste d'amarrage en retrait, permettant des opérations de (dé)chargement des deux côtés du navire, au terminal Ceres Paragon à Amsterdam) ;
- Changement de marché ou changement survenant sur un marché de produits entier (par exemple, la manutention de conteneurs (sans équipage)).

En analysant la littérature maritime et portuaire, il est difficile de déterminer si la plupart des innovations se caractérisent par une implication plutôt commerciale ou de marché. Cependant, il est clair qu'il existe une différence significative dans le nombre d'intérêts des acteurs qui doivent être alignés

dans l'innovation « changement de marché » et, par conséquent, dans le risque associé à ce type d'innovation. Il convient également de noter que le processus d'innovation comporte plusieurs phases, généralement divisées en « initiation », « développement » et « mise en œuvre », et que les acteurs impliqués peuvent être différents à chaque phase. Ces derniers devront également être différents en fonction de la « recette du succès » qui peut être élaborée pour tout type d'innovation et toute étape (Acciaro et al., 2018).

### **Ampleur de l'impact**

Une autre classification de l'innovation concerne l'ampleur ou la taille de l'impact de l'innovation et elle peut être décrite comme « incrémentielle », « modulaire » ou « radicale » (Hemphälä et Magnusson, 2012 ; Bourreau et al., 2012 ; Crozet, 2010). Dans l'optique de Schumpeter (1983), l'innovation concerne soit des innovations « radicales » (par exemple, l'introduction du conteneur) qui créent des bouleversements majeurs, ou des innovations « incrémentielles », qui font progresser en permanence le processus de changement (par exemple, des grues qui améliorent les performances, ou des améliorations dans les développements informatiques).

L'impact de l'innovation peut également être discontinu. Le résultat du processus de changement peut se refléter à court ou moyen terme ou ne devenir apparent que longtemps après son introduction. Henderson et Clark (1990), en se concentrant uniquement sur l'innovation de produit, distinguent deux types de connaissances : les connaissances des composants et les connaissances du système (voir figure 3). Premièrement, la connaissance des « composants » fait référence à « la connaissance de chacun des composants qui remplissent une fonction bien définie au sein d'un système plus large qui constitue le produit. Ces connaissances font partie des « concepts de base de la conception » intégrés dans les composants ». Deuxièmement, sous la rubrique « connaissance du système », les mêmes auteurs entendent « la connaissance de la manière dont les composants sont intégrés et reliés entre eux. Il s'agit de la connaissance du fonctionnement du système et de la manière dont les différents composants sont configurés et fonctionnent ensemble ». Ce dernier point est également appelé « connaissance architecturale ».

La prise en compte de l'impact de l'innovation par rapport aux deux types de connaissances évoqués ci-dessus et de l'ampleur de cet impact conduit à une matrice bidimensionnelle en quatre catégories, représentée dans la figure 3. Les deux extrêmes sont « l'innovation incrémentale » d'une part (en haut à gauche) et « l'innovation radicale » d'autre part (en bas à droite). Henderson et Clark (1990) indiquent l'innovation architecturale et modulaire comme typologies intermédiaires.

**Figure 3 : Typologie de l'innovation en termes d'ampleur de l'impact**

		Composants/concepts de base	
		Renforcé	Renversé
Système / liens	Inchangé	Innovation progressive	Innovation modulaire
	Modifié	Innovation architecturale	Innovation radicale

Arduino et al. (2013) fournissent une explication plus détaillée de chaque type d'innovation répertorié dans la figure 3.

- Innovation incrémentale : une petite modification des produits/procédures existants (exemple : amélioration de l'échange d'informations) ;
- Innovation modulaire : un changement significatif de concept au sein d'un composant, mais les liens avec d'autres composants ou systèmes restent inchangés et l'impact est assez faible (exemple : l'introduction d'un terminal tout temps, permettant de traiter des produits sensibles aux conditions météorologiques, quelles qu'elles soient) ;
- Innovation systémique : plusieurs initiatives d'innovation indépendantes mais intégrées qui doivent fonctionner ensemble pour remplir de nouvelles fonctions ou améliorer la performance globale d'un système (par exemple, l'introduction d'un système communautaire portuaire ou PCS) ;
- Innovation radicale : il s'agit d'une percée dans un domaine spécifique qui pourrait changer la nature entière d'une industrie. Elle peut être considérée comme une manière entièrement nouvelle de résoudre des problèmes spécifiques. Elle se traduit généralement par l'établissement d'une nouvelle conception dominante et, par conséquent, d'un nouvel ensemble de concepts de base qui, reliés entre eux, créent un nouveau type de composant ou de système. Les liens existants entre les systèmes et les organisations peuvent ne pas être pertinents pour la mise en œuvre d'une innovation radicale. L'innovation radicale est rare. Un exemple bien connu est l'introduction du conteneur.

Ces principes peuvent également être appliqués pour classer le concept d'innovation. Il est important qu'une initiative d'innovation soit évaluée sur une période suffisamment longue, afin d'éviter que son impact ne soit sous-estimé ou qu'une initiative qui n'a pas encore abouti mais qui présente un fort potentiel ne soit considérée comme non aboutie.

## Source d'innovation

L'analyse documentaire a permis d'observer deux grandes catégories d'innovation en fonction de la « source ». Premièrement, l'innovation commerciale privée, dont les motivations sont soit la génération de revenus, soit la réduction des coûts et, deuxièmement, les initiatives d'innovation publique (avec loi/politique), où la motivation est liée à la réalisation d'une augmentation du bien-être socio-économique. Les initiatives de politique publique sont généralement ciblées sur des marchés de transport sectoriels et trans-sectoriels complets (Arduino et al., 2013). Enfin, dans le cas de l'innovation maritime et portuaire, la source de l'innovation peut également être publique-privée.

## Typologie sommaire

En se référant à la littérature telle qu'examinée dans les sections précédentes, trois dimensions principales pour une typologie de l'innovation portuaire sont identifiées : le contexte, les acteurs et la source. La dimension d'ouverture n'est pas incluse, car il est observé que la grande majorité des innovations dans la pratique portuaire sont fermées. De même, la dimension de l'ampleur n'est pas incluse, car presque toutes les innovations identifiées dans les ports sont de type incrémental. La typologie suivante est donc proposée pour améliorer la manière d'analyser et de classer l'innovation liée aux ports.

La valeur ajoutée de cette typologie est qu'elle fournit une base utile pour les mesures à prendre par les opérateurs et les décideurs politiques afin d'améliorer les chances de succès des initiatives d'innovation ; également utile dans d'autres secteurs. La section 5 applique et valide la taxonomie d'innovation développée à un ensemble de cas pratiques d'innovation liés au secteur maritime et portuaire.

**Figure 4 : Proposition de typologie sommaire de l'innovation**

Typologie de l'innovation	Description
I. Technologie - changement d'unité	On entend par technologie - changement d'unité un changement principalement technologique se produisant à un endroit spécifique et/ou pour un opérateur spécifique
II. Technologie - changement de marché	Idem comme I, mais le changement se produit pour un marché de produits entier (par exemple, la manutention de conteneurs)
III. Technologique, Managérial, Organisationnel, Culturel - changement d'entreprise	En plus des changements technologiques, l'innovation permet également des changements au niveau managérial, organisationnel et culturel, tous à l'échelle d'une entreprise spécifique (par exemple, la manutention du charbon transitant du Brésil vers l'Europe)
IV. Technologique, Managérial, Organisationnel, Culturel - changement de marché	Idem comme III, mais le changement se produit pour un marché de produits entier
V. Managérial, Organisationnel, Culturel - changement de marché	Innovation dans la culture organisationnelle et les processus de management sans composante technologique notable
VI. Initiatives politiques (Managérial, Organisationnel, Culturel - changement de marché)	Actions d'innovation initiées par les politiques, qui à leur tour peuvent déclencher d'autres innovations. (Par exemple, introduire une taxe carbone)

## *Application et validation de la typologie à des cas d'innovation liés au secteur maritime et portuaire*

Cette section analyse les cas collectés d'initiatives d'innovation liées au secteur maritime et portuaire. Tout d'abord, les caractéristiques de l'échantillon de cas sont brièvement décrites. Ensuite, sur la base de la typologie d'innovation proposée (Figure 4), les cas sont classés en fonction du contexte des activités d'innovation et selon que l'innovation implique un changement d'unité, de marché ou d'entreprise.

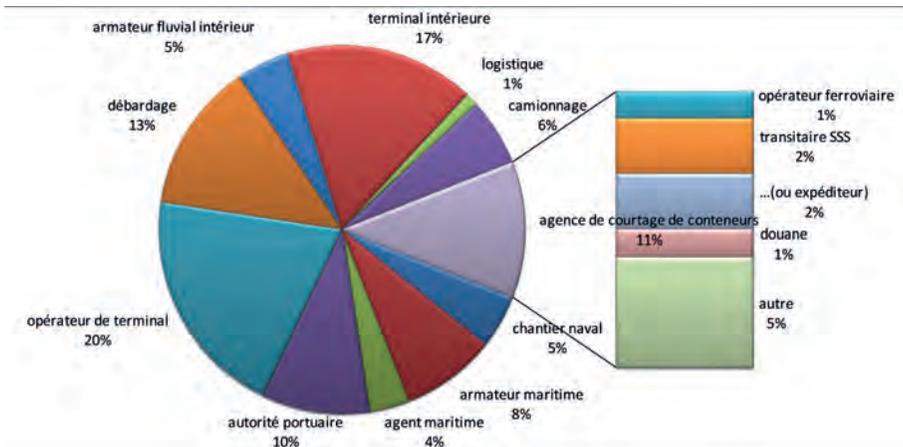
### **Description des cas d'innovation étudiés**

Au cours de la période 2013-2015, les données de 75 cas d'innovation ont été collectées<sup>3</sup>. Deux cas d'innovation, à savoir le 3PL Primary Gate et le Port Single Window, contiennent le point de vue de plusieurs parties prenantes, ce qui donne un total de 84 évaluations de cas. 28 opérateurs

<sup>3</sup> Une description complète de l'ensemble des cas est disponible dans Sys, et al. (2015).

portuaires privés et deux autorités portuaires ont contribué à la recherche en partageant leur opinion et leurs connaissances sur les cas d'innovation passés, présents et futurs développés par leur entreprise et/ou dans lesquels ils ont été impliqués. La participation de différents acteurs, situés dans 10 pays différents, garantit que la base de données de cas couvre l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. La figure 5 montre la part de chaque sous-secteur dans l'ensemble des cas, tandis que des détails sur les cas appartenant à chaque sous-secteur se trouvent dans Sys et al., 2015.

**Figure 5 : Répartition des 75 cas d'innovation entre les sous-secteurs**



L'analyse de la répartition par pays révèle une couverture assez globale, d'autant plus que de nombreux cas proviennent d'acteurs internationaux, actifs dans diverses régions du monde. Au cours de la collecte des données, il est apparu que lorsqu'une entreprise ou une organisation est innovante et créative, elle travaille sur des initiatives innovantes différentes.

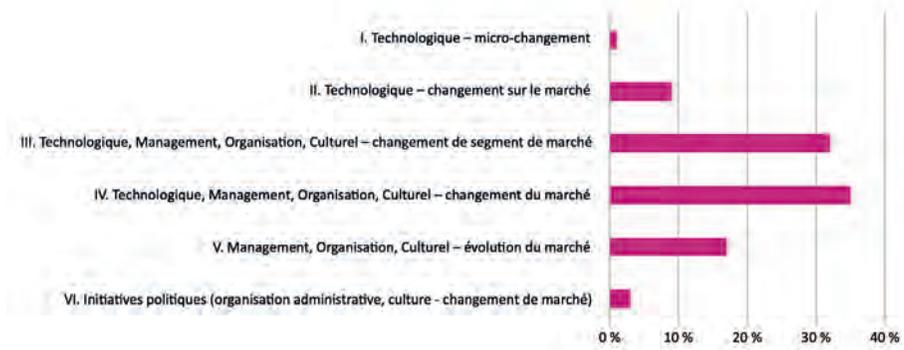
### Validation de la typologie conceptuelle

La figure 6 montre les résultats des 84 évaluations de cas. Le type IV (technologique, managérial, organisationnel, culturel – changement de marché), qui représente plus d'un tiers des cas (35 %), est le type d'innovation le plus courant. Le type III (technologique, managérial, organisationnel, culturel – changement d'entreprise), qui représente près d'un tiers des cas (32 %), est le deuxième type d'innovation le plus courant dans l'échantillon de cas. Ces deux types représentent donc ensemble une part prédominante de 67 %.

Une grande partie des cas présente un changement technologique ou managérial/organisationnel/culturel au niveau de l'entreprise ou du marché avec un impact sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Le troisième

type est le type V (changement managérial, organisationnel, culturel – marché), qui représente 17 % des cas. Les innovations technologiques pures (types I et II) ne représentent que 10 % des cas. Cela révèle que l'innovation purement technologique n'est pas si fréquente. Dans une moindre mesure, cela est également vrai pour les innovations purement managériales, organisationnelles et culturelles sans composante technologique clairement visible. Ces résultats indiquent que l'innovation multi-fond est courante dans l'industrie portuaire. Si l'innovation technologique est utile à cette industrie à forte intensité de capital, la technologie en elle-même ne semble pas suffisante et nécessite un changement managérial et organisationnel pour l'adopter et l'exploiter.

**Figure 6 : Classification des 75 cas d'innovation par type d'innovation**



Une autre observation est que le changement de marché est plutôt courant, d'autant plus que l'innovation combinée technologie/gestion est clairement plus fréquente que l'innovation purement technologique. En d'autres termes, le changement concerne souvent l'ensemble d'un marché de produits et ne se limite pas à un lieu ou à une entreprise en particulier. Cette constatation est conforme à la nature internationale et en réseau de l'industrie portuaire et maritime. Puisque l'industrie est internationale, la sphère d'influence de l'innovation est susceptible d'être large.

Au sein de l'échantillon, les champions (ou initiateurs) de l'innovation sont les opérateurs de terminaux de haute mer, les manutentionnaires et les terminaux intérieurs. La plupart des entreprises placent en tête de leurs priorités les cas d'innovation liés au flux de marchandises et aux technologies de l'information. Ces dernières années, l'amélioration de la logistique et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement est devenue cruciale pour les performances commerciales. En conséquence, l'optimisation de la logistique maritime est de plus en plus répandue (Nam et Song, 2013). À l'ère numérique de la GCL, les flux d'informations entre les différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement, en plus des mouvements de marchandises,

sont également devenus essentiels (Lee et al., 2018). L'avancement des solutions informatiques a été un moteur essentiel de la croissance des industries de services et continue d'être le principal moteur de l'innovation dans le secteur portuaire et maritime (Tseng et Liao, 2015). L'échantillon d'initiatives d'innovation témoigne également de telles tendances. Ces types d'innovation sont également essentielles pour le développement de nouveaux modèles économiques dans la gestion des flux logistiques comme par exemple l'approche de la synchronodalité (Hintjens et al., 2015).

En outre, les cas peuvent être analysés en fonction de l'ampleur de l'impact généré par l'innovation, à savoir l'innovation incrémentale, radicale, modulaire et de système. La majorité des cas sont de type innovation « incrémentale », ce qui signifie qu'ils ne sont pas basés sur de nouvelles initiatives / technologies, mais plutôt sur le développement de pratiques existantes. Le secteur maritime et portuaire a du mal avec les innovations radicales. Les résultats révèlent en quelque sorte les motivations des acteurs qui lancent les initiatives d'innovation : le coût peut-être la raison principale. En effet, être rentable est une exigence essentielle de toute entreprise (Schiff, 2014). La réduction des coûts est particulièrement importante depuis la récession économique mondiale de 2008. L'ensemble de l'industrie portuaire et maritime a connu un affaiblissement de la demande et ne s'est pas vraiment redressé au cours de la recherche. Par conséquent, les acteurs du marché peuvent avoir tendance à être plus conservateurs lorsqu'ils doivent décider de dépenser pour de nouvelles initiatives/technologies. De plus, d'un point de vue pratique et technique, il faut plus de temps, de ressources et d'expertise pour créer une innovation ayant un impact radical. Le risque lié à ce type de projets d'innovation tend à être plus élevé. S'appuyer sur les pratiques existantes et apporter des améliorations est plus facilement réalisable et fournit un résultat plus fiable, et plus facile à vendre à la direction et aux actionnaires.

En ce qui concerne la source de l'innovation, plus de 50% des initiatives rassemblées sont privées et commerciales. La minorité des cas est de nature publique. Dans ces initiatives, la motivation est liée à la réalisation d'une augmentation du bien-être socio-économique. Dans 5% des cas, les initiatives concernent des partenariats public-privé. Ce résultat explique également pourquoi la majorité des cas sont fermés. C'est encore plus le cas pour l'innovation informatique (par exemple, le développement d'une plateforme informatique). Néanmoins, la plupart des entreprises montrent que l'innovation évolue vers l'« ouverture ». Les coûts de développement devraient diminuer avec un intérêt croissant pour des applications plus larges. Cette évolution est importante pour l'innovation et la croissance future. Les organisations sont souvent confrontées à la question de savoir par où commencer. Une voie probable est la suivante : faire des choix (par étapes), oser faire des erreurs et en tirer des enseignements. La recherche

montre clairement que seuls quelques cas d'innovation sont le résultat d'une coopération, et lorsque c'est le cas, c'est tout au plus avec le maillon précédent ou suivant de la chaîne d'approvisionnement maritime. Cette constatation est conforme à l'affirmation de Lam et Van de Voorde (2011) selon laquelle la collaboration ou l'intégration est limitée dans les chaînes d'approvisionnement maritimes.

La Banque mondiale (2013) indique que « les ports de tous les pays sont confrontés à une pression continue pour traiter un débit plus élevé, s'adapter à des navires plus grands et plus spécialisés, améliorer la productivité et adopter de nouvelles technologies et de nouveaux systèmes d'information capables de répondre aux normes de service de plus en plus exigeantes attendues par les chargeurs, les entreprises de logistique et les opérateurs maritimes ». Cela a un impact immédiat sur la capacité du réseau de transport et des ports maritimes, qui restent au centre des chaînes logistiques des économies modernes. L'innovation a la possibilité d'accroître l'avantage concurrentiel des parties prenantes liées aux ports grâce aux effets de grappe. L'analyse de cas montre que la stimulation de l'innovation le long de la chaîne d'approvisionnement garantit un équilibre à long terme entre les coûts et les revenus, en particulier si l'on considère l'innovation chez les opérateurs de terminaux (intérieurs), les utilisateurs des ports, les ports concurrents et les opérateurs de l'arrière-pays. La nature globale des chaînes d'approvisionnement implique également que tous les cas, quelle que soit leur situation géographique, présentent les mêmes caractéristiques et problèmes.

La collaboration avec des entités externes de la chaîne d'approvisionnement pourrait fournir un avantage concurrentiel encore plus grand. L'innovation dans la chaîne d'approvisionnement peut être importante pour toutes les parties prenantes liées aux ports, quelle que soit leur taille. Néanmoins, l'innovation générant des résultats positifs est généralement un processus complexe impliquant l'interaction de nombreux acteurs publics et privés (De Martino et al., 2013). Par conséquent, l'innovation collaborative ou la co-innovation est la voie à suivre pour le développement futur de l'innovation maritime et portuaire. La co-innovation serait une nouvelle forme d'innovation dans laquelle l'intention des parties prenantes est d'accumuler en commun de nouvelles connaissances et de créer ensemble des opportunités de nouvelle collaboration le long des chaînes d'approvisionnement. Par conséquent, on peut affirmer que l'avenir réside dans les changements du marché de nature technologique, managériale, organisationnelle et culturelle, qui peuvent également soutenir l'innovation radicale car les risques (coûts et bénéfices) peuvent être partagés entre les parties co-innovantes. En particulier pour les petites et moyennes entreprises, qui manquent souvent de capacités, notamment financières, la co-innovation sera le seul moyen de s'adapter avec succès à des environnements changeants.

## Conclusions et suggestions de recherches futures

En dépit de l'abondante littérature sur l'innovation, peu d'études se sont penchées spécifiquement sur les projets d'innovation liés au secteur maritime et portuaire. Le présent document contribue à la littérature en se concentrant principalement sur la recherche en matière d'innovation dans le domaine maritime et portuaire. Les auteurs ont examiné les typologies conceptuelles de l'innovation dans la littérature existante qui se concentrent sur un aspect de l'innovation à la fois, négligeant la nature complexe et multilatérale de l'innovation dans les secteurs liés aux ports. Cet article propose une typologie de l'innovation pour analyser et classer l'innovation maritime et portuaire qui repose à la fois sur les conditions de base de l'innovation et sur les acteurs impliqués.

En outre, cette recherche est la première à rassembler 75 études de cas internationales sur l'innovation maritime et portuaire en pratique et à effectuer une évaluation complète des exemples d'innovation portuaire. L'examen des études de cas se concentre sur les types d'innovation proposés et aboutit aux principales conclusions suivantes : 1) l'innovation multi-contexte englobant les aspects technologiques, managériaux, organisationnels et culturels est prédominante dans l'industrie portuaire ; 2) le changement de marché est plus commun que le changement d'unité ou d'entreprise ; 3) la majorité des cas d'innovation sont associés au flux de fret et à l'informatique ; 4) la majorité des cas sont des initiatives « incrémentales » et non « radicales » ; 5) plus de la moitié des initiatives rassemblées sont des initiatives commerciales privées, donc 6) le niveau de partage est naturellement de nature plutôt fermée.

Les résultats de la recherche offrent de nouvelles perspectives aux acteurs du marché, aux décideurs politiques et aux chercheurs. Les typologies d'innovation proposées servent de guide aux opérateurs privés et publics qui souhaitent appliquer ou stimuler l'innovation. Les entreprises sont souvent perçues comme conservatrices lorsqu'elles évaluent l'opportunité de dépenser pour de nouvelles initiatives ou technologies. Les gouvernements devraient envisager de fournir un financement initial et de lancer des programmes de recherche et de développement financés par des fonds publics afin de réduire le coût et le risque liés au lancement de projets d'innovation. De même, les acteurs du marché trouveront des occasions de collaborer avec les membres de la chaîne d'approvisionnement maritime dans le cadre d'initiatives d'innovation. Les analyses de la littérature et des cas aident également les chercheurs à comprendre la recherche et les

pratiques en matière d'innovation dans les ports, et stimulent les études futures dans ce domaine en pleine évolution.

À cet égard, les auteurs proposent les orientations de recherche futures suivantes. Il est possible d'élargir la portée géographique des cas. La typologie développée peut être utilisée au-delà de la portée portuaire de ce document s dévoilée par l'examen des cas, les entreprises peuvent considérer le retour sur investissement de l'innovation comme une préoccupation majeure. Il serait intéressant et utile de mener des analyses coûts/avantages pour estimer la valeur des projets d'innovation liés au secteur maritime et portuaire, car la stratégie d'un champion de l'innovation consiste à réduire les coûts et à obtenir un avantage de premier plan. Une comparaison entre les différents types d'initiatives d'innovation peut être effectuée afin de fournir des références aux acteurs pour prendre leurs décisions. Les recherches futures peuvent également étudier la relation entre les types d'innovation des entreprises et les performances financières telles que le bénéfice de l'entreprise. C'est également un moyen de quantifier la valeur des projets d'innovation liés aux ports. En outre, il est recommandé d'effectuer des recherches empiriques et des tests d'hypothèses pour analyser plus en profondeur le comportement des acteurs dans le lancement d'efforts d'innovation. Comme indiqué dans la section précédente, la co-innovation est la clé du développement futur de l'innovation maritime et portuaire. Une autre suggestion pour les recherches futures est d'encadrer l'innovation portuaire dans la collaboration ou l'intégration de la chaîne d'approvisionnement.

## Remerciements

Cette recherche a été développée avec le soutien financier de la Chaire BNP Paribas Fortis sur le transport, la logistique et les ports de l'Université d'Anvers. Les auteurs souhaitent remercier Yasmine Rashed, Valentin Carlan, Alessio Tei et Vasco Reis pour leur soutien dans la préparation de la revue de littérature.

## Bibliographie

- Acciario, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, J.S.L. & Kapros, S. (2014). Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management*. 41(5), 480-500. doi: 10.1080/03088839.2014.932926
- Acciario, M., Ferrari, C., Lam, J.S.L., Macário, R., Roumboutsos, A., Sys, C., Tei, A. & Vanelslander (2018). Are the innovation processes in seaport terminal operations successful?. *Maritime Policy & Management*. 1-16. doi.org/10.1080/03088839.2018.1466062
- Allarakhia, M. & Walsh, S.T. (2011). Managing Knowledge Assets under Conditions of Radical Change: The Case of the Pharmaceutical Industry. *Technovation*, 31, 105-117. doi 10.1016/j.technovation.2010.11.001
- Ambrosino, D., Caballini, C. & Siri, S. (2013); A mathematical model to evaluate different train loading and stacking policies in a container terminal. *Maritime Economics and Logistics*, 15(3), 292-308. doi 10.1057/mel.2013.7
- Ambrosino, D., Ferrari, C., Sciomachen, A., & Tei, A. (2018). Ports, external costs, and Northern Italian transport network design: effects for the planned transformation. *Maritime Policy & Management*, 45(6), 803-818
- Arduino, G., Aronietis, R., Crozet, Y., Frouws, K., Ferrari, C., Guihéry, L., Kapros, S., Kourounioti, I., Laroche, F., Lambrou, M., Lloyd, M., Polydoropoulou, A., Roumboutsos, A., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2013). How to turn an innovative concept into a success? An application to seaport-related innovation. *Research in Transport Economics*, Vol 42(1), 97-107. doi 10.1016/j.retrec.2012.11.002
- Aydogdu, Y.V. & Aksoy, S. (2015). A study on quantitative benefits of port community systems. *Maritime Policy & Management*, 45, 1-10. doi 10.1080/03088839.2013.825053
- Banister, D. & Stead, D. (2004). Impact of information and communications technology on transport. *Transport Reviews*, 24(5), 611-632. doi 10.1080/0144164042000206060
- Barras, R. (1986). Towards a Theory of Innovation in Services. *Research Policy*, 15, 161-73. doi 10.1016/0048-7333(86)90012-0
- Bergek, A, Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S. and Rickne, A., 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: a scheme of analysis. *Research Policy*, 37(3), 407-429.

- Bontekoning, Y. & Priemus, H. (2004). Breakthrough innovations in intermodal freight transport. *Transportation Planning and Technology*, 27(5), 335-345. doi 10.1080/0308106042000273031
- Booz, Allen & Hamilton (1982). *New Products Management for the 1980s*, Booz, Allen & Hamilton, New York, NY.
- Bourreau, M., Gensollen, M. & Moreau, F. (2012). The Impact of a Radical Innovation on Business Models: Incremental Adjustments or Big Bang? *Industry and Innovation*, 19(5), 415-435. Retrieved from [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2046991](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2046991)
- Carlsson, B, Jacobsson, S., Holmen M., and Rickne, A. 2002. Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 31(2), 233-245.
- Chao, S.-L. & Yu, H.-C. (2012). Repositioning empty containers in East and North China ports. *Maritime Economics and Logistics*, 14(4), 435-454. doi 10.1057/mel.2012.15
- Chen, H.-C. & Liu, S.-M. (2015). Optimal concession contracts for landlord port authorities to maximize traffic volumes. *Maritime Policy & Management*, 45(6), 11-25, doi.org/10.1080/03088839.2013.863435
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Colombo, M., Laursen, K., Magnusson, M. & Rossi-Lamastra, C. (2011). Organizing Inter- and Intra-Firm Networks: What is the Impact on Innovation Performance? *Industry and Innovation*, 18(6), 531-538. doi 10.1080/13662716.2011.601958
- Cordero, R., Walsh, S. & Kirchhoff, B. (2005). Motivating Performance in Innovative Manufacturing Plants. *Journal of High Technology Management Research*, 16, 89-99.
- Crozet, Y. (2010). Driving Forces of Innovation in the Transport Sector, 25p., Retrieved from <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/10FP06.pdf>.
- Dang, Q.-V., Nielsen, I. & Yun, W.-Y. (2013). Replenishment policies for empty containers in an inland multi-depot system, *Maritime Economics and Logistics*, 15(1), 120-149. doi 10.1057/mel.2012.20
- De Langen, P., Van den Berg, R., & Willeumier, A. (2013). A new approach to granting terminal concessions: the case of the Rotterdam World Gateway terminal, *Maritime Policy & Management*, 39(1), 79-90. doi 10.1080/03088839.2011.642311
- De Martino, M., Errichiello, L., Marasco, A. & Morvillo, A. (2013). Logistics innovation in seaports: An inter-organizational perspective. *Research in Transportation Business & Management*, Vol.8, 123-133. doi 10.1016/j.rtbm.2013.05.001
- Defilippi, E. (2012). Good regulations, bad regulation: a Peruvian port case. *Maritime Policy & Management*, 39(6), 641-651. doi 10.1080/03088839.2012.728725
- Do, N.-H., Nam, K.-C. & Ngoc Le, Q.-L. (2013). A consideration for developing a dry port system in Indochina area. *Maritime Policy & Management*, 38(1), 1-9. doi 10.1080/03088839.2010.533712
- Drucker, P. F. (1985). The discipline of innovation. *Harvard Business Review*, 63(3), 67-72.
- Fancello, G., Pani, C., Pisano, M., Serra, P., Zuddas, P. & Fadda, P. (2011). Prediction of arrival times and human resources allocation for container terminal. *Maritime Economics and Logistics*, 13(2), 142-173. doi 10.1057/mel.2011.3
- Flint, D.J., Larsson, E., Gammelgaard, B. & Mentzer, J.T. (2005). Logistics innovation: a customer value-oriented social process. *Journal of Business Logistics*, Vol. 26 No. 1, 113-47. doi 10.1002/j.2158-1592.2005.tb00196.x

- Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Cambridge: MIT Press MA.
- Garg, A., Vijayaraghavan, V., Lam, J.S.L., Singru, P.M. & Guo, L. (2015). A Molecular Simulation Based Computational Intelligence Study of a Nano-machining Process with Implications on its Environmental Performance. *Swarm and Evolutionary Computation*, 21, 54-63. doi 10.1016/j.swevo.2015.01.001
- Gharehgozli, A., Roy, D. & De Koster, R. (2016). Sea container terminals: New technologies and OR models. *Maritime Economics & Logistics*, 18(2), 103-140. doi.org/10.1057/s41278-017-0069- 5
- Golias, M. (2011). A bi-objective berth allocation formulation to account for vessel handling time uncertainty. *Maritime Economics and Logistics*, 13(4), 419-441. doi 13:419-441
- Golias, M. & Haralambides, H. (2011). Berth scheduling with variable cost functions. *Maritime Economics and Logistics*, 13(2), 174-189. doi 10.1057/mel.2011.4.
- Groen, A. & S. Walsch (2013). Introduction to the Field of Emerging Technology Management. *Creativity and Innovation Management*, 22(1), 1-5. doi 10.1111/caim.12019
- Habbay, S. (2012). A Firm-Level Analysis on the Relative Difference between Technology-Driven and Market-Driven Disruptive Business Model Innovations. *Creativity and Innovation Management*, 21(3), 290-303. doi 10.1111/j.1467-8691.2012.00628.x
- Hekkert, M P, Suurs, R A A, Negro, S O, Kuhlmann, S. and Smits R E H M, 2007. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432.
- Henderson, R. M., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, 9-30.
- Hemphälä, J. & Magnusson, M. (2012). Networks for Innovation – But What Networks and What Innovation? *Creativity and Innovation Management*, 21(1), 3-16. doi 10.1111/j.1467- 8691.2012.00625.x
- Hintjens, J., Vanelslander, T, Kuipers, B., Van der Horst, M. (2015). The evolution of the economic centre of gravity and the consequences for gateway ports and hinterland connections - The case of the Flemish-Dutch Delta, Proceedings of the IAME 2015 Conference.
- Hintjens, J. (2018). A conceptual framework for cooperation in hinterland development between neighbouring seaport authorities. *Maritime Policy & Management*, 45, 819-836. doi 10.1080/03088839.2018.1495343
- Hollanders, H., Rivera, L., & Roman, L. (2012). Regional Innovation Scoreboard 2012. 76p., Retrieved from [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ris-2012\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/files/ris-2012_en.pdf).
- Iannone, F. (2012). A model optimizing the port-hinterland logistics of containers: The case of the Campania region in Southern Italy. *Maritime Economics and Logistics*, 14(1), 33-72. doi 10.1057/mel.2011.16
- International Transport Forum, ITF (2010). *Transport and Innovation: Unleashing the Potential*. Paris: OECD.
- Jensen, J. (2003). Innovation, capabilities and competitive advantage in Norwegian shipping. *Maritime Policy & Management*, 30, 93-106. doi 10.1080/0308883032000084841

- Kautt, M., Walsh, S. and Bittner, K. (2007). Global Distribution of Micro–Nano Technology and Fabrication Centers: A Portfolio Analysis Approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 74, 1697–717. doi 10.1016/j.techfore.2007.07.002
- Kaveshgar, N. & Huynh, N. (2015). A genetic algorithm heuristic for solving the quay crane scheduling problem with time windows, 17(4), 515-537. doi.org/10.1057/mel.2014.31
- Keceli, Y. (2011). A proposed innovation strategy for Turkish port administration policy via information technology. *Maritime Policy & Management*, 38(2), 151-167. doi 10.1080/03088839.2011.556676.
- Klerides, E. & Hadjiconstantinou, E. (2011). Modelling and solution approaches to the multi-load AGV dispatching problem in container terminals. *Maritime Economics and Logistics*, 13(4), 371- 386. doi 10.1057/mel.2011.22
- Klopott, M. (2013). Restructuring of environmental management in Baltic ports: case of Poland. *Maritime Policy & Management*, 40(5), 439-450. doi 10.1080/03088839.2013.798440.
- Koski, H. & Kretschmer, T. (2004). Survey on Competing in Network Industries: Firm Strategies, Market Outcomes, and Policy Implications, *Journal of Industry, Competition and Trade*, 4(1), 5-31.
- Kramberger, T., Monios, J., Strubelj, G. & Rupnik, B. (2018). Using dry ports for port co-opetition: the case of Adriatic ports. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 10(1), 18-44. Doi 10.1504/IJSTL.2018.088319
- Lam, J.S.L. & Gu, Y. (2013). Port hinterland intermodal container flow optimisation with green concerns: a literature review and research agenda. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 5(3), 257-281. doi 10.1504/IJSTL.2013.054190
- Lam, J.S.L. & Van de Voorde, E. (2011). Scenario analysis for supply chain integration in container shipping. *Maritime Policy & Management*, Vol. 38(7), pp. 705–725. doi 10.1080/03088839.2011.625988
- Lantada, A. D., Piottter, V., Plewa, K., Barié, N., Guttmann, M. & Wissmann, M. (2015). Toward mass production of microtextured microdevices: linking rapid prototyping with microinjection molding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(5-8), 1011-1020. doi 10.1016/0041-2678(74)90119-5
- Lee, P.T-W, Lam, J.S.L., Lin, C.W., Hu, K.C. and Cheong, I. (2018). Developing the Fifth Generation Port Concept Model: An Empirical Test. *International Journal of Logistics Management*, 29(3), 1098-1120.
- Marengo L. & Cantillo, V. (2015). A framework to evaluate particulate matter emissions in bulk material ports: case study of Colombian coal terminals. *Maritime Policy & Management*, 45, 335- 361. doi 10.1080/03088839.2013.877171
- Marianos, N., Lambrou, M., Nikitakos, & N. Vaggelas, G. (2011). Managing port e-services in a socio-technical context. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 3(1), 27-56. doi 10.1504/IJSTL.2011.037818
- Markard, J and B Truffer 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework. *Research Policy*, 37(4), 596–615.
- Min, H., Ahn, S.-B., Lee, H.-S. & Park, H. (2017). An integrated terminal operating system for enhancing the efficiency of seaport terminal operators. *Maritime Economics & Logistics*, 19(3), 428-450. doi.org/10.1057/s41278-017-0069-5
- Monaco, F. & Sammarra, M. (2011). Quay crane scheduling with time windows, one-way and spatial constraints. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 3(4), 454-474. doi 10.1504/IJSTL.2011.041137

- Monios, J., & Wilmsmeier, G. (2013). Port-centric logistics, dry ports and offshore logistics hubs: strategies to overcome double peripherality? *Maritime Policy & Management*, 39(2), 207-226. doi 10.1080/03088839.2011.650720
- Nam, H.-S., & Song, D.-W. (2013). Defining maritime logistics hub and its implication for container port. *Maritime Policy & Management*, 38(3), 269-292. doi 10.1080/03088839.2011.572705
- OECD Publishing (2005). *The Measurement of Scientific and Technological Activities Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. Luxembourg.
- Olivo, A., Di Francesco, M. & Zuddas, P. (2013). An optimization model for the inland repositioning of empty containers. *Maritime Economics and Logistics*, 15(3), 309-331. doi 10.1057/mel.2013.12
- Osthorst, W., & Mänz, C. (2012). Types of cluster adaptation to climate change. Lessons from the port and logistics sector of Northwest Germany. *Maritime Policy & Management*, 39(2), 227-248. doi 10.1080/03088839.2011.650724
- Park, N., Park, U. & Lee, J. (2012). Do the Performances of Innovative Firms Differ Depending on Market-oriented or Technology-oriented Strategies? *Industry and Innovation*, 19(5), 391-414. doi 10.1080/13662716.2012.711024
- Remneland-Wikhamn, Björn & Knights, David (2012). Transaction Cost Economics and Open Innovation: Implications for Theory and Practice. *Creativity and Innovation Management*, 21(3), 277-289. doi 10.1111/j.1467-8691.2012.00639.x
- Rouboutsos, A., Kapros, S., Polydoropoulou, A., Lambrou, M., Lloyd, M., Frouws, K., Ferrari, C., Arduino, G., Guihery, L., Laroche, F., Crozet, Y., Vanelslander, T., & Aronietis, R. (2011).
- Scenario framework for successful innovation, InnoSuTra project deliverable 6, 155p. Retrieved from [http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201205/20120514\\_093325\\_67925\\_Annex620-%20D6.pdf](http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201205/20120514_093325_67925_Annex620-%20D6.pdf).
- Schiff, J. B. (2014). Building a Sustainable Cost Leadership Culture. *Strategic Finance*, 96(9), pp. 47-51.
- Schumpeter, J. A. (1912/1983). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New Brunswick, Canada: Transaction Publishers.
- Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles*. New York, USA: McGraw-Hill.
- Sharif, O. and Huynh, N. (2013). Yard crane scheduling at container terminals: A comparative study of centralized and decentralized approaches. *Maritime Economics and Logistics*, 14(2), 139- 161. doi 10.1504/IJSTL.2012.044135
- Sys, C., Vanelslander, T., Acciaro, M., Ferrari, C., Rouboutsos, A., Giuliano, G., Knatz, G., Macário, R., Lam, J. S. L. (2015). *Executive summary* (p. 26). Antwerp: University of Antwerp. Retrieved from [https://www.uantwerpen.be/images/uantwerpen/container2629/files/BNPPF/Sys\\_Executive%20summary\\_19092015.pdf](https://www.uantwerpen.be/images/uantwerpen/container2629/files/BNPPF/Sys_Executive%20summary_19092015.pdf)
- Thai, V. (2012). Competencies required by port personnel in the new era: conceptual framework and case study. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 4(1), 49-77. doi 10.1504/IJSTL.2012.044135
- Tseng, P. H. & Liao, C. H. (2015). Supply chain integration, information technology, market orientation and firm performance in container shipping firms. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 26 No. 1, 82-106. doi 10.1108/IJLM-09-2012-0088

- Van der Horst, M., & Van der Lugt, L. (2013). Coordination mechanisms in improving hinterland accessibility: empirical analysis in the port of Rotterdam. *Maritime Policy & Management*, 38(4), 415-435. doi 10.1080/03088839.2011.588257.
- Van Geenhuizen, M., Geerlings, H. and Priemus, H. (2003). Transport innovation: Coping with the future. *Transportation Planning and Technology*, 26(6), 437-447. doi 10.1080/0308106032000167346
- Veenstra, A., Zuidwijk, R. & van Asperen, E. (2012). The extended gate concept for container terminals: Expanding the notion of dry ports. *Maritime Economics and Logistics*, 14(1), 14-32. doi 10.1057/mel.2011.15
- Vivanco, D. F., Kemp, R. & van der Voet, E. (2015). The relativity of eco-innovation: environmental rebound effects from past transport innovations in Europe. *Journal of Cleaner Production*, 101, 71-85. doi 10.1016/j.jclepro.2015.04.019
- Vojdani, N., Lootz, F. and Rösner, R. (2013), Optimizing empty container logistics based on a collaborative network approach. *Maritime Economics and Logistics*, 15(4), 467-493. doi 10.1057/mel.2013.16
- Weber, K. M., Heller-Schuh, B., Godoe, H. & Roeste, R. (2014). ICT-enabled system innovations in public services: Experiences from intelligent transport systems. *Telecommunications Policy*, 38(5), 539-557. doi 10.1016/j.telpol.2013.12.004
- Yang, W.-S., Liang, G.-S. & Ding, J.-F. (2013). Identifying solutions for adding service value to international port logistics centers in Taiwan, *Maritime Economics and Logistics*, 15(4), 395-415. doi 10.1057/mel.2013.15
- Wang, C., Chen, Q. & Huang, R. (2018). Locating dry ports on a network: a case study on Tianjin Port. *Maritime Policy & Management*, 45, 71-88. doi 10.1080/03088839.2017.1330558
- Wei, H., Sheng, Z. & Lee, P. T.-W. (2018). The role of dry port in hub-and-spoke network under Belt and Road Initiative. *Maritime Policy & Management*, 45, 370-387. doi 10.1080/03088839.2017.1396505
- Zeng, Q., Diabat, A. & Zhang, Q. (2018). A simulation optimization approach for solving the dual- cycling problem in container terminals. *Maritime Policy & Management*, 45, 806-826. doi 10.1080/03088839.2015.1043362
- Zhang, S., Ruan, X., Xia, Y. & Feng, X. (2018). Foldable container in empty container repositioning in intermodal transportation network of Belt and Road Initiative: strengths and limitations. *Maritime Policy & Management*, 45, 351-369. doi 10.1080/03088839.2017.1400699
- Zhao, W., & Goodchild, A. (2013). Using the truck appointment system to improve yard efficiency in container terminals, *Maritime Economics and Logistics*, 15(1), 101-119. doi 10.1057/mel.2012.23
- World Bank. 2013. Reforming the Indian ports sector. Washington, DC: World Bank Group. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/06/20225824/reforming-indian-ports-sector>

**Comment l'Association  
MEDPORTS peut co-construire  
de nouvelles intelligences  
régionalisées ? Le cas des deux  
rives continentales de la mer  
Méditerranée**

*Pino MUSOLINO*

*Président*

MEDPORTS Association  
Civitavecchia – Italie

## *L'Association MEDPORTS : réinventer le modèle de coopération portuaire régionale à l'échelle du bassin méditerranéen*

L'Association MEDPORTS est une association à but non lucratif qui a été créée en juin 2018 et qui compte dorénavant 24 autorités portuaires réparties sur toutes les façades de l'espace méditerranéen. Elle représente 70 % des volumes de marchandises manutentionnées dans le bassin méditerranéen et 90 % du trafic des passagers avec notamment toutes les plus grandes infrastructures dédiées (Figure 1). Cela représente 27 millions de passagers, 31 millions d'EVP et un total de près de 800 millions de tonnes métriques pour l'année 2022.

**Figure 1 : Cartographie des ports membres et des membres associés du réseau Pan Méditerranéen de la MEDPORTS ASSOCIATION**



Source : MEDPORTS Association 2023

La création de cette nouvelle association dans un environnement portuaire très concurrentiel s'inscrit dans une ambition commune et collaborative. Avec la croissance du commerce mondial et l'expansion des économies des pays du pourtour de la Méditerranée, il s'avère indispensable d'adopter une approche organisée et efficace des opérations portuaires. L'Association

MEDPORTS encourage la collaboration et la coopération entre les ports de la région MED, en optimisant leurs ressources et leurs capacités pour répondre aux demandes croissantes du commerce international ainsi qu'aux enjeux de connectivités maritimes. La création de l'association visait à l'origine à favoriser les partenariats et la communication entre les ports de la région MED, afin d'améliorer la coordination et de rationaliser les opérations. En redéfinissant le concept de coopération entre les ports de la région MED, MEDPORTS s'efforce d'atténuer la concurrence et de la transformer en une compétition saine, où les ports peuvent bénéficier mutuellement de leurs atouts respectifs. C'est la base de la construction d'une intelligence collective portuaire d'un nouveau genre.

Une caractéristique essentielle de l'espace méditerranéen réside dans sa très grande diversité. Que nous évoquions la géographie, l'histoire ou encore l'économie ou la démographie, la région méditerranéenne propose une mosaïque complexe qui crée des défis en termes de coordination, de sécurité et de développement des infrastructures. L'Association MEDPORTS a été créée afin que les autorités portuaires puissent mettre en commun leurs ressources et leur expertise pour relever ensemble des défis communs comme de garantir une navigation plus fluide, des mesures de sécurité renforcées et une efficacité globale améliorée.

Par ailleurs, les considérations géophysiques de la région méditerranéenne exposent particulièrement les autorités portuaires à des préoccupations communes en matière d'environnement et de développement durable. La collaboration au sein de l'Association MEDPORTS permet aux ports de relever conjointement ces défis en mettant en œuvre des pratiques respectueuses de l'environnement, en partageant les meilleures pratiques et en coordonnant les efforts visant à réduire l'impact environnemental des opérations portuaires et des activités maritimes. Ce faisant, l'Association MEDPORTS est devenue, en un quinquennat, un acteur prépondérant qui joue un rôle essentiel dans le développement durable et prospère des ports de la Méditerranée.

### *L'Association MEDPORTS : travailler de concert entre des autorités portuaires dites « émergentes » avec d'autres dites « avancées »*

L'Association MEDPORTS réussit à réunir des autorités portuaires avancées et des autorités portuaires émergentes en fournissant une plateforme pour le partage des connaissances, le renforcement des capacités, la collaboration et les programmes de développement conjoints pour les employés et les

travailleurs portuaires. L'Association MEDPORTS s'efforce toujours d'organiser des séminaires et des ateliers qui réunissent des autorités portuaires à différents stades de développement afin d'échanger des connaissances, des succès et des défis, ce qui permet aux petits ports d'accélérer leur propre croissance et leur développement. En outre, l'Association MEDPORTS facilite l'assistance technique entre les ports-membres pour que les meilleures pratiques et les retours d'expériences puissent nourrir des méthodologies efficaces et surtout adaptées aux circonstances spécifiques de chaque communauté portuaire.

La région méditerranéenne continue d'être particulièrement affectée par les conséquences simultanées et décuplées des crises pandémiques, géopolitiques et énergétiques.

Aucune activité humaine ne peut rester statique pendant une période prolongée et en particulier en période d'incertitudes et de changements continus. Aussi, l'Association MEDPORTS a cherché à anticiper des réponses. La mission et les objectifs de MEDPORTS ont évolué lorsque ces défis multifactoriels ont mis en évidence le besoin d'adaptation et de résilience dans l'industrie portuaire. MEDPORTS a répondu en abordant ces questions à travers ses activités et initiatives en se concentrant sur la gestion de crise, la transformation numérique, la durabilité et la coopération. L'Association vise à soutenir chacun des membres dans une gestion optimale de ces défis pour construire, ensemble, un avenir plus résilient et plus prospère pour l'industrie maritime de toute l'aire méditerranéenne.

L'Association MEDPORTS développe une intelligence collective et collaborative autour de la résilience en favorisant une approche inclusive et participative qui engage les parties prenantes, facilite le partage des connaissances, encourage l'innovation et promeut l'apprentissage continu au sein de la communauté portuaire. Ceci est supervisé par diverses approches telles que l'organisation et la dispenses de programmes de formation réguliers – tels que les « MEDPorts Training Programs » (Figure 2).

L'objectif commun consiste à promouvoir une résilience collaborative par la mise à disposition de flux continus d'informations et la génération d'une intelligence collective sur les sujets liés à la résilience (Figure 3).

**Figure 2 : MEDPORTS Training Program : le cas du séminaire spécial sur la résilience de la chaîne d'approvisionnement et ses conséquences portuaires en 2022**



Source : MEDPORTS 2022

**Figure 3 : MEDPORTS Workshop : le cas de l'atelier sur la résilience des ports et la qualité des infrastructures à Tunis en février 2023**



Source : MEDPORTS 2023

Grâce à des formations interactives, MEDPORTS et ses 5 instituts de formation créent un environnement collaboratif qui favorise le partage des connaissances, l'innovation et la fourniture de conseils pratiques sur la manière d'améliorer la résilience des ports face aux différents défis de la région méditerranéenne. L'objectif principal est de créer les «talents logistiques» du futur, avec l'état d'esprit et les compétences adéquats qui leur permettront d'embrasser les changements et les innovations tout en stimulant une vraie capacité à gérer la complexité de manière efficace.

Sur le plan de la méthode, il est intéressant de relever que l'Association MEDPORTS mobilise ses membres et donc les professionnels qui opèrent et gèrent les plus importantes activités portuaires du pourtour méditerranéen. L'apport de ces retours d'expériences des membres est complété par l'invitation de conférenciers et intervenants de renommée internationale. Une intelligence collective portuaire se façonne dans le dialogue et les échanges de Civitavecchia à Tunis (Figures 4 et 5).

**Figure 4 : Echanges d'expériences et co-construction de solutions collaboratives lors de plénières de travail collectif à Tunis en février 2023**



Source : Yann Alix 2023

**Figure 5 : MEDPORTS Forum sur les défis de la digitalisation portuaire à Civitavecchia en juillet 2022**



Source : L'Association MEDPORTS 2022

Par ailleurs, la mise à disposition d'une plateforme permet aux universitaires de présenter les résultats de leurs recherches et d'engager des discussions avec les praticiens. Cette collaboration contribue à combler le fossé entre la théorie et la pratique, ce qui permet de développer des processus de prise de décision fondés sur des données probantes dans le secteur portuaire. Nous ne pouvons pas oublier que nous sommes avant tout des praticiens et qu'en fin de compte, tout ce que nous faisons est destiné à trouver une utilisation pratique dans la variété des cas auxquels nous sommes confrontés chaque jour, dans la gestion et la planification de l'avenir de nos ports.

Autre dimension à ne surtout pas négliger dans une capacité de production collective d'intelligence communautaire à l'échelle de l'espace méditerranéen : la capacité à inclure les acteurs privés dans les débats et les orientations. Les entreprises privées peuvent participer aux événements MEDPorts et plus particulièrement aux programmes de formation proposés par les MEDPorts en tant qu'intervenants ou participants. Cette implication du secteur privé soutient le partage de leurs expériences concrètes tout en fournissant des informations pratiques à toute la communauté de l'Association, et pas seulement aux seules autorités portuaires. La coopération entre les sphères publique et privée s'avère déterminante pour co-construire des communautés portuaires fortes et résilientes.

Dernier point, l'Association MEDPORTS cherche à toujours prioriser l'inclusion d'autres institutions internationales dans tous les événements et toutes les actions organisés par MEDPORTS. Les 24 membres sont relativement bien équilibrés sur les différentes rives de la Méditerranée mais il est résolument de notre responsabilité de coopérer et d'interagir avec tous les acteurs institutionnels clés et les organismes publics impliqués dans la gouvernance de la zone MED. Cette approche définitivement ouvert et collaborative renforce le réseau de professionnels et d'institutions qui travaillent dans le but commun d'améliorer la gestion portuaire et le renforcement des capacités dans la région méditerranéenne.

## *MEDPORTS Association : anticiper pour mieux se projeter et être encore plus intelligent de manière collective*

Le maître mot qui s'impose ces dernières années est incertitude dans un monde qui s'inscrit durablement dans un environnement mondial en permacrise. La quantité de défis et d'obstacles que les ports devront surmonter au cours des prochaines années pourrait sembler à première vue une tâche impossible ; qu'il s'agisse de faire face aux effets imprévisibles

du changement climatique (pour ne pas dire de la catastrophe climatique), de travailler la transition vers de nouvelles chaînes d'approvisionnements énergétiques ou encore d'esquisser les fondements de nouveaux modèles d'affaires. Sans omettre que l'espace méditerranéen est au cœur d'instabilités géopolitiques majeures qui ont des impacts directs et forts sur le fonctionnement de nos écosystèmes portuaires.

Pour toutes ces raisons et bien d'autres encore, disposer d'un « forum » où les ports peuvent discuter, coopérer et trouver des solutions communes à des problèmes communs apparaît idéal. Cette « agora portuaire méditerranéenne » constitue également une grande source d'inspiration et d'innovation ; le tout basé sur l'échange, la confiance et la coopération. Ce socle commun s'avère probablement comme la meilleure réponse collective à des défis que chaque membre doit gérer en prenant en compte ses spécificités, ses héritages et ses propres règles de fonctionnement.

**Figure 6 : Séminaire MEDPORTS sur les défis et les opportunités de la digitalisation, de l'innovation et de la coopération pour les ports méditerranéens à Casablanca en décembre 2023**






**DIGITAL  
TRANSFORMATION,  
INNOVATION  
COOPERATION**

What are the challenges  
and opportunities for  
Mediterranean ports?

 **13 DEC 2023**

 Casablanca

Source : L'Association MEDPORTS 2023

En ma qualité de Président de l'Association MEDPORTS j'aime à souligner que depuis des temps immémoriaux, sur les épaules du commerce voyagent la culture et la connaissance, et sur les épaules de ces dernières voyagent la compréhension mutuelle et, en fin de compte, la paix. MEDPorts, humblement mais avec détermination, vise à être l'un des lieux où tous les sujets peuvent être traités librement et ouvertement, avec une approche ascendante si possible, afin de fournir aux dirigeants et aux décideurs portuaires des outils et des idées pour procéder à la modernisation et au renforcement de chaînes de valeur mondiales plus fortes et plus résistantes.

En guise de conclusion, il me semble essentiel de terminer ces propos avec une mention spécifique qui doit être réservée à la relation entre les ports et les villes. Depuis la révolution industrielle, les ports et les villes ont eu tendance à accélérer leur découplage, en raison du besoin d'espaces plus grands pour accueillir les industries qui, jusqu'alors, étaient normalement hébergées dans les zones portuaires ou à proximité immédiate de la rupture de charge avec les navires de commerce. Ce découplage s'est renforcé jusqu'à la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, où les ports ont dû progressivement s'agrandir et s'étendre. Mais il faut nécessairement considérer que la majorité des ports méditerranéens ont une longue histoire, qui remonte dans certains cas à des siècles, voire des millénaires. C'est le plus souvent grâce à eux que les villes ont prospéré autour d'eux, plutôt que le contraire. Dans cette perspective, il est difficile d'imaginer une ville portuaire méditerranéenne sans son port, et vice versa.

Il apparaît clair qu'un dialogue continu entre les villes et les ports n'est pas seulement un objectif mais un besoin réel, presque un lien existentiel, inséparable bien qu'extrêmement difficile à équilibrer dans la vie réelle. Créer des moments et une prise de conscience où les ports et les villes discutent et se confrontent, à travers toute la région MED, représente une clé pour réussir ou échouer dans la construction des Ports du XXI<sup>e</sup> siècle.



# Des calculateurs d'émissions aux réglementations et politiques tarifaires : décider par et pour l'intelligence portuaire

*Jean-Pierre LAMBLIN*

*Président et fondateur*  
STRATEGIC CO<sub>2</sub> TRACKER  
Marseille – France

# Introduction

La pollution de l'air est l'un des enjeux majeurs de santé publique dans le monde, illustrée à la fois par les réglementations européennes et nationales pour le transport routier et le déploiement des zones à faibles émissions (ZFE) dans les grandes agglomérations, mais également dans les ports européens où la consommation de carburant MGO à faible teneur en soufre par les navires en escale est obligatoire depuis 2015.

Les habitants des villes portuaires sont donc doublement impactés à la fois du fait du nombre de véhicules en circulation et d'autre part des émissions portuaires, ce qui engendre de plus en plus d'opposition de la part de certains mouvements activistes ou des citoyens à l'encontre notamment des navires de croisières, considérés comme les plus polluants. Il est donc important dans ce contexte que les ports, les autorités locales, les citoyens et l'ensemble des acteurs de l'éco système portuaire disposent de données fiables pour permettre aux uns et aux autres de mener des actions conjointes de réduction des émissions.

Une méthodologie d'évaluation des émissions, de l'énergie et des investissements nécessaires dans l'électrification des opérations portuaires est élaborée dans cette contribution à partir des tonnages connus du port en s'appuyant essentiellement sur des sources publiques. Les études et références dans le domaine sont insuffisantes. La présente démarche consolide différents travaux réalisés :

- par le port de valence sur les calculs d'émissions et d'énergie par segment opérationnel [Memoria-Verificación-GEI-2016.pdf](#) ([valenciaport.com](#)) ;
- et par l'Association des ports britanniques sur les montants d'investissements de 28 projets de branchements à quai à travers le monde [bpa\\_shore\\_power\\_paper\\_may\\_20201.pdf](#) ([britishports.org.uk](#)).

Le croisement des données avec celles vues issues de diverses sources publiques permet d'établir un coût d'investissement global (Branchement à quai et interface navires). Ce dernier se décline ensuite en un coût d'investissement à la tonne manutentionnée avec pour objectif final de permettre à tous port et/ou collectivités d'évaluer le montant d'investissement à réaliser à partir du tonnage connu du port.

Les données publiques et la réflexion sur les grandes masses trouvent cependant leurs limites. Chaque port est un cas particulier. Le terminal à conteneurs du Port de Valence est « en ville » alors que celui de Fos par exemple est à 70 km de Marseille. Il s'avère impossible de comptabiliser les tonnages de la même façon, ni même de faire le distinguo entre les

navires qui ont un temps d'escale de moins de 2 heures (branchement et débranchement nécessite 2 heures) sans avoir un accès direct aux données exploitables desdits ports.

Deuxième dimension fondamentale de l'approche développée : l'analyse des montants de l'investissement à réaliser avec la question première de qui paye quoi ? Il est en effet assez classique de faire appel aux fonds publics pour financer les travaux de branchement à quai, qu'ils soient internationaux, européens, nationaux, régionaux ou même locaux puisque la ville de Marseille contribue par exemple à hauteur de 20 % dans le financement des branchements à quai du port de Marseille. Mais il existe d'autres pistes explorées ici qui ont l'avantage de pouvoir s'appliquer partout et notamment là où les financements peuvent être difficile à obtenir.

Pour conclure, pour dépasser les différents scénarios classiques de financement des investissements, une réflexion porte sur les Entreprises Locales de Distribution (ELD) qui, sur la base de contrats à long terme avec des producteurs locaux d'énergies renouvelables au travers de *Power Purchase Agreement-PPA*, peuvent être au cœur d'une création de valeur. Il est projeté des estimations prospectives de l'ordre de 11 milliards d'€ en 10 ans pour les écosystèmes portuaires français et même de 132 milliards à la dimension de l'ensemble portuaire européen.

## *Calcul des émissions portuaires*

Les émissions portuaires comprennent l'ensemble des émissions émanant des moteurs thermiques opérant dans l'enceinte du port depuis le navire en escale, les engins de manutentions, les remorqueurs, les poids lourds, locomotives, barges, etc. La quantité d'émission se mesure suivant des référentiels européens en appliquant un facteur d'émission sur la consommation d'un type de carburant.

### **Emission à quai**

Le règlement Européen 2015/757 impose à tout navire de plus de 5 000 tonnes de déclarer ses émissions vérifiées de CO<sub>2</sub> et de les publier sur le site de THETIS-MRV (europa.eu) qui les publie depuis 2018. Les rapports d'émission portent sur les segments entre ports européens et non européens, intra européens et enfin à quai. Nous avons donc établi une méthodologie de calcul des émissions à partir des rapports MRV des émissions de CO<sub>2</sub> à quai expurgés des émissions des croisières pour pouvoir établir une méthodologie de calcul des émissions à quai à partir des tonnages en divisant celles-ci par le tonnage global des ports européens. Nous réintroduisons les émissions

des navires de croisières dans les émissions des ports concernés par la croisière suivant une méthodologie sur mesure et explicité en deuxième partie de la présente contribution. L'impact des émissions ne se limite pas aux seuls navires de plus de 5 000 tonnes. Il est en effet nécessaire d'évaluer les émissions des autres navires, ce qui a été réalisé par l'ONG Transport & Environnement qui plaide pour intégrer les émissions des navires de plus de 400 tonnes et estime que cela représente 21 % d'émissions supplémentaires qu'il faut comptabiliser.

C'est à partir des déclarations de 2021 que les calculs ont été réalisés en prenant en compte la directive européenne l'UE 2016/802 qui impose aux navires de consommer à quai un carburant maritime à faible teneur en soufre (maximum 0,1 %). Sur la base des facteurs d'émission du MGO de l'agence européenne de l'environnement est calculée la consommation de MGO et les émissions de CO<sub>2</sub>, NOX, particules et SO<sub>2</sub><sup>1</sup> (Figure 1).

**Figure 1 : Calcul d'émission à la tonne**

TONNES DE CO2 A QUAI EN EUROPE HORS CROISIERES (RAPPORTS MRV 2021)	TONNE DE CO2 A QUAI INCLUS LES NAVIRES DE PLUS DE 400 TONNES (SUIVANT RAPPORT T&E)	TONNES DE MGO CONSOMMEES A QUAI (CO2/5,17)	TONNAGE ANNUEL EUROPEEN (EUROSTAT 2020)	KGS DE MGO CONSOMMES A QUAI A LA TONNE
7 099 400	8 590 274	2 709 866	3 300 000 000	0,82

KGS D'EMISSION D'UNE TONNE DE MGO DE L'AGENCE EUROPEENNE DE L'ENVIRONNEMENT			
CO2	NOX	PM	SO2
3 170	72,20	1,07	1,82

EMISSIONS JOURNALIERE DES PORTS Français					
PORT	TONNAGE JOURNALIER	TONNES DE CO2	TONNES DE NOX	TONNES DE PARTICULES	TONNES DE SO2
National	758 904	2 624	52	0,86	1,14
Marseille	205 479	710	14	0,23	0,31
Le Havre	185 096	640	13	0,23	0,28
Dunkerque	133 151	460	9	0,15	0,20
Nantes St Nazaires	82 192	284	6	0,09	0,12
Rouen	76 712	265	5	0,09	0,12
La Rochelle	26 301	91	2	0,03	0,04
Bordeaux	16 438	57	1	0,02	0,02
La Réunion	16 438	57	1	0,02	0,02
Sète	13 699	47	1	0,02	0,02

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## Emissions à quai des navires de croisières

Tout le monde a connaissance des polémiques opposant partisans et opposants de la croisière dans de nombreux ports de la méditerranée

<sup>1</sup> Facteur d'Emission page 17 du lien suivant 1.A.3.d Navigation (shipping) 2019 — European Environment Agency (europa.eu).

comme Barcelone, Venise, Dubrovnik ou encore Marseille. Pour ce dernier, afin d'établir les émissions moyennes des navires de croisières en escale, il a été repris les programmes de 5 navires de COSTA et 5 navires de MSC pour calculer leur temps en mer et en escale. Ce ratio entre temps en mer et en escale a permis d'évaluer les émissions à quai par heure, avec un temps moyen d'escale estimé à 9 heures. Considérant que 500 navires de croisières escalent chaque année à Marseille, il a été délibérément choisi de prendre une moyenne de 2 navires par jour pour compenser le fait qu'une majorité passé plus de 9 heures à l'escale (Figure 2).

**Figure 2**

EMISSIONS JOURNALIERES DE 2 NAVIRES DE CROISIERES PAR JOUR				
TONNES DE MGO	TONNES DE CO2	TONNES DE NOX	TONNES DE PARTICULES	TONNES DE SO2
71,00	227	5	0,08	0,13

Source : J.P. Lamblin, 2023.

Il est à noter qu'il s'agit là d'une moyenne et que certains navires sont nettement plus polluants que d'autres (un rapport de 1 à 3 entre le moins et le plus polluant) dans les escales des ports de Valence, Gênes, Barcelone et Marseille (Figure 3).

**Figure 3**

EMISSIONS A QUAI PAR JOUR						
PORT	TONNAGE JOURNALIER	TONNES DE MGO PAR JOUR	TONNES DE CO2 PAR JOUR	TONNES DE NOX PAR JOUR	TONNES DE PARTICULES PAR JOUR	TONNES DE SO2 PAR JOUR
EU PORTS	9 041 096	7 414	23 501	535	8	11
Rotterdam	1 197 260	981,75	3 112,16	70,88	1,05	1,79
ANVERS	1 076 712	882,90	2 798,81	61,75	0,94	1,61
HAMBURG	846 575	530,19	1 680,71	38,28	0,57	0,96
ALGESIRAS	356 164	292,05	925,81	21,09	0,31	0,53
LE PIREE	356 164	292,05	925,81	21,09	0,31	0,53
AMSTERDAM	273 973	224,66	712,16	16,22	0,24	0,41
FELDTOWE	246 575	202,19	640,95	14,60	0,22	0,37
VALENCE	232 877	262,41	831,84	18,95	0,28	0,46
MARSEILLE	205 479	239,95	760,64	17,32	0,26	0,44
LE HAVRE	178 082	146,03	462,91	10,54	0,16	0,27
GENES	174 247	214,33	679,43	15,47	0,23	0,39
BARCELONE	164 384	206,25	653,81	14,89	0,22	0,38
BREME	150 685	123,56	391,69	8,92	0,13	0,22

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## Autres émissions portuaires

Les débats autour des croisières occultent la réflexion sur les émissions de l'ensemble des activités d'un port, ce qui a motivé les enquêtes auprès des opérateurs dans l'étude du port de Valence en 2016<sup>2</sup>. Des principaux résultats et d'autres sources, il est permis de recalculer les émissions par segment

<sup>2</sup> Memoria-Verificaci6n-GEI-2016.pdf (valenciaport.com).

d'opération à la tonne manutentionnée (Figure 4) mais aussi d'évaluer la quantité globale d'émissions d'un port à partir de son tonnage (Figure 5).

**Figure 4**

TYPE D'EQUIPEMENT	GRAMMES DE CO2 PAR TONNE	GRAMMES DE NOX PAR TONNE	GRAMME DE PARTICULES PAR TONNE	GRAMME DE SO2 PAR TONNE
REMORQUEURS, MATERIEL DE MANUTENTION, LOCOMOTIVE, POIDS LOURDS	858	9,03	0,25	0,0049
NAVIRES A QUAI	2 599	59,20	0,88	1,49
TOTAL	3 457	68,24	1,13	1,50

Source : Étude port de Valence, 2016.

**Figure 5**

PORT	EMISSIONS PORTUAIRES GLOBALE PAR JOUR : REMORQUEURS, MATERIEL DE MANUTENTION, LOCOMOTIVES, POIDS LOURDS, NAVIRES A QUAI				
	TONNAGE JOURNALIER	TONNES DE CO2 PAR JOUR	TONNES DE NOX PAR JOUR	TONNES DE PARTICULES PAR JOUR	TONNES DE SO2 PAR JOUR
EU PORTS	9 041 096	31 255	617	10	14
Rotterdam	1 197 260	4 139	82	1,35	1,80
Anvers	1 076 712	3 722	73	1,22	1,62
Hambourg	646 575	2 235	44	0,73	0,97
Algésiras	356 164	1 231	24	0,40	0,53
Le Pirée	356 164	1 231	24	0,40	0,53
Amsterdam	273 973	947	19	0,31	0,41
Felixtowe	246 575	852	17	0,28	0,37
Valence	232 877	1 032	21	0,34	0,48
Marseille	205 479	937	19	0,31	0,44
Le Havre	178 082	616	12	0,20	0,27
Gènes	174 247	829	17	0,28	0,39
Barcelone	164 384	795	16	0,27	0,38
Breme	150 685	521	10	0,17	0,23

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## *Calcul des émissions des voitures*

### **Facteurs d'émissions de l'ADEME**

Afin d'évaluer l'impact des opérations portuaires dans la pollution d'une ville portuaire, il est nécessaire d'évaluer les émissions des voitures en circulation dans cette même ville. Pour ce faire, les données d'émission en circuit urbain de l'agence française de l'environnement ADEME ont été mobilisées pour établir une émission horaire en considérant une vitesse moyenne admise dans de nombreuses sources à 16 km/h (Figure 6).

Figure 6

QUANTITE D'EMISSION PAR JOUR DES VOITURES				
Grammes par km	CO2	NOX	PM	SO2
	186	0,522	0,046	0,0009
Kgs par heure (vitesse moyenne 16km/h)	2,976	0,008	0,001	0,00001
Kgs par jour (kgs par heure* 24 heures)	71,424	0,20	0,02	0,000346

Source : ADEME / J.P. Lamblin.

## Emissions des villes portuaires et nombre connu de voitures

Il suffit donc de multiplier ces quantités d'émission des voitures par jour par le nombre des véhicules en circulation dans la ville portuaire pour évaluer les émissions des voitures<sup>3</sup>.

Figure 7

QUANTITE D'EMISSION PAR JOUR DES VOITURES					
VILLES PORTUAIRES	NOMBRE DE VOITURES	TONNES DE CO2 PAR JOUR	TONNES DE NOX PAR JOUR	TONNES DE PARTICULES PAR JOUR	TONNES DE SO2 PAR JOUR
Rotterdam	225 210	16 085	45	5	0,08
Amsterdam	235 526	16 822	47	5	0,08
Valence	359 938	25 708	72	7	0,12
Marseille	339 927	24 279	68	7	0,12
Le Havre	65 546	4 682	13	1	0,02
Gènes	271 943	19 423	54	5	0,09
Barcelone	558 920	39 920	112	11	0,19

Source : Transport & Environnement (nombre de voitures) / J.P. Lamblin, 2023.

## *Part des émissions portuaires dans les émissions globales*

Il suffit donc de regrouper les émissions globales du port et les émissions des voitures en circulation pour déterminer les émissions globales d'une ville portuaire (Figure 8). Il est intéressant à ce stade de constater que les 2 navires de croisières en escale à Marseille représentent 5% des émissions globales de NOX, 2 % des particules, mais 20 % du SO<sub>2</sub> (Figure 9). On peut en déduire la part des émissions portuaires dans les émissions globales de la ville (Figure 10).

<sup>3</sup> <https://www.transportenvironnement.org> pour connaître le nombre de voitures en circulation dans les principaux ports Européens.

Figure 8

EMISSIONS GLOBALES DES VILLES PORTUAIRES [EMISSIONS GLOBALES PORTUAIRES+ EMISSION DES VOITURES]					
VILLES PORTUAIRES	NOMBRE DE VOITURES	TONNES DE CO2 PAR JOUR	TONNES DE NOX PAR JOUR	TONNES DE PARTICULES PAR JOUR	TONNES DE SO2 PAR JOUR
Rotterdam	225 210	20 224	127	6	1,87
Amsterdam	235 526	20 544	121	6	1,70
Valence	359 938	27 943	116	8	1,09
Marseille	339 927	25 510	92	7	0,65
Le Havre	65 546	5 913	37	2	0,56
Gènes	271 943	20 370	73	6	0,51
Barcelone	558 920	40 773	129	11	0,56

Source : J.P. Lamblin, 2023.

Figure 9

EMISSIONS JOURNALIERES DE 2 NAVIRES DE CROISIERES PAR JOUR				
TONNES DE MGO	TONNES DE CO2	TONNES DE NOX	TONNES DE PARTICULES	TONNES DE SO2
71,00	227	5	0,08	0,13

Source : J.P. Lamblin, 2023.

Figure 10

POURCENTAGE DES EMISSIONS PORTUAIRES DANS LES EMISSIONS GLOBALES DES VILLES PORTUAIRES					
VILLES PORTUAIRES	NOMBRE DE VOITURES	% DU CO2	% DU NOX	% DES PARTICULES	% DU SO2
Rotterdam	225 210	20%	64%	23%	96%
Amsterdam	235 526	18%	61%	21%	95%
Valence	359 938	8%	38%	9%	89%
Marseille	339 927	5%	26%	6%	82%
Le Havre	65 546	21%	65%	23%	96%
Gènes	271 943	5%	26%	5%	81%
Barcelone	558 920	2%	13%	2%	66%

Source : J.P. Lamblin, 2023.

En somme, et cela s'avère logique et cohérent, l'impact de l'activité portuaire varie considérablement suivant le nombre de voitures en circulation. Il faut également noter que les émissions les plus impactantes sont avant tout le NOX et les particules et non le SO<sub>2</sub> que les ONG utilisent en priorité dans leur combat contre les croisières.

En conclusion, cette méthodologie de calcul donne aux autorités locales une visibilité sur les émissions globales de leur ville et échanger avec le port pour adapter leurs politiques respectives de réduction des émissions avec l'électrification des opérations portuaires pour le port et le déploiement des Zones à Faible Emissions ZFE pour la municipalité. En ce qui concerne les seules émissions portuaires, il convient d'évaluer les besoins totaux en énergie des activités principales au sein du port.

## Calcul de l'énergie

Pour estimer les besoins en énergie de l'ensemble des segments du port, l'étude du port de Valence établit une équivalence CO<sub>2</sub>/KWH conservée à l'identique à l'exception des navires à quai où sont considérés les données de MRV. Il devient possible d'établir un équivalent kWh par tonne opérée, après avoir ajouté l'énergie des navires de croisières recalculée à partir de leurs émissions de CO<sub>2</sub> (Figure 11). Le besoin en énergie des navires à quai représente 58 % de l'énergie totale du port avec une corrélation proposée pour les principaux ports européens qui comprend l'énergie de 2 navires de croisières pour les ports de Marseille, Valence, Gènes et Barcelone (Figure 12).

**Figure 11**

SEGMENT	TONNAGE ANNUEL	KWh PAR TONNE	MWh PAR AN	MWh PAR JOUR	MW
GLOBAL	3 300 000	7,55	26 400 000	72 329	3 014
REMORQUEURS, MANUTENTION	3 300 000	1,97	6 507 416	17 829	743
POIDS LOURDS, LOCOMOTIVES, BARGES	3 300 000	1,20	3 946 921	10 813	451
NAVIRES A QUAÏ	3 300 000	4,38	14 467 463	39 637	1 652
2 NAVIRES DE CROISIÈRES PAR JOUR			73 623	202	8,4

Source : Étude port de Valence, 2016 / J.P. Lamblin, 2023.

**Figure 12**

DAILY ENERGY OF MAINS EUROPEAN PORTS					
PORTS	DAILY TONNAGE	KWh PER MT	KWh PER DAY	MWh PER DAY	MW
EJ PORTS	9 041 096	7,55	68 260 274	68 260	2844
ROTTERDAM	1 197 260	7,55	9 039 315	9 039	377
ANTWERP	1 076 712	7,55	8 129 178	8 129	339
HAMBURG	646 575	7,55	4 881 644	4 882	203
ALGESIRAS	356 164	7,55	2 689 041	2 689	112
PIRAEUS	356 164	7,55	2 689 041	2 689	112
AMSTERDAM	273 973	7,55	2 068 493	2 068	86
FELIXTOWE	246 575	7,55	1 861 644	1 862	78
VALENCIA	232 877	7,55	1 758 219	1 758	73
MARSEILLE	205 479	7,55	1 551 370	1 551	65
LE HAVRE	178 082	7,55	1 344 521	1 345	56
GENOA	174 247	7,55	1 315 562	1 316	55
BARCELONA	164 384	7,55	1 241 096	1 241	52
BREMEN	150 685	7,55	1 137 671	1 138	47

Source : J.P. Lamblin, 2023.

L'évaluation des besoins en énergie globale des ports permet d'évaluer le dimensionnement des moyens techniques et financiers en électrification de l'ensemble des opérations portuaires tout en étant considérant que l'électrification des quais en haut voltage demeure l'investissement le plus important.

## *Bénéfices des calculateurs d'émissions portuaires*

### **L'exemple californien : un support des demandes de financement**

Les ports californiens sont les pionniers dans l'imposition des branchements à quai pour les navires depuis 2007. Ils ont entre-temps imposé aux navires de déclarer leurs émissions à quai au travers de fichiers Excel à remplir manuellement, ce n'est donc pas très sophistiqué comparé au système MRV Européen. Cependant, comme le montre un extrait du rapport de suivis 2022 sur l'implantation du shore power<sup>4</sup>, ce calculateur sert de référence pour le suivi de l'effectivité de la réduction des émissions mais également de support aux demandes de subvention :

*« This report, in conjunction with the calculator, can help port stakeholders – including applicants for Diesel Emissions Reduction Act, Bipartisan Infrastructure Law, and Inflation Reduction Act funding – evaluate whether shore power would be an appropriate means to reduce pollution at a port, and to estimate emissions reductions from installed systems. »*

### **Apport d'un calculateur spécifique au port et à une ville portuaire**

Le but des calculs d'émissions d'une ville portuaire est de réduire toutes émissions impactant la santé des habitants. Il faut donc en conséquence adapter ce calcul aux spécificités spatiales et opérationnelles du port et de la ville. Chaque port présente des configurations différentes. De même, il s'avère essentiel de différencier les types et le nombre de navires concernés par l'élimination des émissions. Il y a 2 étapes à ces calculs :

- La première procède à un pré diagnostic que tout port peut réaliser quand il est doté d'un guichet unique portuaire ;
- La seconde qui repose sur une approche et une analyse des informations en temps réel.

### **Diagnostic et guichet portuaires**

Les guichets portuaires sont des plateformes de données qui consolide l'ensemble des données et documents obligatoires définis par l'Organisation

<sup>4</sup> Shore Power Technology Assessment at U.S. Ports | US EPA.

Maritime Internationale (OMI). Suivant les pays, il existe un seul ou plusieurs guichets portuaires<sup>5</sup>. Ces guichets portuaires peuvent contenir les informations suivantes :

- No IMO des navires, nom des navires, temps d'escale, tonnages débarqués et embarqués, quai attribué, type de navire, port de provenance, port de destination.

En filtrant un certain nombre de données (temps d'escale, quai, tonnages, type et nombre de navires), le port est en mesure d'établir un diagnostic assez précis selon la méthodologie explicitée ci en amont. Une adaptation à la marge des données obligatoires de MRV pourrait accélérer les diagnostics des ports. Il s'agirait de rendre obligatoire la déclaration des temps passés à quai par les navires qui permettrait de calculer une quantité moyenne de CO<sub>2</sub> horaire comme illustré dans la figure 13 et estimé à partir d'un extrait du guichet portuaire Vigie. Les colonnes D, L, M, N, O sont les données initiales (hors nom du navire) les colonnes P, Q et R sont les résultats que l'on pourrait obtenir en croisant les données du guichet portuaire et celles de MRV.

**Figure 13**

D	L	M	N	O	P	Q	R
Navire	Sortie	Temps occupation (en heures)	Mouillage	Poste	Tonnes de CO2 horaire MRV	Tonnes de CO2 escale	Kwh du navire et du quai
COSTA FIRENZE	18/06/2020 15:00	5		M1	15	75	128,25

Source : J.P. Lamblin, 2023.

### Information en temps réel

L'Organisation Maritime Internationale (OMI) autorise les Etats à adapter leurs politiques réglementaires dans leurs eaux nationales et notamment dans leurs ports. Il est donc tout à fait plausible de rendre obligatoire pour tout navire entrant dans un port de procéder à une déclaration du niveau des réservoirs et de type de carburant à l'entrée au port et à la sortie, ce qui déterminerait la quantité de carburant consommée à quai et donc d'estimer les émissions. L'information en temps réel, cela permet aussi une indexation des prix de l'électricité sur les conditions locales et notamment de la disponibilité en énergies renouvelables ainsi que l'implication ou non d'une communauté d'énergie locale et un suivi des cours du MGO et du marché carbone (Figure 14).

<sup>5</sup> Pour le seul cas français : Le guichet unique maritime et portuaire (GUMP) | Ministères Écologie Énergie Territoires (ecologie.gouv.fr).

### Prix au jour le jour du Diesel Maritime (MGO)

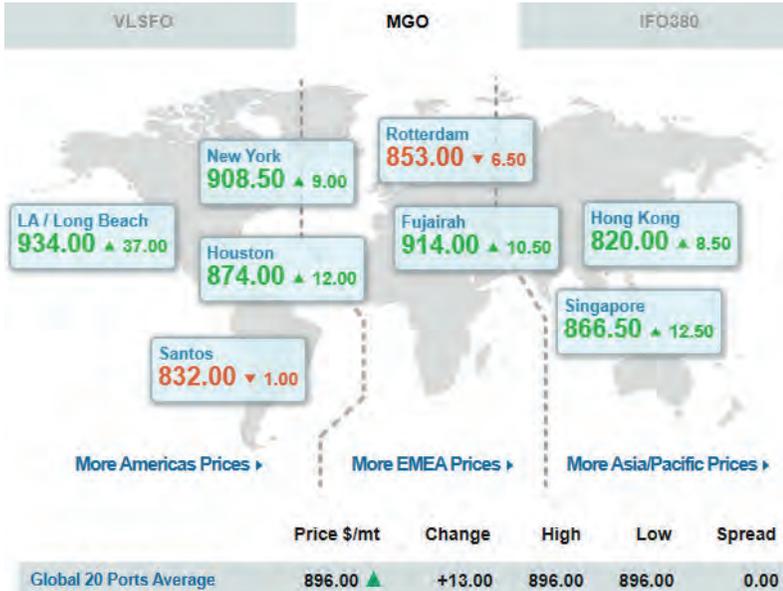
World Bunker Prices - Ship & Bunker (shipandbunker.com)

+

Prix au jour le jour du marché carbone

Live Carbon Prices Today, Carbon Price Charts • Carbon Credits

Figure 14



CarbonCredits.com Live Carbon Prices	Last	Change	YTD
<b>Compliance Markets</b>			
European Union	€85.74	-4.56 %	+7.17 %
California	\$29.33	-	+0.89 %
Australia (AUD)	\$29.25	-	-13.46 %
New Zealand (NZD)	\$50.00	-	-34.57 %
South Korea	\$7.37	-1.86 %	-40.63 %

Source : Live Carbon Prices Today, Carbon Price Charts • Carbon Credits

## Calcul des investissements portuaires dans l'électrification des opérations portuaires

### Investissement dans l'électrification des opérations portuaires

L'Association des Ports Britanniques (BPA) a réalisé une étude approfondie sur les barrières existantes au déploiement des branchements à quai dans les ports anglais<sup>6</sup>. BPA a listé les MW installés et le montant d'investissement correspondant, ce qui permet le calcul du montant d'investissement moyen par MW qui s'établit à 1,28 million d'euros. Du fait qu'il n'existe pas à notre connaissance de données sur les coûts d'électrification des autres segments portuaires, il est considéré d'étendre aux autres segments ce coût au MW tout en gardant en tête de l'ajuster localement avec des données connues (Figure 15). Il s'agit là bien évidemment d'une évaluation à partir des tonnages globaux en prenant toutes les commodités manutentionnées dans les ports à partir de leurs tonnages connus.

Figure 15

COUT D'ELECTRIFICATION DES PRINCIPAUX PORTS EUROPEENS					
PORTS	TONNAGE JOURNALIER	MW	COUT		COUT D'INVESTISSEMENT A LA TONNE
			D'INVESTISSEMENT PAR MW	INVESTISSEMENT TOTAL	
EU PORTS	9 041 096	2 844	1 280 165 €	3 641 017 719 €	1,10 €
ROTTERDAM	1 197 260	377	1 280 165 €	482 159 013 €	1,10 €
ANTWERP	1 076 712	339	1 280 165 €	433 612 110 €	1,10 €
HAMBURG	646 575	203	1 280 165 €	260 387 934 €	1,10 €
ALGESIRAS	356 164	112	1 280 165 €	143 434 031 €	1,10 €
PIRAEUS	356 164	112	1 280 165 €	143 434 031 €	1,10 €
AMSTERDAM	273 973	86	1 280 165 €	110 333 870 €	1,10 €
FELIXTOWE	246 575	78	1 280 165 €	99 300 483 €	1,10 €
VALENCIA	232 877	73	1 280 165 €	93 783 790 €	1,10 €
MARSEILLE	205 479	65	1 280 165 €	82 750 403 €	1,10 €
LE HAVRE	178 082	56	1 280 165 €	71 717 016 €	1,10 €
GENOA	174 247	55	1 280 165 €	70 172 341 €	1,10 €
BARCELONA	164 384	52	1 280 165 €	66 200 322 €	1,10 €
BREMEN	150 685	47	1 280 165 €	60 683 629 €	1,10 €

Source : J.P. Lamblin, 2023.

Nous retiendrons donc un coût moyen d'investissement de 1,03 € la tonne. L'évaluation des investissements dans l'électrification des opérations portuaires permet de visualiser les investissements dans l'équipement des quais et terminaux.

<sup>6</sup> Pour ce faire ils ont passé en revue les différentes réalisations et projets existants dans le monde soit 28. [bpa\\_shore\\_power\\_paper\\_may\\_20201.pdf](https://www.britishports.org.uk/bpa_shore_power_paper_may_20201.pdf) (britishports.org.uk).

## Investissement dans l'interface navire/quai et évaluation du coût global à la tonne

L'étude de BPA suggère que 66 % des investissements navires soient pris en charge par les ports ou la collectivité, soit une évaluation générale moyenne de 1 million d'€ par navire pour les ports (sur un total d'investissement moyen estimé à 1,5 million d'€ par navire). A ce stade on ne peut qu'évaluer au niveau européen le coût global d'investissement dans les interfaces navires par rapport aux nombre connu de navires de plus de 5 000 tonnes escalant en Europe qui s'établit à 11 702 navires dans les rapports MRV de 2021. On peut donc consolider le coût à la tonne des investissements dans l'électrification des opérations portuaires pour établir les coûts globaux à la tonne (Figure 16).

Figure 16

COUT DE RETROFIT DES NAVIRES						
PORTS	TONNAGE ANNUEL	NOMBRE DE NAVIRES	COUT DE RETROFIT D'UN NAVIRE	INVESTISSEMENT TOTAL	PART D'INVESTISSEMENT DES PORTS	COUT DU FINANCEMENT A LA TONNE
EU PORTS	3 300 000 000	11 702	1 500 000 €	17 553 000 000 €	11 584 980 000 €	3,51 €

Source : J.P. Lamblin, 2023.

L'investissement au niveau européen approcherait les 15 milliards qui sont à rapprocher des 287 millions d'€ de fonds publics investit dans les branchements à quai de 16 ports européens (dont 105 millions pour 6 ports français) entre 2015 et 2022 (Figure 6-17).

Figure 17

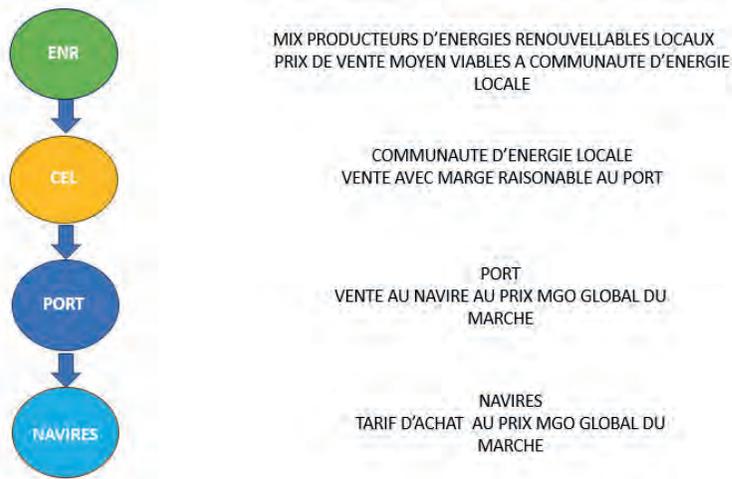
COUT GLOBAL D'INVESTISSEMENT DE L'ELECTRIFICATION DES PRINCIPAUX PORTS EUROPEENS						
PORTS	YEARLY TONNAGE TONNAGES ANNUELS	COUT D'ELECTRIFICATION A LA TONNE	COUT DE RETROFIT DES NAVIRES A LA TONNE	COUT GLOBAL A LA TONNE	COUT GLOBAL PAR PORT	CHIFFRE D'AFFAIRE DES CHANTIERS NAVALS
EU PORTS	3 300 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	15 225 997 719 €	17 553 000 000 €
ROTTERDAM	437 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	2 016 291 213 €	2 324 442 727 €
ANTWERP	393 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	1 813 277 910 €	2 090 402 727 €
HAMBURG	236 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	1 088 889 534 €	1 255 305 455 €
ALGESIRAS	130 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	599 812 031 €	691 481 818 €
PIRAEUS	130 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	599 812 031 €	691 481 818 €
AMSTERDAM	100 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	461 393 870 €	531 909 091 €
FELIXTOWE	90 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	415 254 483 €	478 718 182 €
VALENCIA	85 000 000	1,15 €	3,51 €	4,66 €	396 151 000 €	452 122 727 €
MARSEILLE	75 000 000	1,17 €	3,51 €	4,68 €	351 045 000 €	398 931 818 €
LE HAVRE	65 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	299 906 016 €	345 740 909 €
GENOA	63 600 000	1,19 €	3,51 €	4,70 €	298 958 160 €	338 294 182 €
BARCELONA	60 000 000	1,20 €	3,51 €	4,71 €	282 636 000 €	319 145 455 €
BREMEN	55 000 000	1,10 €	3,51 €	4,61 €	253 766 629 €	292 550 000 €

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## Les différents scénarios de financement des investissements

Depuis 2021, les coûts d'énergies ont énormément évolué et vont avec le développement des solutions locales d'énergies renouvelables, diminuer. Le schéma qui suit montre l'architecture de répartition de la valeur entre les différents intervenants, en supposant que les communautés d'énergie locales soient autonomes, tant au niveau de leurs achats que de leurs ventes (Figure 18).

Figure 18



Source : J.P. Lamblin, 2023.

### Électricité réseau et renouvelable

Jusqu'en 2021, les armateurs considéraient que l'offre tarifaire de l'électricité du réseau n'était pas pertinente comparée au prix du KWh du diesel maritime consommé à quai qui se situait autour de 0,10 €. Entre temps, les projets d'énergies renouvelables se multiplient avec une offre possible se situant entre 0,03 € pour la houle à 0,06 € le KWh pour l'éolien en mer. Cela plaide pour la création de communauté d'énergie locale s'appuyant sur cette offre renouvelable par rapport à l'offre du réseau et ce d'autant plus que dès 2024, les émissions de CO<sub>2</sub> du maritime vont être intégrées par étape<sup>7</sup> et

<sup>7</sup> En 2024 les émissions de CO<sub>2</sub> du maritime vont être intégrées dans le système d'échange de quota de CO<sub>2</sub> Européen ETS et seront payantes par étape entre 2024 et 2026, 40 % en 2024, 70 % en 2025 et 100 % en 2026. Ceci va avoir un effet direct et indirect dans le financement de l'électrification des ports.

complètement en 2026 dans le marché d'échange Européen ETS, ce qui aura pour effet mécanique d'augmenter le coût de consommation du diesel maritime.

## **Impact de l'intégration des émissions portuaires dans le marché carbone Européen**

### **Financement direct**

Les émissions de CO<sub>2</sub> du maritime pourraient générer jusqu'à 8 milliards d'€ par an dont 80 % seront redistribués aux Etats qui attribuent le même pourcentage à la transition énergétique C'est donc 60 % des revenus de MRV qui sont attribués à la transition énergétique des navires et ports Européens, soit une estimation de 464 millions d'€ pour les ports ou 0,14 € la tonne.

### **Financement indirect**

Les émissions de CO<sub>2</sub> à quai étant 100% payantes, cela représentera un cout de 90 € la tonne de CO<sub>2</sub> pour les opérateurs de navires en 2026 si on se réfère au cours actuel<sup>8</sup>. Cela représentera donc un coût additionnel de 285 € par tonne de diesel maritime consommée qui va s'ajouter à la facture d'énergie des opérateurs de navires<sup>9</sup>. Si on traduit ce coût global de la tonne de diesel maritime en coût au KWh, celui-ci s'établirait à environ 0,22 d'€, ce qui est significativement supérieur au 0,10 € le kWh que les opérateurs de navires payaient en 2021.

Si le port considère d'appliquer un tarif de vente de l'électricité au navire équivalent à 0,22 le KWh en 2026 cela dégagera une marge de 0,38 € la tonne sur la base d'un achat à 0,13 € le KWh et 0,53 € la Tonne sur la base d'un achat à 0,10 € le KWh

En conclusion, les financements direct et indirect découlant de l'intégration des émissions maritime dans le système d'échange de quota européen ETS pourraient générer entre 0,52 € la tonne et 0,67 € la tonne de chiffre d'affaires supplémentaires pour les ports, soit jusque 50 millions d'€ de revenus supplémentaires pour Marseille, 43 millions pour Le Havre ou 185 millions pour l'ensemble des ports français. Mais tous les ports ne pourront mettre en place ce mécanisme<sup>10</sup>. Par ailleurs les dernières évolutions des textes

<sup>8</sup> Live Carbon Prices Today, Carbon Price Charts • Carbon Credits.

<sup>9</sup> Entre temps la tonne de diesel maritime évolue elle aussi à la hausse, puisqu'elle est cotée à un équivalent de 787 € la tonne en aout suivant lien suivant World Bunker Prices - Ship & Bunker (shipandbunker.com).

<sup>10</sup> En 1<sup>er</sup> lieu bien entendu les ports non Européens, mais également certains ports des îles espagnoles et grecques qui ont obtenus que les navires desservant leurs ports ne soient pas concernés par la réglementation, considérant à tort que l'application de la taxe renchérirait le

exemptent également les RUP (Régions Ultra Périphériques) Européennes jusqu'en 2030. Cela concerne la Guadeloupe, la Guyane, la Réunion, la Martinique, Mayotte et Saint-Martin pour la France. De ce fait, il convient d'envisager un autre scénario de financement des investissements qui puisse s'appliquer dans tous les ports du monde.

### Participation des chargeurs

Tous les ports dans le monde appliquent des frais de port. En France ils sont régis par le code du transport selon *les articles R.\* 5321-30 à 5321-33 du Code des Transports, une redevance est appliquée sur les marchandises débarquées, embarquées ou transbordées dans le Grand Port Maritime de Marseille, soit au poids, soit à l'unité* (cas du port de Marseille). On pourrait donc considérer, suivant le principe « Pollueur-Payeur », que les chargeurs participent à la dépollution des ports avec un tarif modulé suivant les spécificités locales et en concertation avec leurs associations locales. La possible transcription dans le code du transport de l'obligation pour les ports de prévoir une « contribution chargeur à la transition énergétique » pourrait s'élever à 1 € la tonne soit 10 € pour un conteneur 20' et 20 € pour un conteneur 40' afin de participer de façon significative à l'investissement global. 1 € la tonne c'est 277 millions d'€ par an qui peuvent être mobilisé pour l'électrification des opérations portuaires Françaises sans aucune participation de fonds publics, à rapprocher des 105 millions d'€ de financement des branchements à quai de 6 ports entre 2015 et 2022.

### Synthèse des scénarios de couverture des investissements

La commission Européenne a pris en compte la difficulté pour les ports de déployer les solutions de branchement à quai en absence de concertation et de demandes existantes de la part des armateurs, tout en mettant en lumière le nombre limité de ports ayant déployé cette technologie<sup>11</sup>. Considérant les montants investis sur fonds publics en 7 ans, il y a donc urgence pour les investisseurs de considérer ce que le marché pourrait réaliser en lieu et place des investisseurs publics (Figure 19). On peut aussi se faire la réflexion

---

prix du transport (8 milliards d'€/ 3,3 milliards de tonnes traitées par les ports Européens cela représente un surcoût de 2,43 € la Tonne).

<sup>11</sup> Comme mentionné dans le lien suivant <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-26-2023-INIT/en/pdf> « *While only the provision on OPS connection points is covered by Directive 2014/94/EU, the demand for, and as a result the deployment of, that technology have remained limited* ». En conséquence, l'obligation pour les ports d'offrir des branchements à quai d'ici 2030 est étendue aux navires porte-conteneurs et de passagers comme suit « *Therefore, specific rules should be established to mandate the use of OPS by containerships and passenger ships, since those are the ship categories that produce the highest amount of emissions per ship while moored at the quayside, according to the data collected within the framework of Regulation* ».

que les ports qui ont demandé à ne pas intégrer ETS prétextant un surcôt de fret, seront probablement réticents à faire participer les chargeurs locaux à ces investissements, les rendant encore plus dépendants des fonds publics (1<sup>er</sup> scénario de financement et durée de remboursement de 16 ans).

**Figure 19**

DUREE DE REMBOURSEMENT DES INVESTISSEMENTS DANS LA DECARBONATION DES PORTS DANS LE MONDE			
SCENARIOS	CONTRIBUTION A LA TONNE	COÛT TOTAL D'INVESTISSEMENT A LA TONNE	DUREE DE REMBOURSEMENT (MOIS)
MARGE SUR VENTE KWh RENEUVELABLE AU PRIX DU MGO	0,29 €	4,61 €	190
SCENARIO 2 : SCENARIO 1 + CONTRIBUTION CHARGEUR	1,29 €	4,61 €	43
DUREE DE REMBOURSEMENT POUR LES PORTS EUROPEENS EXCEPTE CERTAINS PORTS ESPAGNOLES, GRECQUES, FINLANDAIS ET LES TERRITOIRES ULTRA MARINS EUROPEENS (DONT LES DOM TOM Français)			
SCENARIO 3 : SCENARIO 2 + QUOTAS	1,52 €	4,61 €	36
SCENARIO 4: SCENARIO 3 + FONDS EUROPEENS A LA TRANSITION ENERGETIQUE	1,66 €	4,61 €	33

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## *Création de valeur*

### **Qu'est-ce que c'est de la création de valeur ?**

**Création de valeur pour les énergies renouvelables :  
3,25 milliards d'euros sur 10 ans**

Les données disponibles les plus nombreuses sur les énergies renouvelables sont celles des éoliennes marines. A partir du besoin en énergie des ports français estimé dans les calculs précédents à 239 MW ; s'il devait être couvert entièrement par des éoliennes en mer, cela nécessiterait l'installation d'éoliennes d'une puissance totale de 628 MW avec un facteur de charges (absence de vent, maintenance, pannes.) de 38 % (celui-ci se situe plutôt actuellement à 47 %). Chaque éolienne produisant en moyenne 12 MW l'électrification des opérations portuaires française nécessiterait l'installation de 53 éoliennes en mer. Avec un investissement établi à 3,2 millions d'€ le MW, il faudrait considérer un total de 2 milliards d'€ d'investissement pour couvrir les besoins en énergie des opérations portuaires françaises par les éoliennes marines. Les prix de vente de cette énergie considérée comme viable par les opérateurs s'élève à 0,06 le KWh ce qui donc devrait générer 125 millions d'€ par an de CA aux opérateurs soit 1,25 milliard d'€ sur 10 ans.

## Création de valeur pour les Entreprises Locales de Distribution (ELD) : 2 milliards d'euros sur 10 ans

Ce qui suit est fortement dépendant de l'évolution de la réglementation européenne sur l'énergie et notamment comme expliqué plus haut sur la liberté d'achat et de vente des communautés d'énergie. Mais d'après les dernières discussions entre la commission et les gouvernements, il semblerait que les distributeurs d'énergie pouvant s'engager sur la durée auprès de producteurs pourront s'approvisionner auprès de ceux-ci<sup>12</sup>. On peut donc considérer qu'une Entreprise Locale de Distribution d'énergie achetant 0,06 € le KWh au producteur peut raisonnablement revendre ce KWh à 0,10 € au port et générer ainsi 200 millions d'€ de chiffres d'affaires par an, soit 2 milliards d'€ sur 10 ans.

## Création de valeur pour les fournisseurs de branchement à quai : 139 millions d'euros et création de valeur pour l'électrification des terminaux et la mobilité : 99 millions d'euros

Les fournisseurs de solutions de branchements à quai sont des sociétés internationales qui interviennent sur tous les continents<sup>13</sup>. Au regard des différentes réalisations de branchement à quai en France, le coût moyen d'investissement s'établit à environ 1 Million d'€ le MW. En prenant en considération que les branchements à quai représentaient 58 % du besoin en énergie du port selon l'étude du port de Valencia, il est possible d'établir que la création de valeur de l'électrification des ports français pour les fournisseurs de solutions de branchement à quai s'établirait à 139 millions d'€.

Comme indiqué précédemment, en l'absence de référence et retour d'expérience sur les investissements en électrification de ce segment, un prorata de l'investissement dans les branchements à quai estime que la création de valeur pour ce segment s'établirait à 99 millions d'€.

<sup>12</sup> Bataille à couteaux tirés sur la réforme européenne du marché de l'électricité (lefigaro.fr) **« Bruxelles a néanmoins intégré des éléments protecteurs pour les ménages et les industriels, avec plus de contrats à prix fixes et de long terme »** Quoi de plus fixe et à long terme que l'approvisionnement en électricité qu'un port. On peut également avoir plus de détail sur le fonctionnement des Procurement Purchase Agreement PPA évoqués ci-dessus au travers du lien suivant Achats d'électricité : Power Purchase Agreement (PPA) (energiesdev.fr).

<sup>13</sup> EOPSA about | Eopsa.

## Création de valeur pour les ports : 460 millions d'euros par an et création de valeur pour les chantiers navals : 1,5 milliard d'euros

Les ports européens pourraient être les grands gagnants de l'électrification des opérations portuaires, en prenant comme hypothèses la vente du KWh au navire l'équivalent du KWh MGO+ Quota à 0,22€. Les ports français pourraient générer jusqu'à 4,6 milliards d'€ de CA supplémentaires sur 10 ans. La prise en charge à hauteur de 66 % des coûts d'adaptation des navires aux branchements à quai (rétrofit) par les communautés portuaires va accélérer la mise à niveau des navires dans la perspective de l'échéance de 2030. Cela va permettre de « fixer » ces opérations dans les chantiers navals à proximité des ports. La création de valeur pour les chantiers navals français s'évaluerait à près de 1,5 milliard d'€.

En conclusion, c'est donc un total de création de valeur de 11 milliards d'€ sur 10 ans que l'électrification des opérations portuaires pourraient générer autour des ports français et des éco systèmes des énergies renouvelables (Figure 20).

**Figure 20 : Création de valeur investissement et création de valeur CA et investissements globaux sur 10 ans**

CREATION DE VALEUR INVESTISSEMENT AUTOURS DES PORTS FRANCAIS						
PORTS	TONNAGE ANNUEL	MW	PRODUCTEURS	FOURNISSEURS	FOURNISSEURS	CHANTIERS NAVALS
			D'ENERGIE RENOUVELABLES MARINS	DE BRANCHEMENTS A QUAI	ELECTRIFICATION DES AUTRES SEGMENTS	EN CHARGE DU RETROFIT DES NAVIRES
National	277 000 000	239	2 010 480 185 €	139 423 333 €	99 315 251 €	1 475 640 000 €
Marseille	75 000 000	65	544 340 303 €	37 750 000 €	26 890 411 €	399 000 000 €
Le Havre	67 560 000	58	490 341 745 €	34 005 200 €	24 222 882 €	359 419 200 €
Dunkerque	48 600 000	42	352 732 516 €	24 462 000 €	17 424 986 €	258 552 000 €
Nantes St Nazaires	30 000 000	26	217 736 121 €	15 100 000 €	10 756 164 €	159 600 000 €
Rouen	28 000 000	24	203 220 380 €	14 093 333 €	10 039 087 €	148 960 000 €
La Rochelle	9 600 000	8	69 675 559 €	4 832 000 €	3 441 973 €	51 072 000 €
Bordeaux	6 000 000	5	43 547 224 €	3 020 000 €	2 151 233 €	31 920 000 €
La Réunion	6 000 000	5	43 547 224 €	3 020 000 €	2 151 233 €	31 920 000 €
Sète	5 000 000	4	36 289 354 €	2 516 667 €	1 792 694 €	26 600 000 €

CHIFFRE D'AFFAIRE ANNUEL ECO SYSTEME ENR+ ELD AUTOURS DES PORTS Français						
PORTS	YEARLY TONNAGE	MW	PRODUCTEURS	ENTREPRISE	PORTS	TOTAL CHIFFRE D'AFFAIRE ANNUEL
			D'ENERGIE RENOUVELABLES MARINS	LOCALE DE DISTRIBUTION SEM		
National	277 000 000	239	125 481 000 €	209 135 000 €	460 097 000 €	794 713 000 €
Marseille	75 000 000	65	39 975 000 €	56 625 000 €	124 575 000 €	215 175 000 €
Le Havre	67 560 000	58	30 604 680 €	51 007 800 €	112 217 160 €	193 829 640 €
Dunkerque	48 600 000	42	22 015 800 €	36 693 000 €	80 724 600 €	139 433 400 €
Nantes St Nazaires	30 000 000	26	13 590 000 €	22 650 000 €	49 830 000 €	86 070 000 €
Rouen	28 000 000	24	12 684 000 €	21 140 000 €	46 508 000 €	80 332 000 €
La Rochelle	9 600 000	8	4 348 800 €	7 248 000 €	15 945 600 €	27 542 400 €
Bordeaux	6 000 000	5	2 718 000 €	4 530 000 €	9 966 000 €	17 214 000 €
La Réunion	6 000 000	5	2 718 000 €	4 530 000 €	9 966 000 €	17 214 000 €
Sète	5 000 000	4	2 265 000 €	3 775 000 €	8 305 000 €	14 345 000 €

Source : J.P. Lamblin, 2023.

## Les réglementations internationales et nationales : supports de la création de valeur

### Règlement de l'Organisation Maritime Internationale (OMI)

« L'Organisation Maritime Internationale (OMI) autorise les états à adapter leurs politiques réglementaires dans leurs eaux nationales et notamment dans leurs ports ». Il est donc tout à fait possible pour l'Etat de faire évoluer la réglementation des ports et rendre obligatoire les déclarations des émissions des navires auprès des autorités portuaires sur un site dédié, ce qui faciliterait et renforcerait le déploiement de calculateurs d'émissions portuaires.

Il est à noter que les navires en Europe reportent déjà les émissions de CO<sub>2</sub> à quai suivant la procédure MRV.

La visibilité sur les émissions des navires à partir de la méthodologie proposée permettrait par ailleurs aux autorités portuaires d'échanger sereinement avec les autorités locales et les citoyens sur la réalité de la part des émissions portuaires et de celles des navires de croisières dans les émissions globales d'une ville portuaire.

### Evolution de la réglementation européenne MRV

Le temps passé en mer est une donnée obligatoire de MRV comme l'indique la colonne AF de la copie d'écran du fichier Excel suivant (Figure 6-21). Le temps passé à quai n'est pas une donnée obligatoire. Si tel était le cas il serait très facile pour les ports de rapprocher la base de données de leur guichet portuaire de celle de MRV et d'évaluer les émissions de CO<sub>2</sub> des navires en escale et donc les consommations de MGO, les émissions, l'énergie, investissements, financement et création de valeur. C'est une évolution très légère à apporter à la réglementation MRV qui pourrait être une initiative conjointe du gouvernement français et du parlement Européen auprès de la commission européenne, pour faciliter/accélérer le déploiement de l'électrification des ports d'ici 2030.

Figure 21

Ship					
IMO Number	Name	Ship type	CO <sub>2</sub> emissions assigned to On laden [m tonnes]	Annual Time spent at sea [hours]	Average energy eff Annual average Fuel consumption per distance [kg / n mile]
6602898	OCEAN MAJESTY	Passenger ship		2346,25	104,78
7037806	IONIAN STAR	Ro-pax ship	N/A	2207	84,98
7043843	TALOS	Ro-ro ship		3635	63,38
7207451	SPORADES STAR	Ro-pax ship	N/A	2492	94,88
7225910	AECEAN ODYSSEY	Ro-pax ship	N/A	2053,08	135,88
7226952	FJARDVAGEN	Ro-ro ship		2556,7	43,27
7230599	MARKO POLO	Ro-pax ship	N/A	2450	100,78
7325095	LAMPEDUSA	Ro-pax ship	N/A	2176,3	109,42
7346221	SUPERSTAR	Ro-pax ship	N/A	3560	124,88
7349039	CORSICA MARINA SEC	Ro-pax ship	N/A	351,15	94,14

Source : Extrait rapports MRV, 2021.

### Evolution du code du transport sur les taxes à la marchandise

L'évolution du code des transports relève du ministère des transports, elle peut donc se faire très rapidement autour de 3 nouvelles obligations :

- pour les navires : déclarer leur consommation de carburant au port ;
- pour les ports : rendre publique en temps réel les données consolidées ;
- introduire une contribution « qualité de l'air » à la tonne dont le montant devrait couvrir au moins 50% des besoins en financement des investissements.

Il est possible de concevoir que ce montant de contribution soit obligatoire pour toute demande de fonds publics, pour réduire la charge et permettre de libérer des fonds publics plus important dans d'autres secteurs.

### Procurement Purchase Agreement PPA et ELD

Sans accord de l'Europe et des gouvernements nationaux d'autoriser les PPA entre des producteurs locaux d'énergies renouvelables et des entreprises locales de distribution situées à proximité des ports, la compétitivité croissante des prix d'achat du kWh des énergies renouvelables alimentera les gestionnaires de réseau électriques nationaux et donc en final le prix d'achat des ports et donc leur capacité de financement. La présence dans le processus d'achat revente des ELD permet la mise en place de systèmes de distribution décentralisés et non assujettis aux variations du marché de l'énergie européen. En soutenant le développement de l'offre d'énergie renouvelable, les ELD permettent également de préserver la viabilité de l'ensemble des opérateurs et d'éviter la cannibalisation de ceux-ci par le moins disant.

## Conclusion

A l'heure où la plupart des autorités nationales, européennes, mondiales, considèrent la transition environnementale comme un coût évalué à 2 % de PIB sur les 12 prochaines années, il est naturel que tout un chacun considère qu'il est préférable que ce soit le « voisin » le plus riche qui paye. Au travers de cette étude on peut voir que ce raisonnement a ses limites et qu'aucun acteur portuaire ne refusera une augmentation à la marge de frais portuaires si celle-ci est réglementaire. Aucun parlementaire impliqué dans la politique environnementale, qualité de l'air ou des politiques publiques ne refusera de faire évoluer quelques textes réglementaires si ceux-ci permettent de financer l'électrification des opérations portuaires et le développement des énergies renouvelables autour des ports tout en favorisant mécaniquement le désendettement de l'état dans ce secteur.

Le milliard d'euros d'investissement à mobiliser pour l'électrification des opérations portuaires peut se faire entièrement avec des fonds privés pour générer potentiellement jusqu'à 8 milliards d'€ de valeur. Cette création de valeur est totalement nouvelle, unique et locale. Elle peut être mise en œuvre rapidement du fait des opportunités de proximité et ainsi participer à la croissance générale du PIB en s'appliquant notamment à d'autres industries et d'autres typologies de services en dehors des seules activités portuaires.



# L'ANPMT : Comment faire Intelligence Collective au profit de l'écosystème portuaire français ?

*Alain BAZILLE*

*Vice-Président*

Département de la Seine-Maritime

Rouen – France

*Président*

Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux (ANPMT)

Rouen – France

*Marie-Marthe FAUVEL*

*Déléguée Générale*

Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux (ANPMT)

Rouen – France

## Introduction

Fin 2019, le paysage portuaire français voyait éclore une nouvelle association : l'ANPMT, Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux. Rassemblant des collectivités territoriales autorités portuaires, et des exploitants portuaires en charge de ports décentralisés de commerce, de pêche et de pêche/plaisance, l'ANPMT est à la fois inédite dans son principe et héritière de l'expérience d'une association plus ancienne de coopération. Elle-même issue d'un processus d'intelligence collective, elle poursuit son action dans la lignée de l'esprit réflexif et collaboratif qui l'a initiée, au profit des ports territoriaux et de l'écosystème portuaire français.

### *L'ANPMT : Un pur produit de l'intelligence collective*

#### **L'APLM : une première association de coopération sur la façade Manche**

En février 2007, l'Association des Ports Locaux de la Manche est créée par les représentants d'autorités portuaires et de concessionnaires de quatorze ports de commerce dits « secondaires », situés le long de la mer Manche, de Douarnenez à Calais<sup>1</sup>. Son objectif vise à fédérer les ports décentralisés de commerce de ce secteur, dans une perspective de représentation auprès des institutions nationales et européennes, tout en favorisant la communication et les échanges de bonnes pratiques sur des problématiques communes.

L'action de l'association se traduit d'abord de façon très concrète par la mutualisation de moyens et les économies d'échelle, notamment concernant les opérations de dragage, sujet éminemment commun aux places portuaires. Cinq puis sept ports bénéficient de contrats mutualisés dès les premières années. Mais peu à peu ces opérations amènent les membres à d'autres réflexions, plus prospectives et anticipatrices, mettant le doigt sur la nécessité de traiter la question de la réutilisation des sédiments de dragage extraits des bassins. A la veille des années 2010, les membres de l'association décident alors de répondre à un premier appel à projet européen sur cette thématique. Entre 2009 et 2014, l'APLM devient ainsi chef de file du projet SETARMS sélectionné par le programme de coopération transfrontalière INTERREG IV A France-Angleterre, et financé par le FEDER. Le projet vise à proposer des solutions de réemploi des sédiments en

<sup>1</sup> Calais, Boulogne-sur-Mer, Le Tréport, Dieppe, Fécamp, Caen-Ouistreham, Cherbourg, Granville, Saint-Malo, Saint-Brieuc-Le Légué, Tréguier, Roscoff, Brest, Douarnenez.

techniques de sous-couches routières. Rassemblant autorités portuaires, ingénieurs, universitaires et entreprises de travaux publics, l'expérience est aussi transmanche puisqu'elle s'appuie sur sept ports français et quatre ports anglais<sup>2</sup>. Le projet débouche sur un état des lieux du dragage en Manche (réglementation européenne et retours d'expériences) et sur un guide d'utilisation des sédiments en voirie routière.

Parallèlement à cette première et fructueuse coopération, l'APLM s'engage comme partenaire dans le cadre d'autres appels à projets européens. Entre 2013 et 2015, l'APLM participe à la démarche FLIP visant à encourager les initiatives à long terme dans les ports. Dans ce cadre, un séminaire sur la place des ports locaux dans la politique maritime européenne est notamment organisé, une série de formations professionnelles (communication portuaire, financements européens et gestion de projets, anglais maritime...) est programmée et des séances d'échanges de bonnes pratiques sont mises en place. Enfin, entre 2013 et 2014, l'APLM prend part au Cluster PEGASEAS ayant pour objet de capitaliser sur l'ensemble des projets traitant de la gouvernance maritime en Manche et d'identifier les lacunes à mettre en avant pour le programme INTERREG suivant. Dans ce cadre, sera notamment réalisée une exposition temporaire itinérante sur les dragages et les sédiments portuaires ayant vocation à sensibiliser le grand public aux enjeux de ces opérations souvent mal perçues et mal comprises.

Mais alors que, parallèlement à ces projets, l'APLM assure une veille sur les dossiers d'actualité intéressant les ports de l'association (guichet unique, éolien offshore, gouvernance...), les membres font émerger un sujet d'un ordre plus politique et plus franco-français.

---

<sup>2</sup> Les échantillonnages sont tirés des ports suivants : Le Tréport, Le Havre, Caen-Ouistreham, Cherbourg (civil et militaire), Brest (civil), Douarnenez, Concarneau, New Haven, Shoreham, Poole, Fowet, Falmouth.

## Figure 1 : Les liaisons Transmanche : des activités maritimes et portuaires emblématiques pour les ports territoriaux



Source : Crédit photo Département de la Seine-Maritime

### ***Déficit de reconnaissance et de représentation : le constat fondateur***

Après dix années de travail en commun, les membres de l'APLM font collectivement un constat simple : les ports décentralisés souffrent à la fois d'un déficit de représentation à l'échelle nationale et d'un manque de reconnaissance qui nuit à leur développement. Vaste famille composée de places portuaires aux caractéristiques fort hétérogènes, les ports décentralisés ne sont pas suffisamment identifiés comme objets potentiels de politiques publiques, et a fortiori de politiques portuaires. Sans bénéficier de l'attention voire des moyens accordés aux Grands Ports Maritimes, les problématiques des ports décentralisés sont pourtant de même nature que celles de leurs puissants grands frères : dragages, transitions énergétiques, écologiques et numériques, traitement des déchets, problématiques migratoires, développement économique... Certains sujets les touchent même de façon plus prégnante compte-tenu de leur taille ou de leur contexte (Brexit, COVID, déploiement de l'éolien en mer, quotas et restriction de pêche, prix du gasoil...). Plus encore, les ports décentralisés font vivre très directement les territoires français et devraient pouvoir être considérés à leur juste place, c'est-à-dire comme des acteurs économiques et territoriaux qui comptent et comme des interlocuteurs légitimes pour les sphères de l'État.

Or, dans le même temps, les membres de l'APLM constatent que le paysage portuaire associatif et fédératif français est essentiellement structuré par quatre organismes, lesquels ne peuvent répondre – ou ne peuvent répondre que partiellement – aux attentes nationales des collectivités autorités portuaires de ports de commerce et de pêche.

Le plus ancien de ces organismes, l'Union des Ports de France – UPF, rassemble les établissements gestionnaires étatiques et les concessionnaires des ports français de commerce et de pêche : Grands Ports Maritimes et fluvio-maritimes, ports autonomes, chambres de commerce et d'industrie, sociétés d'économie mixte et sociétés d'exploitation portuaires. L'action de l'UPF se concentre ainsi sur les ports d'État et leurs exploitants, l'association n'ayant pas vocation à représenter les ports décentralisés de commerce et de pêche ou à incarner la parole des collectivités compétentes en matière portuaire. Un *Carrefour des autorités portuaires décentralisées* permet certes à ces dernières de participer à certaines réflexions. Mais cette instance de dialogue n'a pas pour objet de représenter, au sens fort, les autorités portuaires décentralisées, et ce d'autant plus que le Carrefour rassemble majoritairement des Régions alors que les autorités portuaires peuvent être régionales, départementales, intercommunales ou communales.

Le Cluster Maritime Français réunit quant à lui, l'ensemble des acteurs de l'écosystème maritime : entreprises de toutes tailles, pôles de compétitivité, fédérations et associations, laboratoires et centres de recherche, écoles et organismes de formation, collectivités et acteurs économiques locaux, Marine Nationale. Son action vise à défendre les intérêts de l'ensemble des acteurs de la filière - et non d'une catégorie en particulier - au profit de la filière. Il accompagne ses membres en ce sens et dans le développement durable et responsable de leurs activités et projets.

La Fédération Française des Ports de Plaisance – FFPP, de son côté, œuvre au profit des ports décentralisés de plaisance. Elle porte donc parfaitement les intérêts des collectivités accueillant cette activité dans leurs ports, mais pas ceux des collectivités en charge de ports de commerce et/ou de pêche *stricto sensu*.

**Figure 2 : Courseulles-sur-Mer : une commune articulée autour de son port**

Source : Crédit photo Let's Fly Production

L'Association Nationale des Élus du Littoral – ANEL regroupe les élus des collectivités du littoral français autour des enjeux spécifiques de la protection des espaces marins et littoraux. La dimension portuaire des ports de commerce et de pêche n'est donc que partiellement intégrée aux réflexions des membres de l'ANEL et ne constitue pas un sujet de représentation à proprement parler.

A ces considérations, il faut ajouter enfin que si beaucoup de ports maritimes décentralisés de commerce et de pêche restent départementaux à l'issue de la mise en application de la loi NOTRe, nombreux sont sous responsabilité de conseils régionaux, de syndicats mixtes, voire – plus rarement – d'intercommunalités ou de communes. Une association comme celle des Départements de France, ou celle des Régions de France, ne peut donc devenir le porte-drapeaux des ports décentralisés de commerce et de pêche.

La faille est donc bien là : les ports décentralisés de commerce et de pêche ne sont pas représentés. L'APLM n'étant pas dimensionnée pour porter leur parole à l'échelle nationale, l'idée est bientôt conçue d'ouvrir le champ d'action de l'Association des Ports Locaux de la Manche à l'ensemble des façades maritimes françaises, afin de constituer un organisme représentatif, parler d'une seule voix et poursuivre, à cette échelle, la dynamique de réflexion et d'action engagée.

## De l'APLM à l'ANPMT : une évolution répondant à un besoin

L'idée d'un organisme porte-parole des ports décentralisés de commerce et de pêche s'affirme rapidement dans les rangs de l'APLM, mais aussi parmi un certain nombre de départements littoraux non membres qui, consultés par écrit, témoignent de leur intérêt. D'aucuns soulignent que l'idée paraît d'autant plus pertinente qu'elle entre en résonance avec l'une des recommandations faites par Odette Herviaux dans son rapport sur les *Enjeux et perspectives de la décentralisation portuaire* (mars 2014) : la sénatrice y met en avant la nécessité de rechercher une représentation nationale des autorités portuaires des ports décentralisés en lien avec celle des GPM.

Fin 2017, le Président de l'APLM, Jean Morin, également Vice-Président du Conseil Départemental de la Manche, sollicite le soutien des Ministères des Transports (Transition écologique et solidaire) et de l'Agriculture et de l'Alimentation. Les courriers reçoivent en retour les encouragements de l'administration centrale en charge des transports qui note l'intérêt que pourrait constituer une représentation nationale des ports décentralisés, comme enceinte d'échange propre à cette catégorie de ports et, le cas échéant, comme interlocuteur du gouvernement sur ces questions. Le projet reçoit également le soutien de l'Assemblée des Départements de France présidée par Dominique Bussereau, ancien Secrétaire d'État en charge des Transports, lui-même à l'origine de la réforme portuaire de juillet 2008 ayant substitué les Grands Ports Maritimes aux Ports Autonomes.

Les principes fondateurs sont ainsi posés et confortés dans leurs intentions. Instance de représentation d'une catégorie de ports jusque-là non visible mais dont on pressent qu'elle doit pouvoir se positionner en tant que telle dans l'écosystème portuaire français aux côtés des GPM, l'Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux est créée lors de l'Assemblée Générale de novembre 2019.

Elle se fixe quatre objectifs cadres :

- Fédérer ces ports, affirmer leur rôle/poids et les représenter dans les sphères nationales et européennes ;
- Conforter et animer le réseau de coopération afin que les gestionnaires portuaires (autorités portuaires et exploitants portuaires) puissent trouver un soutien efficace sur les sujets qui les préoccupent ;
- Mettre des actions concrètes en œuvre pour accroître l'attractivité économique des ports territoriaux, aux côtés des GPM ;
- Construire une stratégie de développement en dialogue avec les GPM.

Aujourd'hui, l'ANPMT regroupe dix-sept membres représentant plus de quatre-vingts ports sur trois des quatre façades maritimes françaises (Figures 7-3 et 7-4).

**Figure 3 : Membres de l'ANPMT (situation au 31 décembre 2023)**

10 AUTORITÉS PORTUAIRES	6 EXPLOITANTS
Conseil Départemental de la Seine-Maritime	CCI Littoral Hauts-de-France
Syndicat mixte Ports de Normandie	Régie Dieppoise des Activités Portuaires
Communauté de communes de la Côte d'Albâtre	CCI Seine-Estuaire
Conseil Départemental du Calvados	SEMOP Ports du Calvados
Conseil Départemental de la Manche	SPL Ports de la Manche
Région Bretagne	EDEIS Ports de Saint-Malo & Cancale
Conseil Départemental de Vendée	
Conseil Départemental de Charente-Maritime	
Syndicat mixte du port de commerce de Rochefort-Tonnay-Charente	
Conseil Départemental des Pyrénées Orientales	
	1 EXPLOITANT EN COURS D'ADHÉSION
	SEPD Boulogne Calais

Source : ANPMT, 2023.

Si l'ANPMT ne représente pas encore l'ensemble des ports décentralisés de commerce et de pêche français, ses premières actions ont néanmoins porté sur la nécessité de donner à comprendre la réalité de ce que sont les ports décentralisés français dans l'ensemble de leur maillage.

**Figure 4 : Nombre de ports de commerce, (marchandises et passagers, y compris desserte des îles), de pêche et de plaisance au sein de l'ANPMT (hors Boulogne-Calais en cours d'adhésion)**

<b>AUTORITÉS PORTUAIRES / CONCÉDANTS</b>	<b>10</b>
Dont Régions	1
Dont Départements	6
Dont Syndicats mixtes	2
Dont EPCI	1
<b>EXPLOITANTS PORTUAIRES</b>	<b>6</b>
Dont CCI	2
Dont Régies	1
Dont SPL	1
Dont SEMOP / SEM	1
Dont Privés	1
<b>PORTS REPRÉSENTÉS AU SEIN DE L'ANPMT</b>	<b>83</b>
Façade Manche - Mer du Nord	48
Façade Atlantique	34
Façade Méditerranée	1
Dont ports avec une activité de commerce	36
Dont ports avec une activité de pêche	62
Dont ports avec une criée	14
Dont ports avec une activité de plaisance	79

Source : ANPMT, 2023.

## *Donner à voir et à comprendre le port territorial*

### **Renommer pour donner à comprendre**

Parce que les mots ont un sens et que la sémantique est importante, la première action signifiante de l'ANPMT a porté sur la désignation et la dénomination des ports qu'elle entend représenter. Sous son impulsion, les ports « décentralisés » deviennent en effet les ports « territoriaux ». L'expression a fait florès et est appropriée aujourd'hui par l'ensemble des acteurs de l'écosystème maritime et portuaire. Et pour cause : loin d'être anodine, cette dénomination nouvelle apporte un éclairage contemporain sur ce que représentent, dans l'écosystème portuaire français, les ports transférés au fur et à mesure des lois de décentralisation.

D'abord identifiés et nommés en référence au processus même de décentralisation et par opposition aux ports restés dans le giron de l'État, les ports « décentralisés » perdent leur dimension technocratique et réglementaire au fur et à mesure de leur appropriation, toujours plus importante, par les collectivités territoriales.

Avec les différentes vagues de décentralisation, la collectivité territoriale désormais dite « autorité portuaire » devient tout d'abord l'acteur majeur du port territorialisé. La circulaire du 6 novembre 2015 relative à la mise en œuvre des transferts de compétences prévus par l'article 22 de la loi NOTRe le rappelle : « l'État n'a plus vocation à intervenir sur les choix d'opportunité concernant l'aménagement, le développement, l'entretien et les gestions des ports transférés, conformément au principe de libre administration des collectivités territoriales. »<sup>3</sup> Par suite, l'émergence de la collectivité dans la gestion portuaire entraîne la modification du schéma de gestion classique et historique appuyé sur le duo État/CCI, lequel glisse vers un trio collectivité/État/concessionnaire. Autorités portuaires mais aussi autorités compétentes, transférantes et concédantes, les collectivités reprennent la main et déterminent avec une attention croissante la stratégie de gestion, de développement, et d'exploitation des ports qui leur ont été confiés.

Enfin, la loi NOTRe ayant imposé aux collectivités territoriales d'afficher une position explicite sur leurs ambitions portuaires, les ports décentralisés deviennent d'autant plus « territoriaux » qu'ils sont appropriés désormais comme objets de politiques publiques portées par les collectivités et leurs

<sup>3</sup> Circulaire du 6 novembre 2015 relative à la mise en œuvre des transferts de compétences prévus dans le domaine des ports maritimes par l'article 22 de la loi n° 2015-991 du 07 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, annexe 4.

élus, voire comme des outils mis au service des stratégies de développement de ces collectivités.

En somme, face aux termes « locaux », « secondaires », « petits », « moyens », « intermédiaires »..., le mot « territorial » propose une alternative plus juste pour incarner ce que sont les ports décentralisés aujourd'hui, à savoir des ports ancrés dans leurs territoires. Ce faisant, il invite également l'ensemble des acteurs portuaires à une compréhension renouvelée de ces ports, et propose à ses membres un mot nouveau de ralliement.

Ainsi nommés, le port territorial peut également s'incarner en termes d'image, de logo et de communication, et franchir une première étape en matière de lisibilité.

**Figure 5 : Le nouveau logo de l'ANPMT**



Source : ANPMT, 2023.

### **Cartographier pour donner à voir**

Pour autant, même mieux nommés, ces ports territoriaux restent des objets aux contours difficiles à appréhender et embrasser. À l'issue de 40 ans de décentralisation, le paysage portuaire décentralisés français se distingue en effet par la densité remarquable d'un réseau de places portuaires caractérisées par leur singularité en matière d'activités, d'autorité compétente, de propriété et de modes de gestion/exploitation.

Rappelons en effet d'emblée que sur les 1 396 ports maritimes, fluviaux et lacustres répertoriés par le Service d'Administration des Référentiels en 2023<sup>4</sup>, 540 sont maritimes. Parmi eux, dix sont des Grands Ports Maritimes<sup>5</sup> et reste un port d'intérêt national (Saint-Pierre-et-Miquelon). Ce sont donc

<sup>4</sup> En mars 2023, le SAR (équipe composée d'agents de l'Agence Française de la Biodiversité et de l'IFREMER) communiquait sur de premiers résultats issus d'une étude visant à élaborer un référentiel de données interoperables, véritable « langage commun » pour le milieu marin : le Système d'Information sur le Milieu Marin.

<sup>5</sup> GPM métropolitains : Dunkerque, HAROPA (Le Havre, Rouen, Paris), Nantes-Saint-Nazaire, La Rochelle, Bordeaux, Marseille ; GPM ultramarins : Degrad-des-Cannes (port de Rémire-Montjoly, Guyane), Fort-de-France (Martinique), Port de la Guadeloupe, Port Réunion.

529 ports maritimes – soit 98 % des ports maritimes français – qui ont été confiés aux collectivités territoriales depuis 1983. Répartis sur les quatre façades maritimes françaises, ils représentent 80% du trafic passagers français et 20 % du trafic marchandises entrant dans les ports français.<sup>6</sup>

La grande majorité de ces ports territoriaux sont des ports mixtes : ils accueillent des activités de commerce et/ou de pêche et/ou de plaisance et/ou de réparation navale, et/ou de conchyliculture... La plupart d'entre eux se situe de surcroît en cœur de ville et doit composer avec des problématiques d'interface ville-port à la fois communes à tous et déclinées de façon spécifique sur chaque territoire.

Ces ports peuvent être gérés par des régions, des départements, des EPCI, des communes ou par des syndicats mixtes créés par les collectivités. Dans la majorité des cas, ces collectivités exercent l'autorité portuaire sur l'ensemble des activités du port. Mais il arrive que plusieurs autorités se partagent la responsabilité portuaire en fonction de la nature des activités<sup>7</sup>. Ainsi, à titre d'exemple, à Concarneau les activités de pêche et de plaisance sont sous la responsabilité du syndicat mixte des ports de pêche/plaisance de Cornouaille à qui a été transférée l'autorité portuaire, tandis que la Région, forte de ses attributions en matière de développement économique, a conservé sa compétence portuaire sur la partie réparation navale du port. Il faut ajouter que le domaine public portuaire peut avoir été transféré aux collectivités... ou pas. C'est ainsi que l'État demeure propriétaire du foncier de ports tels que Les Sables d'Olonne ou Rochefort, lesquels sont pourtant décentralisés.

Les ports territoriaux se distinguent également par les modes d'exploitation choisis qui introduisent une hétérogénéité supplémentaire en matière de stratégies : ces ports peuvent être exploités en régie ou par délégation(s) de service public à des organismes qui peuvent être publics, privés ou publics-privés.

---

<sup>6</sup> Secrétariat Général de la Mer et le Cluster Maritime Français, *L'Economie Bleue en France*, Ed. 2022, p. 52.

<sup>7</sup> Le code des transports précise néanmoins que cette partition ne peut exister qu'à condition que ces activités soient présentes dans des parties individualisables du port.

### Figure 6 : Rochefort : port de commerce de la façade Atlantique et membre de l'ANPMT



Source : Crédit photo Drones Phildimages

En termes de poids économique enfin, ce sont 7 035 035 tonnes de marchandises qui, à titre d'exemple, ont transité en 2022 par Ports de Normandie<sup>8</sup>, alors que, dans le même temps, le port du Tréport accueillait environ 181 000 tonnes de marchandises<sup>9</sup>. De même, à Boulogne, premier port de pêche en tonnage, 28 302 tonnes de débarque sont passées sous criée en 2022, pour un chiffre d'affaire de près de 87 millions € et un prix moyen de 3,08 €<sup>10</sup>, tandis que 1 179 tonnes étaient vendues en criée de Royan, pour un chiffre d'affaire de près de 13 millions € et un prix moyen de 10,99 €<sup>11</sup>. Plus largement, Sète, Toulon, Nice... présentent des activités proches de celles des GPM, tandis que certains ports de pêche/plaisance ne présentent que quelques dizaines d'anneaux et quelques bateaux de pêche.

On le comprend, rien ne saurait être généralisé d'un port territorial à l'autre. Il n'existe pas de modèle type du port comme il en existe un pour les Grands Ports Maritimes. La seule constante partagée par ces places portuaires est leur tutelle territoriale.

Cette hétérogénéité caractérise les ports territoriaux au premier chef et contribue à complexifier leur compréhension et la lecture que l'on peut en

<sup>8</sup> Ports de Normandie : Dieppe, Caen-Ouistreham et Cherbourg, source : *Bilan d'activité 2022, perspectives 2023*.

<sup>9</sup> Source ANPMT, 2022.

<sup>10</sup> Association des directeurs et responsables des halles à marée de France, *Annuaire 2023 des halles à marée*.

<sup>11</sup> Ibid.

avoir à l'échelle nationale. C'est pourquoi l'ANPMT a choisi de concevoir une cartographie permettant de donner à voir à la fois la densité du réseau de ports territoriaux, leur répartition le long des côtes françaises ainsi que leur hétérogénéité en termes d'activités et d'autorités portuaires. Réalisée en 2021, cette carte est alors inédite. Elle connaît depuis un succès qui ne se dément pas : les nombreux acteurs qui la lisent au gré des articles et salons découvrent en effet la réalité saisissante d'un réseau qui jusque-là, dans l'ombre des puissants GPM, n'avait pas de visibilité.

**Figure 7 : Cartographie des principaux ports maritimes territoriaux de commerce et de pêche (hors activité de plaisance seule)**



Note : La cartographie fait état à ce jour du maillage portuaire sur les façades maritimes métropolitaines. La partie ultramarine, plus difficile à établir, est en cours de réalisation et viendra compléter la cartographie début 2024.

Source : ANPMT

## Organiser une parole commune

Après avoir nommé et (dé)montré, l'ANPMT doit organiser une parole commune, représentative et emblématique pour incarner les ports territoriaux à l'échelle nationale. Cet objectif a clairement été fixé à l'ANPMT par ses membres qui souhaitent faire peser leurs points de vue dans les réflexions sur l'avenir de l'écosystème portuaire français.

Dominique Bussereau, personnalité qualifiée de l'ANPMT, a pu ainsi rappeler que, lors de la réforme portuaire de 2008, la loi a imposé une évolution de la gouvernance portuaire avec pour objectif de mieux associer les acteurs et ainsi favoriser les coopérations. Or, souligne-t-il, s'il était assez facile d'opérer cette transformation sur une dizaine de ports de même ampleur tels que les GPM, la tâche apparaît plus complexe pour les ports décentralisés. Pour autant, l'ancien Ministre estime que les ports territoriaux doivent s'unir pour faire face collectivement aux problèmes conjoncturels et parler avec l'État : « Tout cela nécessite une action coordonnée. Les GPM ont leurs outils fédérateurs, il est souhaitable que les ports maritimes territoriaux aient leurs outils fédérateurs. En cela, l'ANPMT a tout son rôle à jouer. »<sup>12</sup>

C'est également la conviction de Christophe Sueur, Conseiller Départemental de Charente-Maritime et Vice-Président Façade Atlantique de l'ANPMT, qui appuie : « Nous souhaitons avoir une expression commune dans nos relations avec les ministères, avoir un vrai porte-parole, une homogénéité de discours. »<sup>13</sup>

La tâche reste néanmoins ardue : comment organiser un discours partagé par des places portuaires aux identités, caractéristiques, enjeux aussi hétéroclites ? L'ANPMT entend ainsi relever le défi de construire cette réflexion qui, sans être monobloc, doit surtout savoir mettre en avant les problématiques communes, puis proposer une variété de réponses compatibles entre elles et contributives des stratégies nationales relatives aux ports et à la mer.

Aboutir à un tel discours nécessite de se connaître, d'échanger, d'entendre, de se comprendre, de réfléchir ensemble et de prendre collectivement de la hauteur, c'est-à-dire de dépasser le seul travail collaboratif. C'est ainsi faire œuvre d'intelligence collective et c'est tout l'objet de l'action désormais menée par l'Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux.

<sup>12</sup> Échanges tenus lors des Rencontres de la façade Manche-Mer du Nord, ANPMT, mars 2022.

<sup>13</sup> Échanges tenus lors des Rencontres de la façade Atlantique, ANPMT, mai 2022.

## *Contribuer à la transition de l'écosystème portuaire français*

### **Être en veille, organiser les échanges, partager les solutions**

L'ANPMT a choisi de tirer le meilleur parti de la spécificité de ses membres : leur hétérogénéité et leur répartition sur l'ensemble des façades. Si l'APLM travaillait essentiellement par projets, l'ANPMT s'appuie sur un principe de rencontres et d'échanges à plusieurs niveaux.

Des commissions thématiques, commerce et pêche, sont ainsi organisées. Elles réunissent les techniciens des ports sur des sujets préalablement définis collectivement et sur lesquels chacun apporte son expérience. En commission commerce, les sujets tels que la police portuaire, l'écologie industrielle et territoriale, la certification Ports Propres appliquée aux ports de commerce, la cybersécurité sont autant de sujets débattus. En commission pêche, les membres abordent les questions de soutien aux pêcheurs et à la filière pêche, d'impact sur les ports du retrofit des navires, de redevances d'équipement des ports. De façon générale, les membres attendent de l'association qu'elle les mette en relation afin de pouvoir échanger sur la gestion de leurs ports, leurs modes gouvernance, leurs stratégies de développement, la mise en application des directives et réglementations qui s'imposent à tous.

Ces commissions font ainsi le « pari des façades », c'est-à-dire qu'elles misent sur les expériences contrastées d'une façade à l'autre pour identifier les sujets qui comptent, dépasser la compréhension locale, puis faire émerger les solutions pragmatiques sinon applicables partout, du moins inspirantes pour tous. Ainsi que l'explique à titre d'exemple Olivier Macary, officier de la Marine Nationale, ingénieur en cybersécurité des infrastructures maritimes et portuaires, et préalablement stagiaire au sein de l'ANPMT sur la question des cyberattaques : « Les ports territoriaux ont des fonctionnements très diversifiés. Comprendre ces fonctionnements permet d'esquisser un panel de scénarios d'attaque que des hackers ou des organisations pourraient mener contre ces ports décentralisés. Cela permet ensuite d'envisager les risques potentiels de façon plus exhaustive et d'être mieux préparés pour les contrer. »

Les commissions peuvent également déboucher sur des actions collectives d'influence. La commission commerce a ainsi choisi, après réflexion partagée, de rédiger des courriers traduisant le positionnement et les questionnements des ports de l'ANPMT sur la mise en œuvre très pragmatique des missions de police. Ces courriers ont abouti à l'organisation d'une rencontre avec Éric Banel, Directeur Général des Affaires Maritimes, de la Pêche et de l'Aquaculture, en novembre 2022, puis à l'ouverture d'un dialogue ouvert sur cette question avec les services en charge au sein de la DGAMPA. Les liens

créés à cette occasion ont conduit ensuite à aborder d'autres sujets avec l'État et ouvert la possibilité à l'ANPMT de participer aux diverses réunions de travail ou de concertation organisées sur des sujets tels que le Guichet Unique Maritime et Portuaire, la feuille de route pour la décarbonation du maritime, la formation des Officiers de Port...

Suivant le même *modus operandi*, certains sujets peuvent faire l'objet de réunions spécifiques. Pour pallier l'arrêt des ateliers d'échanges des surveillants de ports jusque-là organisés par le Centre National de la Fonction Publique Territoriale, l'ANPMT reprend ainsi à partir de 2024, l'organisation et l'animation de ces réunions, avec pour optique de permettre aux surveillants d'aborder et résoudre des problématiques très concrètes. Ce faisant, l'ANPMT contribue à la formation professionnelle continue de ces agents.

L'ANPMT est enfin à l'origine de l'organisation des Rencontres de façade qui se sont déroulées de mars à mai 2022. La démarche a consisté à réunir en visioconférence les autorités portuaires et exploitants portuaires des ports territoriaux, par façade, qu'ils soient membres ou non de l'ANPMT. Il s'est agi d'échanger sur les sujets qui animent chaque façade maritime française et de recueillir l'avis des uns et des autres sur les problématiques portuaires à traiter collectivement et prioritairement.

Ces Rencontres de façade ont notamment confirmé l'importance d'une association représentative des ports de commerce et de pêche décentralisés. Elles ont également mis en évidence la nécessité d'imaginer de nouvelles formes de partenariat/gouvernance pour associer les ports territoriaux au secteur privé, aux GPM, à leurs réseaux fluvio-maritimes..., et ainsi mieux faire face aux mutations majeures déjà à l'œuvre.

### ***Faire collectivement face aux grands défis de notre temps***

Pour François Lavallée, Président de la CCI Littoral Hauts de France, Président de la SEPD Boulogne-Calais et Secrétaire de l'ANPMT, il ne fait pas de doute que le monde du commerce portuaire est en pleine mutation. Les ports territoriaux doivent se réunir, travailler ensemble et apprendre à se connaître pour ne pas rester à l'écart du développement. Ils doivent créer des liens avec les GPM, prendre conseil auprès des trois réseaux portuaires maritimes et fluviaux (Medlink, Haropa port et Norlink), échanger des compétences techniques et humaines, des données. Mais les GPM doivent également considérer les ports territoriaux comme des partenaires à part entière : « il est très important pour les GPM de pouvoir travailler avec des réseaux de ports territoriaux qui font la richesse de nos territoires : ils ont intérêt à ce qu'on vive, qu'on se développe. »<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Échanges tenus lors des Rencontres de la façade Manche, ANPMT, mars 2022.

De même pour Michel Segain, ancien transitaire, ancien Président de l'Union Maritime et Portuaire du Havre, de l'Union Maritime Portuaire de France et personnalité qualifiée de l'ANPMT, « dans un contexte mondial de plus en plus incertain, la concurrence s'intensifie sur tous les plans. Il importe ainsi, pour les ports français – et pas seulement pour les GPM – de travailler à accroître leur attractivité et à se mettre en situation de pouvoir répondre aux attentes et exigences nationales, européennes, internationales »<sup>15</sup>. Michel Segain appelle de ses vœux une alliance forte, à l'échelle des façades, entre autorités portuaires décentralisées, communauté portuaires privées et GPM. Il invite les acteurs à revenir à leur objectif commun de développement des ports pour construire une stratégie ambitieuse et intégrée, puis faire connaître en France et à l'international, les avantages concurrentiels offerts. Il voit enfin en l'ANPMT un chaînon essentiel pour appuyer la concrétisation de ces nouvelles alliances multi-scalaires et multi-partenariales au profit du développement de l'économie portuaire française.

Dans cette logique, et animée de cet esprit d'ouverture et d'échanges qui fait son ADN, l'ANPMT n'hésite pas à créer les liens qui permettront la prise de recul fructueuse. La convention de partenariat signée avec l'Union Maritime et Portuaire de France en novembre 2022 en est un exemple. Les deux structures paraissent partager peu de points communs : l'une représente les autorités portuaires et exploitants des ports décentralisés de commerce et de pêche, l'autre la communauté privée des Grands Ports Maritimes. Mais UMPF et ANPMT misent sur l'association de leurs différences pour prendre du champ et travailler des sujets qui leur restent néanmoins communs : décarbonation, données portuaires, cybersécurité, représentation nationale.

L'ANPMT entend ainsi prendre toute sa place au cœur de ces réflexions qui visent à repenser les relations d'interdépendances entre les acteurs de l'écosystème portuaire et susciter de nouvelles dynamiques. Forte de sa connaissance des ports territoriaux, elle entend montrer le potentiel de leur échelle et de leur diversité, assumer un rôle d'incubateur d'idées alternatives, faire les liens, jouer les transmetteurs. Elle entend révéler le terrain d'expérimentation et d'innovation que ces ports territoriaux peuvent incarner, en lien et complémentarités avec les Grands Ports Maritimes, c'est-à-dire en apportant des idées et des solutions que les GPM ne peuvent pas forcément proposer. La propulsion vélique n'aurait-elle pas ainsi vocation à s'ancrer dans les ports territoriaux plus faciles d'accès, mieux dimensionnés au regard des trafics et de la nature des cargaisons considérées ? Ne faut-il pas encore mettre à profit ce réseau de ports territoriaux si bien répartis le long de nos côtes pour penser l'avitaillement des navires en carburant alternatifs – et en particulier des navires de pêche – à l'échelle des façades ?

---

<sup>15</sup> Échanges tenus lors des Rencontres de la façade Manche, ANPMT, mars 2022.

**Figure 8 : Les ports de Fécamp et de Dieppe : des atouts à valoriser au profit de l'écosystème portuaire français**



Crédit photo Département de la Seine-Maritime



Crédit photo Stéphane Leroy

Il est évident en particulier que la communauté portuaire, dans toutes ses dimensions, doit s'unir pour lutter contre la dégradation de notre environnement, contre le changement climatique et relever les plus grands défis de notre temps. Les réponses à apporter ne pourront être en effet que collectives et systémiques. A bien des égards, les acteurs s'emploient déjà à cette union (Institut Meet 2050, feuille de route pour la décarbonation du maritime, appels à projet...). Dans cet élan, l'ANPMT fait sa part : étude de diagnostic environnemental et plans d'actions à l'échelle de dix ports (2018-2020), projet tutoré en partenariat avec l'École Nationale Supérieure de la Mer sur la décarbonation des flottilles de pêche et leur impact sur les ports (2022-2023), participation aux réunions de concertation avec l'État, etc.

Ainsi que Réjane Le Guillou, Directrice adjointe des ports départementaux de la Seine-Maritime, le rappelle, « en tant qu'autorité portuaire et exploitants, nous avons des devoirs, des ambitions et des objectifs en matière environnementale. »<sup>16</sup> Les ports doivent également mettre en œuvre les réglementations nationales et directives européennes concernant ces sujets cruciaux. Forte de ces constats partagés, l'ANPMT poursuit dans cette dynamique. Elle prépare dès à présent de nouvelles actions en faveur de la transition énergétique des ports, dans le but de leur permettre d'anticiper dans les meilleures conditions les mutations auxquelles ils devront nécessairement faire face.

### **Rassembler, intégrer et mettre les données en perspective**

Enfin, pour se positionner et prendre toute sa place au cœur de cet écosystème portuaire promis à de multiples changements, l'ANPMT rassemble, analyse et intègre des données à la fois quantitatives et qualitatives sur ses ports membres.

Dès 2016, les membres de l'APLM ont ainsi souhaité mener une étude en partenariat avec l'INSEE visant à estimer l'emploi induit et la richesse dégagée par les quatorze ports de commerce régionaux et départementaux de l'APLM. Fondée sur des données de 2013 et publiée en mars 2017, cette étude avait permis de montrer notamment qu'à l'échelle de la Mer Manche-Mer du Nord, 53 millions de tonnes de trafic de marchandises et 14 millions de passagers transitaient par ces quatorze ports ; les pêcheurs y débarquaient 96 610 tonnes de poissons, coquillages et crustacés pour un montant de 286 millions de recettes pour les territoires ; les ports y accueillaient enfin plus de 11 000 anneaux de plaisance. L'étude avait surtout démontré que ces places portuaires généraient 27 000 emplois<sup>17</sup> et contribuaient ainsi fortement au développement local et régional.

<sup>16</sup> Échanges tenus lors des Rencontres de la façade Manche-Mer du Nord, ANPMT, mars 2022.

<sup>17</sup> Insee Normandie, Dossier n°4, mars 2017.

L'ANPMT travaille à reconduire ce partenariat sur son nouveau périmètre. S'inscrivant dans la suite de la première étude de l'APLM, la démarche permettra de mesurer les évolutions. Mais, en temps voulus, elle pourra également contribuer à la dynamique impulsée par la DGITM dans le cadre de la mise en œuvre de l'Observatoire National de la Performance Portuaire, et qui vise à obtenir un panorama de la valeur ajoutée de l'emploi dans les ports à l'échelle nationale – démarche focalisée dans un premier temps sur les GPM.

En attendant la concrétisation prochaine de ce projet, l'association a sollicité auprès de ses membres en responsabilité sur les ports de commerce, des extractions de données provenant de leur *Port Community Systems* (escalas, tonnages, natures de marchandises, conditionnements, provenances et destinations, des années 2019 à 2022). Cette démarche, originale à cette échelle, permet de déterminer classiquement le poids et la nature des flux transitant par les ports mais aussi d'agréger cette donnée à l'échelle des autorités portuaires et des façades. Elle donne également des indications précieuses sur les connexions géographiques des différentes places portuaires. Si les informations – rassemblées à l'été 2023 – restent à ce jour en cours de traitement, elles révèlent d'ores et déjà que les ports de l'ANPMT entretiennent des relations commerciales avec la plupart des régions du monde, démontrant ainsi l'existence d'une dimension internationale des ports territoriaux.

Ces données seront régulièrement mises à jour, et complétées au fur et à mesure de l'entrée de nouveaux membres au sein de l'association. L'information ainsi régulièrement actualisée pourra être traitée sous forme de bilans analytiques et, le cas échéant, dans le cadre de partenariats avec le monde de la recherche portuaire. L'ANPMT souhaite en effet être partie prenante d'une infrastructure de données portuaires appelées de ses vœux par le milieu de la recherche. Forte de son appropriation toujours plus poussée des données disponibles dans les ports et de sa capacité à aller chercher cette information à l'échelle du réseau, l'ANPMT souhaite en particulier participer aux réflexions à venir sur cette infrastructure, laquelle a vocation à dépasser les indicateurs portuaires classiques (tonnages, etc.) pour mieux repenser l'analyse de l'écosystème portuaire français.

**Figure 9 : Les Sables-d'Olonne vue du ciel**

Source : Crédit photo Patrick Durandet – Photothèque CD 85

En définitive, l'ANPMT travaille en continu à préciser le plus finement possible les caractéristiques de ses ports membres au-delà des chiffres seuls. L'objectif consiste à établir une connaissance intégrée de chaque place portuaire : activités et acteurs, poids et impact économiques sur les territoires, caractéristiques physiques et géographiques, gouvernance, stratégies territoriales, mises en œuvre des réglementations et politiques publiques... Face aux singularités qui en font des objets portuaires uniques, il s'agit de déterminer les spécificités de chacun, leurs atouts, identifier les points de convergence et de divergence, pour ensuite les partager en réseau, créer des mises en relation fructueuses avec de potentiels partenaires (autres ports, acteurs économiques, futurs clients, institutions, recherches, etc.) et ainsi appuyer les ports dans un développement vertueux. Chaque question traitée, chaque étude menée par l'ANPMT fait ainsi l'objet d'une mise en perspective et d'une capitalisation de données à l'échelle de son périmètre : étude de diagnostic environnemental, étude sur la cybersécurité dans les ports, projets de décarbonation, mise en œuvre des missions de police portuaire, gouvernance des ports décentralisés, choix des modes d'exploitation portuaires, application des directives « déchets »...

Proche d'un objectif d'observatoire dont la visée serait opérationnelle, cette démarche de connaissance viendra naturellement contribuer ensuite à la construction d'une connaissance plus globale, à l'échelle nationale, en partenariat avec l'ensemble des acteurs du monde portuaire.

## Conclusion

Après trois années d'existence et de travail, l'Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux a su mettre en lumière les ports décentralisés/ territoriaux de commerce et de pêche. Révélant l'existence d'un réseau dense et structurant à l'échelle nationale, elle donne à comprendre la diversité et l'ancrage territorial de ces ports. Ce faisant, elle les repositionne dans leur rôle concret d'aujourd'hui, pour mieux aiguiller les regards vers celui qui pourrait être le leur demain. Nul doute que l'ANPMT a ainsi conquis sa place aux côtés des autres organismes représentatifs du milieu portuaire : UPF, ANEL, FFPP, Cluster Maritime, Départements de France, Régions de France, UMPF... Comblant le déficit de représentation de ces ports spécifiques, elle vient compléter le système des acteurs portuaires, et apporte une connaissance inédite et précieuse pour organiser la résilience des milieux portuaires face au contexte climatique et géopolitique incertain qui est le nôtre.

# L'intelligence artificielle et la blockchain au service de la décarbonation du transport

*Robin POTÉ*

*Directeur*

CIRCOE

Le Havre – France

*Baptiste OLIVIER*

*Responsable projet*

CIRCOE

Le Havre – France

*Mahnām SAEEDNIA*

*Enseignante-Chercheure*

Delft University – Transport Institute

Delft – Pays-Bas

## *Analyse de l'existant*

Le transport routier reste le mode principal pour transporter tout type de marchandise depuis le port vers n'importe quelle ville de France, la totalité du trajet se faisant par la route avec une livraison porte à porte. Ce moyen de transport a pour avantage de limiter le nombre de ruptures de charge et de prestataires avec qui travailler pour organiser le transport. Le coût de transport est ajusté avec le transporteur et une fois la livraison faite, une facture est émise et le paiement effectué. De même pour le terminal de stockage de la marchandise qui se situe sur le port.

En revanche depuis ces dernières années, on peut observer une augmentation des transports combinés (fer + route ou barge + route par exemple). Déjà fortement développé dans d'autres pays Européens, cela a pour avantage de diminuer les émissions de gaz à effet de serre d'un transport, désengorger les routes et villes, mais aussi dans certains cas faire des économies sur le coût de transport. Cette nouvelle organisation est la conséquence de différentes évolutions organisationnelles.

### **Empreinte écologique des transports**

De plus en plus de clients souhaitent que le produit qu'ils reçoivent ait un faible impact carbone. L'un des leviers est le transport, qui par route avec un camion diesel a l'un des impacts les plus importants, en plus du transport aérien. En conséquence, des solutions de transport combiné sont introduites, telles que le transport fluvial et ferroviaire, les derniers kilomètres étant évidemment couverts par camion ou, pour de plus petits volumes, par vélo cargo. Cette combinaison réduit les émissions de carbone.

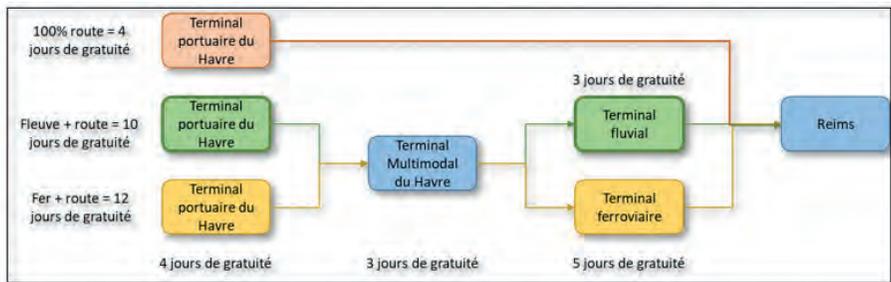
### **Mise en place de réglementation dans les villes**

Un nombre croissant de villes mettent en place une politique visant à réduire les émissions carbonees comme par exemple les ZFE (Zone à Faible Emission) interdisant la ville aux véhicules les plus polluants ce qui correspond en grande partie aux camions de livraison diesel. Les transporteurs sont donc dans l'obligation de trouver des solutions pour pouvoir livrer les centres-villes comme utiliser des entrepôts en périphérie et finir les livraisons avec des véhicules peu polluants comme des camions électriques (encore limité par les distances qu'ils peuvent parcourir) ou bien les vélos cargos ou des combinaisons navette fluvial plus vélo cargo.

## Evolution du prix de la route et des stationnements sur les terminaux

Actuellement, le coût du transport par la route est en forte augmentation due à l'accroissement du prix du gasoil. De plus, si on prend le cas d'un conteneur arrivé sur un terminal 10 jours avant la date de livraison, le client va se retrouver à devoir payer 10 jours de frais de stationnement sur les terminaux avant de prendre la route le dernier jour. Sur ces dix jours, cela peut varier en fonction des terminaux, mais en moyenne le free time est de l'ordre de 5 jours. En revanche, si l'on utilise le principe de multimodalité, il est possible de bénéficier des jours de gratuités de plusieurs terminaux et ainsi de ne pas payer de stationnement (Figure 1).

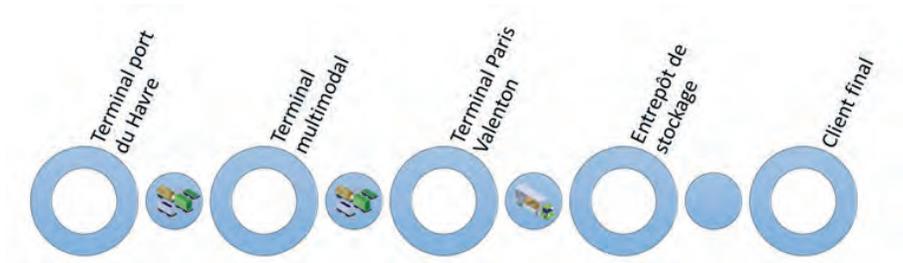
**Figure 1 : Illustration de l'évolution des prix sur les solutions multimodales de transport d'un conteneur entre le port du Havre et Reims**



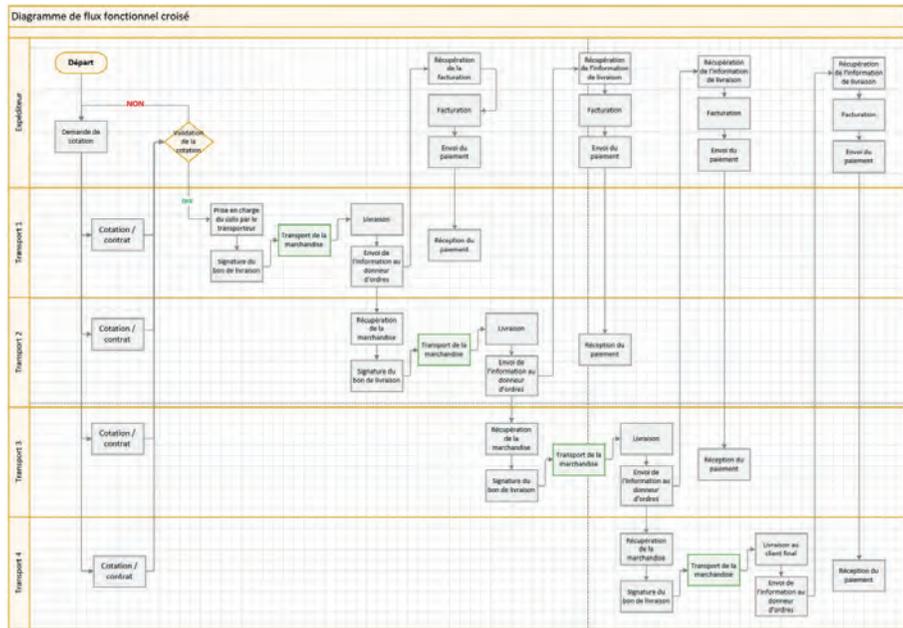
Source : Les auteurs

L'utilisation de la multimodalité dans les transports accroît le nombre de procédures administratives et opérations financières pour l'ensemble des prestataires. Cette augmentation des procédures peut entraîner des retards dans le paiement et mobiliser un nombre important de ressources. En effet, pour chaque prestataire, il sera nécessaire d'établir et de valider un contrat puis une fois la mission réalisée d'établir une facture et le paiement de ces derniers. Une fois la prestation réalisée, le prestataire envoie la facture avec les preuves de livraison par mail, avant de pouvoir être payé. Cette partie est à répéter pour chaque prestataire engagé. En cas de litige, les procédures sont allongées pour retrouver la raison de ce litige (Figure 2).

**Figure 2 : Diagramme des procédures administratives et des processus financiers : le cas d'une palette arrivée au port du Havre et livrée dans le centre de Paris en utilisant les transports combinés**



Source : Les auteurs



Source : Les auteurs

## *Les potentiels offerts par la Blockchain et les Smart Contracts*

Un smart contract est une des fonctionnalités qui est apparue grâce à la Blockchain. La Blockchain que l'on peut traduire chaîne de bloc permet d'encoder et sécuriser un certain nombre d'informations ou d'opérations comme un transfert financier. Une fois l'opération réalisée, elle est de suite ajoutée à un bloc qui sera cryptographiée et horodatée. Par la suite, le bloc sera ajouté à la chaîne de bloc puis le destinataire de l'opération recevra son bien. L'objectif de la Blockchain est de protéger les données, car elles sont encodées et non lisibles sans clé de décryptage. Dès lors qu'un bloc est ajouté à la chaîne, il n'est plus possible de le modifier. Si une modification est apportée à l'opération, cela génère un nouveau bloc qui sera ajouté et horodaté dans la chaîne. Ce qui permet de voir l'historique des modifications. En outre, si le bloc subi une opération de piratage, il ne sera pas modifié car il est enregistré sur les serveurs des différentes personnes parties prenantes de la chaîne de bloc.

La Blockchain est notamment utilisée pour la rédaction de smart contract. Ces smart contracts sont réalisés et validés entre deux parties. Une fois celui-ci validé, il est ajouté à un bloc puis encodé et ajouté à la chaîne de bloc.

Une fois les conditions du contrat validées alors le résultat est automatiquement envoyé. S'il s'agit d'opération financière. Le virement est fait automatiquement, avec aucune possibilité de revenir en arrière ou modifier le montant sauf si une condition spécifique a été ajoutée.

### **Cas d'application des smart contracts dans les transports multimodaux**

Dans le but de simplifier les opérations administratives et financières en forte croissance dû à la mise en place des transports combinés. Il est possible de créer un portefeuille fictif (une étiquette QR CODE) apposé directement sur la marchandise avec le montant du transport. Ce portefeuille est rempli au départ de la marchandise à la suite de la validation des smart contracts avec les transporteurs. Ensuite lors du transport, lorsqu'une étape est validée, le prestataire peut alors scanner le QR CODE et ainsi valider les conditions du smart contract pour récupérer directement le montant de sa mission. En parallèle de cela, la facture sera automatiquement envoyée aux différentes parties. Ce système de portefeuille a pour avantages de :

- Supprimer les échanges de mails et les opérations manuelles.
- Consolider les contrats, aucun changement du contrat ne peut être

fait par l'un ou l'autre des parties sans qu'un nouveau bloc soit créé dans la blockchain.

- Les mouvements administratifs seront effectués directement dès lors que les conditions du smart contract seront réunies.
- Portefeuille sécurisé, inviolable grâce à l'encodage des données.

Le processus d'utilisation de ce nouveau système se décline comme suit :

### Choix et cotation des transports

De la même manière que précédemment, le donneur d'ordre devra choisir les différents modes de transports empruntés et à la suite avec chaque prestataire se mettre d'accord sur la livraison, les dates et heures, les lieux, le moyen de transport utilisé et le coût du transport.

### Validation des smart contracts

Une fois les données validées par chaque partie, un smart contract est rédigé avec le montant et les différentes conditions à réaliser par le transporteur lors de la mission. Le contrat est ensuite ajouté à un bloc puis encodé et placé dans la blockchain permettant ainsi de le sécuriser et le rendre immuable. Ces contrats seront à établir pour chaque transporteur mais aussi pour les différents terminaux se trouvant le long de la chaîne de transport.

### Installation d'un QRCODE sur la marchandise pour créer un portefeuille numérique

Quand les contrats sont validés, le donneur d'ordre appose un QRCODE sur la palette avec à l'intérieur de celui-ci un portefeuille digital contenant le montant global du transport. Le montant du portefeuille est soit en cryptomonnaie soit en euros. Cela permettra à chaque prestataire de pouvoir récupérer le montant qui leur est attribué au moment du scan du QRCODE.

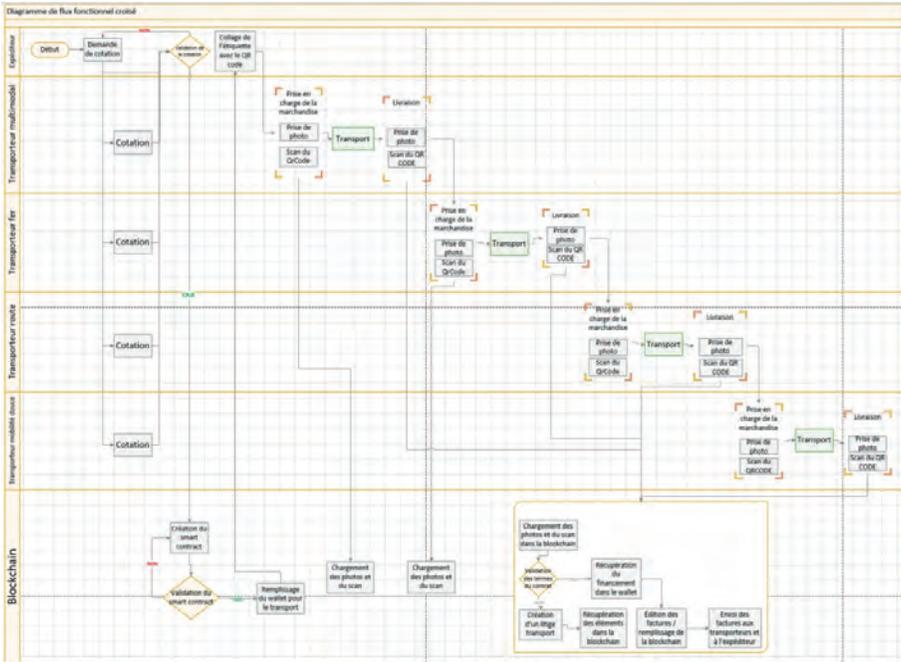
### Prise en charge de la marchandise par le transporteur

Lorsque la marchandise est prise en charge par le transporteur, le QRCODE est scanné lui permettant de valider la prise en charge. À la suite de cela, il prend en photo la marchandise au départ pour valider l'état de celle-ci et transmet cette information dans la blockchain permettant lors de litiges sur l'état de la marchandise d'avoir des preuves. À la suite de cela, la marchandise est chargée et transportée jusqu'à la destination suivante. À partir du moment où la marchandise est arrivée, le transporteur prend en photo de la même manière qu'au départ la marchandise pour valider le fait

qu'il n'y a pas de dégradation du produit. Cette étape peut être supprimée dans le cas d'un conteneur complet. Ensuite, il scan le QR CODE et débloque la somme dans le portefeuille correspondant à la mission ainsi que l'édition de la facture qui est envoyée aux différentes parties. Le transporteur suivant prend ensuite le relais.

Le portefeuille sécurise un montant égal aux paiements fixes convenus, par exemple, il ne prend pas en compte les coûts des terminaux le long de la chaîne. En effet, le nombre de jours de stationnement peut varier si des navettes ferroviaires sont pleines, la marchandise sera replacée sur le jour suivant ajoutant des frais de stationnement. Si un décalage de ce type a lieu, le portefeuille virtuel sur la palette ne contiendra pas la bonne somme et aura un défaut de paiement qui ricochera sur les prestataires suivants.

**Figure 3 : Diagramme des procédures administratives et des processus financiers dans le cas d'un Smart Contract et l'usage de la blockchain**



Source : Les auteurs

## Livraison du client final

Livraison de la marchandise par le dernier transporteur, une fois la livraison faite, il scanne le QR CODE pour récupérer la fin du montant dans le portefeuille et édite ainsi sa facture. La totalité du transport étant terminée, l'ensemble des conditions des smart contracts sont validées et un récapitulatif est envoyé au commanditaire (Figure 3).

## *Les bénéfices de la solution*

### **Allègement des procédures administratives**

Ce nouveau moyen de paiement a pour objectif de sécuriser les transactions et diminuer le nombre de manipulations administratives nécessaires. Cela permet de désengorger certains services et réaffecter les ressources sur d'autres tâches.

### **Paiement des transporteurs**

Pour ce qui est du paiement, ayant lieu suite au scan du QR CODE situé sur la marchandise, le smart contract étant établi si les conditions sont validées alors le paiement est direct et la facture est expédiée à l'ensemble des parties. Ce système permet de sécuriser les transferts financiers et d'éviter les erreurs comptables.

### **Sécurisation des transactions**

L'ensemble des opérations financières et les contrats passeront par la blockchain, ce qui permet de sécuriser et de garantir la conformité de chaque mouvement. Les contrats sont immuables, il est donc impossible de faire des modifications de contrat de la part du donneur d'ordre ni de retirer une somme différente de celle prévue dans le contrat. Le virement étant automatique et sans opération humaine. Pour ce qui est des modifications dans les contrats, tout changement entraîne la création d'un nouveau bloc avec un horodatage. On ne peut modifier un bloc déjà encodé, cela permet de conserver un historique des modifications.

### **Gestion des litiges**

En cas de litiges, l'ensemble des informations se situeront dans la blockchain ce qui permet de retrouver l'ensemble des éléments (photo de la marchandise). De plus, si des modifications ont été apportées

au contrat, il sera possible de retrouver l'historique et les dates de ce changement.

### **Lien avec l'internet physique**

L'Internet physique est un concept de logistique et de chaîne d'approvisionnement qui vise à créer un réseau de transport de marchandises plus efficace et durable en appliquant les principes de l'Internet numérique à la circulation des marchandises physiques<sup>1</sup>. Cette idée favorise la modularisation et la standardisation des conteneurs maritimes (ou palettes, conteneurs standards et modulaires qui accueillent tous les différents colis, caisses, etc.), facilitant ainsi le transit des marchandises entre les différents modes de transport, transporteurs et terminaux. Le système proposé s'aligne sur l'idée de l'IP et facilite sa mise en œuvre de plusieurs façons. L'utilisation de codes QR et de contrats intelligents s'harmonise avec ce concept en assurant des processus de documentation et de paiement numériques normalisés. De plus, le fait d'avoir la chaîne de blocs au cœur de la chaîne assure la transparence et la sécurité de toute la chaîne d'approvisionnement. L'Internet physique envisage un réseau de confiance similaire où les parties prenantes peuvent compter sur l'exactitude et l'intégrité de l'information liée au mouvement des marchandises. La blockchain garantit que les données concernant la collecte, l'état et la livraison des marchandises sont valides, assurant ainsi les objectifs de transparence de l'Internet physique. Un objectif important de l'Internet physique est l'échange transparent de marchandises entre différents modes de transport (routier, ferroviaire, aérien, maritime, etc.). Grâce à l'utilisation de contrats intelligents et de codes QR, le processus d'échange et de validation des conditions est simplifié, ce qui réduira les retards et les erreurs. L'utilisation du code QR avec des photos de marchandises fournira une visibilité supplémentaire, élément essentiel dans le cadre de l'Internet physique pour assurer que les marchandises sont transportées efficacement et sans dommages.

---

<sup>1</sup> Montreuil, B., R.D. Meller et E. Ballot, *Towards a Physical Internet: the impact on logistics facilities and material handling systems design and innovation*. 2010.

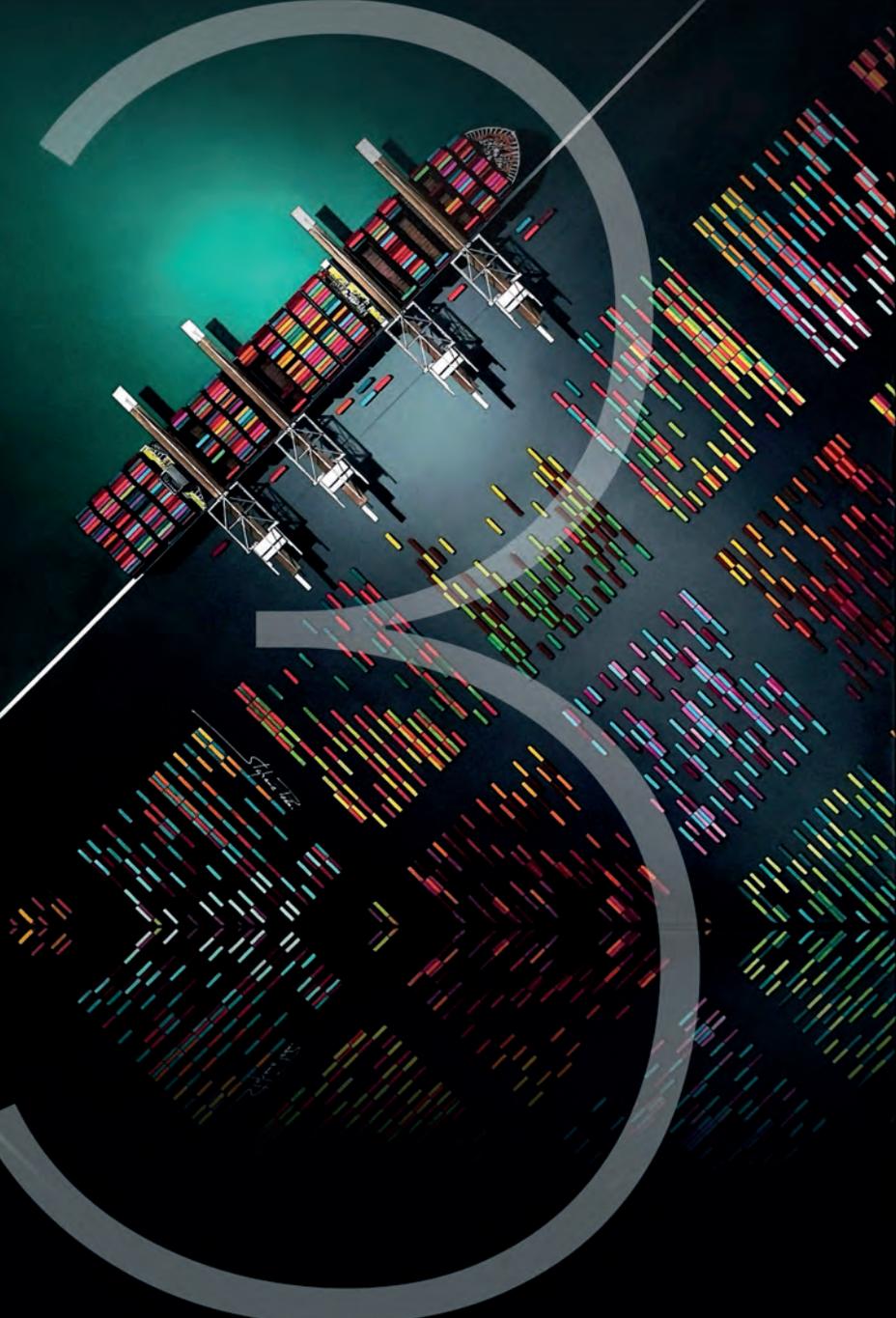
## Conclusion

La réduction des émissions carbone dans le transport nécessite d'organiser des chaînes de plus en plus complexes associant différents modes de transport (fluvial, ferroviaire, vélo, ...). La gestion de chaque maillon de la chaîne génère de nombreuses tâches administratives qui peuvent mettre à mal la compétitivité de ces chaînes. Il est donc nécessaire de repenser l'organisation et de développer des technologies qui automatisent les tâches. L'avancée de l'intelligence artificielle et des technologies blockchain, notamment les smart contracts permettent de répondre à cet enjeu. La marchandise peut ainsi embarquer le paiement des différents transporteurs à l'image d'un timbre électronique. Les transactions sont sécurisées et les tâches administratives réduites grâce aux smart contracts. La mise en œuvre d'une telle solution doit passer par une phase d'expérimentation sur une chaîne multimodale afin de mettre au point les process et évaluer les bénéfices pour les opérateurs de la chaîne de transport. Le déploiement à grande échelle permettra de concourir à la mise œuvre du concept « d'internet physique ». La marchandise embarquant un moyen de paiement du transport passera par différents opérateurs qui assureront son acheminement au destinataire en optimisant coût, impact carbone et transit time.



# PROJECTION

L'INTELLIGENCE PORTUAIRE



*Stephane Tardif*

# Environnement et santé dans les villes portuaires : quelles données pour une analyse comparative au niveau mondial ?

*César DUCRUET*

*Directeur de recherche*

CNRS – UMR 7235 EconomiX – Université Paris Nanterre  
Paris – France

*Mariantonia LO PRETE*

*Enseignante-chercheure*

Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) – Laboratoire Territoires,  
Villes, Environnement et Société (TVES ULR 4477)  
Dunkerque – France

*Mama Astou SENE*

*Ingénieure d'étude*

CNRS – UMR 7235 EconomiX – Université Paris Nanterre  
Paris – France

*Barbara POLO-MARTIN*

*Etudiante Post-doctorale*

CNRS – UMR 7235 EconomiX – Université Paris Nanterre  
Paris – France

## Introduction

En raison de leur côté scandaleux, très connues sont les images des mouettes mazoutées, ou des barils rouillés qui, provenant d'une épave au naufrage méconnu, remontent à la surface de la mer au large du port de Gioia Tauro, ou encore celles évoquées par le roman *Gomorra* : images des « entrailles des conteneurs » vidées dans le port de Naples où « des années de déchets poussés vers la rive par les marées ont formé une nouvelle couche [et où les] bateaux vident leurs latrines et nettoient leurs soutes, laissant couler dans l'eau une mousse jaune » (Saviano, 2007, p.15 et p.19). Mais s'il est assez courant d'être confronté à ces images, qui nous renvoient directement à la relation qui existe entre l'exploitation d'un port de commerce, comme instrument de puissance économique (Miossec, 2004), et l'environnement, au sens de milieu naturel et de milieu anthropique (Berque, 2000), ce l'est beaucoup moins pour les images qui concernent la relation qui existe entre le port et la santé de la population locale. La santé est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme « un état de complet bien-être physique, mental et social, [qui] ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (Préambule de la Constitution de l'OMS, 1948) : cette approche permet de considérer l'individu non seulement de manière abstraite et séparée de son environnement mais aussi de manière concrète, en lien avec le milieu dans lequel il vit.

Or, les villes portuaires ont ceci de particulier que le port est à la fois un facteur de croissance économique et une source de coûts sociaux et environnementaux (OCDE, 2014). De multiples activités viennent se greffer à celles strictement portuaires, provoquant au final une combinaison complexe de pollutions de la terre à la mer. Les trois-quarts de la pollution du transport maritime se concentre près des côtes, en plus de la pollution des navires à quai, du stockage, de la manutention, des services portuaires, du transport terrestre, et d'une grande variété d'industries. La migration des activités portuaires modernes vers l'eau profonde, en des sites plus propices à la massification et aux économies d'échelles, fut une solution adoptée par de nombreuses villes non seulement pour redévelopper leur front de mer, mais aussi pour réduire les impacts des activités potentiellement néfaste pour l'environnement. Mais cette mutation n'a fait que déplacer le problème ailleurs (Lo Prete, 2023), souvent dans des sites naturels encore vierges, à l'instar des pôles industrialo-portuaires des années 1970 ou encore des zones franches. Ceux-ci sont bien souvent entourés d'une communauté locale à profil socio-économique défavorisé (Bertoncello et Hagel, 2016 ; Domingo et al., 2020 ; Marquès et al., 2020). En particulier, les terminaux à conteneurs sont principalement desservis par la route, le mode le plus polluant, sans compter les problèmes fréquents de congestion et le repositionnement des

conteneurs vides (Gibbs et al., 2014). En Europe par exemple, 27 % du trafic portuaire se concentrait dans les 10 premiers ports en 2019, 39 % dans le top 20, tandis que les 10 premiers ports à conteneurs concentraient 72 % du total. Cela tient du chemin de dépendance selon lequel les grands port viraquiers sont pour la plupart également des plateformes logistiques pour les conteneurs (Ducruet, 2013). Selon un rapport publié par les Nations Unies, le transport maritime a non seulement un impact majeur sur l'environnement et la santé humaine, mais aussi contribue au réchauffement climatique et aux conditions météorologiques extrêmes (CNUCED, 2019, p.78). Le transport maritime et les activités portuaires associées sont donc une cause importante de vulnérabilité environnementale.

La pléthore d'études d'impact économique visant à mesurer la valeur ajoutée des ports a bien souvent laissé place aux études d'impact environnemental. Pour autant, il reste difficile de monter en généralisation à cause du manque de données, de la difficile comparabilité des villes portuaires qui diffèrent de par leur morphologie, topographie, leur site et situation, direction des vents dominants, climat, limites territoriales, tirant d'eau, volume et spécialisation de trafic, intermodalité, taille et étendue de l'arrière-pays, capacités logistiques, productivité, statut administratif, et type d'administration.

Si les impacts environnementaux sont de mieux en mieux mesurés et connus d'un lieu à un autre (Bjerkkan et Seter, 2019 ; Iris et Lam, 2019 ; Sdoukopoulos et al., 2019 ; Azarkamand et al., 2020 ; Contini et Merico, 2021), ceux sur la santé des populations locales (résidents et travailleurs) reste encore un terrain quasiment vierge dans la littérature sur le sujet. On estime pourtant à 50000 par an le nombre de morts prématurées due au « shipping » en Europe. Les émissions des navires, comme l'oxyde de soufre (SOx), les particules fines (PM) et les oxydes de nitrogène (NOx) favorisent les cancers des poumons et de la gorge, les maladies cardiovasculaires, ou encore l'asthme infantile. De fait, les travaux sur l'environnement et ceux sur la santé diffèrent en tous points (Figure 1). Tout au plus peut-on leur trouver trois points communs : l'analyse à une échelle intra-urbaine, l'importance accordée au géocodage (localisation des zones/individus impactés, vents dominants), et la même difficulté à décomposer les différentes sources de pollution, qui interfèrent en milieu urbano-portuaire (Lo Prete, 2023). Comme dans toute étude d'impact, la relation entre cause et effet est une difficulté commune, ainsi que la variabilité temporelle des phénomènes, notamment le manque de données permettant de comparer la situation avant et après la mise en place de mesures de protection des populations et de l'environnement.

Le présent chapitre est un effort de synthèse visant à faire le point sur la littérature scientifique portant sur la santé en milieu portuaire, et sur les données permettant de passer du monographique aux comparaisons

internationales, afin de dégager des tendances et une possible typologie des territoires concernés.

Nous partirons d'un cadre théorique pour expliquer comment depuis la vision des années 1970 on arrive à une perspective qui ne se limite pas à une vision étroite de l'environnement mais qui est plus globale (Cicoella, 2017) et nous mettrons l'accent sur certains travaux issus de la littérature scientifique pour comprendre la portée, les limites et les lacunes des travaux de recherche spécifiques à l'articulation entre territoire portuaire et santé. Enfin, nous ferons une proposition d'analyse de l'environnement et de la santé dans un contexte portuaire global pour voir quelles typologies ressortent dans le but de cibler les principaux facteurs que l'intelligence portuaire doit prendre en compte pour favoriser l'intégration de la santé dans le développement du système portuaire.

**Figure 1 : Comparaison des études environnementales et sur la santé**

Caractéristiques	Etudes environnementales	Etudes sur la santé
Spécialisation	Recherche opérationnelle, sciences de l'environnement, recherche en transports, sciences sociales	Sciences médicales (cf. santé publique, épidémiologie), interdisciplinaire
Méthodologie	Mesure et cartographie des pollutions considérées comme risques pour la santé	Echantillon de population, modélisation, corrélation entre exposition aux risques et santé
Données et suivi	Pollutions et émissions depuis différentes sources, géocodage	Admissions aux urgences hospitalières, morts prématurées, maladies, statut socio-économique, genre, âge
Échelles d'analyse	Terminal, interface ville-port et arrière-pays	Quartiers urbains portuaires et non portuaires
Comparabilité et temporalité	Comparaisons, statique	Monographies, séries temporelles
Aide à la décision	Solutions techniques et/ou organisationnelles, implications politiques (ex : aménagement)	Acteurs et gouvernance peu abordés
Impacts sur la santé	Impacts parfois implicites mais majoritairement non abordés directement	Impacts explicites

Source : Les auteurs

## *L'articulation entre territoire portuaire-environnement et santé : vers une intelligence plus globale et englobante ?*

Les travaux de recherche sur la prise en compte de l'environnement dans le développement portuaire ont proliféré depuis les années 1970, lorsqu'un arsenal juridique environnemental a commencé à se forger. C'est sur le sillage de la littérature ayant émergé dès les années 1960-1970 aux États-Unis sur les inégalités environnementales qu'un cadre théorique commence à se bâtir également en Europe. Par rapport aux ports de commerce, si les premières études exploraient la dimension environnementale comme une contrainte (Comptois & Slack, 2005), comme un défi pour les autorités portuaires, ou encore comme une source de conflit (Lo Prete, 2012), d'autres travaux ont développé une vision élargie de ce que l'on peut entendre par environnement (Allen, 2010) en s'appuyant sur deux concepts-clé.

Le premier est celui de santé environnementale, qui selon la définition donnée par l'OMS « comprend les aspects de la santé humaine, y compris la qualité de la vie, qui sont déterminés par les facteurs physiques, chimiques, biologiques, sociaux, psychosociaux et esthétiques de notre environnement. Elle concerne également la politique et les pratiques de gestion, de résorption, de contrôle et de prévention des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter la santé des générations actuelles et futures » (OMS/ Europe, 1994).

Le deuxième est le concept polysémique, multi-scalaire et multi-dimensionnel de vulnérabilité (Becerra, 2012), « soit comme présupposé intérieur de la menace du développement portuaire, soit comme effet tangible de l'impact de ce développement sur la qualité du milieu de vie » (Lo Prete, 2015, p. 214). Il permet de faire évoluer l'analyse de la relation port-environnement et santé de manière à englober la menace que les activités portuaires constituent pour la qualité du milieu de vie des riverains.

Or, si avec la notion de santé environnementale l'accent est surtout mis sur les facteurs qui peuvent être susceptibles d'affecter la santé, c'est-à-dire les causes des pollutions (comme par exemple la pollution atmosphérique qui peut être une cause de maladies respiratoires), avec la notion de vulnérabilité l'accent est aussi mis sur les individus qui subiraient les menaces et les effets. La perspective académique qui s'instaure grâce à l'articulation de ces deux concepts est aujourd'hui celle qui défend une vision plus globale de l'environnement (Cicoella, 2017) pour que la question de la santé puisse être englobée. Mais nous ne sommes qu'au début de la réflexion car les postures académiques ne sont pas uniformes et les méthodologies sont aussi

très variées, ce qui rend ce domaine de recherche encore très fragmenté. Néanmoins, l'avantage de ce manque d'uniformité est qu'il est possible de contribuer à la réflexion différemment selon les objets et les espaces de recherche traités ainsi que selon la méthodologie utilisée.

Dans la littérature académique des vingt dernières années, seule une poignée d'articles scientifiques proposant une approche quantitative de la relation port-santé ont pu être identifiés. Leur majorité porte sur des cas italiens, ce qui fut justifié selon Attardi et al. (2012) par le fait que ces villes « représentent actuellement la plus sérieuse criticité sociale liée aux relations entre environnement et risques humains ». Ailleurs qu'en Italie, bien entendu, la prise en compte des risques est également une priorité, à tel point que l'on a pu dire du port de Los Angeles qu'il « tuait des gens » (De Lara, 2018 – *This port is killing people*).

Dans le cas de Civitavecchia, un échantillon de 71362 individus furent analysés sur la période 1996-2013 (Bauleo et al., 2019). Les auteurs conclurent que la population vivant dans des zones avec les plus fortes concentrations de  $PM_{10}$  ou  $NO_x$  étaient plutôt jeunes (18-44 ans) et avaient un statut socio-économique défavorisé par rapport aux individus résidant dans des zones moins polluées. De plus ils conclurent que vivre près du port était associé à une plus forte mortalité liée aux cancers et maladies neurologiques.

Pour Brindisi, sur la période 2001-2007, un risqué accru (mesuré par les admissions hospitalières en urgence pour des maladies cardiaques, respiratoires et cérébrales) fut observé quand le vent dominant venait du port et de la zone industrielle, même si le niveau des émissions de  $PM_{10}$  et  $NO_2$  restaient en-dessous des limites légales, et que les résultats n'étaient pas pleinement significatifs (Gianicolo et al., 2013).

A Tarante, 321356 individus furent enrôlés dans l'étude de cohorte comprenant un suivi sur la période 1998-2008. Les résultats montrèrent que le district le plus proche du port (et des aciéries) était au final moins affecté qu'un autre plus éloigné mais plus exposé à cause de la topographie. Le profil de ce dernier se révélait être typique des zones critiques dans les villes portuaires : jeune âge, statut socio-économique défavorisé, avec les émissions de  $SO_2$  les plus élevées (Vigotti et al., 2014).

Viana et al. (2020) menèrent une étude d'impact sur la santé dans huit villes européennes (Athènes, Barcelone, Brindisi, Gênes, Melilla, Msida, Nicosie, Venice) sur la période 2007-2016. En particulier, l'étude portait sur la relation entre consommation de carburant et santé. Le résultat principal fut que le transport maritime cause moins de morts prématurées que le trafic routier, même si les deux émissions sont comparables en magnitude.

Gillingham et Huang (2021) ont utilisé des données de trafic portuaire et administratives au niveau des patients entre 2001 et 2016 pour démontrer

que la pollution de l'air provenant des ports américains U.S. ports affecte la santé, avec un impact trois fois plus important pour les personnes noires que pour les personnes blanches.

Enfin à Rouen, 1<sup>er</sup> port européen pour les céréales, une étude d'impact environnemental (Morin et al., 2013) a pu préciser que malgré les émissions importantes de poussière (PM<sub>10</sub>) dans l'environnement proche du port, le danger potentiel pour les populations locales restait relativement mineur, en termes de pesticides, mycotoxines et microflore (bactéries, champignons et levures). Ceci grâce à la pose de filtres au niveau des silos diminuant la diffusion de ces particules provenant de l'agriculture massive, et au regard de l'aménagement de nouveaux « éco-quartiers » proches des terminaux céréaliers.

Ce tour d'horizon des contributions académiques sur le sujet laisse à penser que ce sujet pourtant si crucial – 40 % de la population européenne est littorale, et concentrée dans des villes – reste sous-exploité et quasiment vierge. L'une des façons de combler ces lacunes est de prendre du recul en proposant, dans ce chapitre, un panorama des données permettant l'analyse comparative, et d'esquisser quelques premiers résultats statistiques, en vue d'une typologie des villes et régions portuaires en Europe et dans le monde.

## *Vers une typologie mondiale des régions portuaires*

### **Données disponibles et résultats préliminaires**

La proposition d'analyser environnement et santé dans un contexte portuaire de façon systématique pose avant tout la question des limites de l'étude et des sources statistiques disponibles. De fait, les données sur le niveau de pollution ou la santé au niveau local n'existent de façon massive qu'à certains échelons territoriaux. A ce titre, la base de données territoriales<sup>1</sup> de l'Organisation pour la Coopération et le Développement Economique (OCDE) s'impose comme la seule source possible pour mener une telle analyse, comprenant des données variées pour environ 2000 régions et 30 pays. L'unité spatiale de référence est donc une entité administrative infranationale à deux niveaux, les petites et grandes régions<sup>2</sup>. Toutes les autres données s'alignent donc sur le périmètre de ces régions (Figure 2), à commencer par les données maritimes et portuaires.

<sup>1</sup> <https://www.oecd.org/regional/regional-statistics/>

<sup>2</sup> Pour les Etats-Unis, l'unité de base est fonctionnelle (179 *economic areas*) contrairement aux autres pays. Le niveau supérieur est composé des 50 Etats plus le District de Columbia.

Le dummy « port » est un premier pas vers la compréhension du rôle local de celui-ci. En Figure 3 par exemple, le taux de mortalité et la quantité de gaz à effet de serre sont supérieurs dans les régions portuaires. Ce n'est pas le cas, en revanche, de l'espérance de vie, qui est plus longue en présence d'un port, ni du niveau de PM2.5, montrant par-là que les relations entre pollution, santé, et activité portuaire sont complexes.

L'objectif de notre analyse est d'évaluer le rôle des ports dans le niveau de pollution et de santé local au sens large, c'est-à-dire sans connaissance de la pollution maritime et portuaire en tant que telle. L'idée est de confronter des indicateurs de trafic aux données régionales socio-économiques pour en tirer des conclusions en termes de relations plus ou moins directes ou indirectes. En l'absence de données plus fines sur les navires eux-mêmes (année de construction, type de moteur...), il n'est pas possible d'estimer la pollution maritime. Il en va de même pour la pollution des terminaux et de la pollution à terre (industries, transport). Ainsi, les données portuaires portent plutôt sur les flux de navires rapportés à l'année, telles que le trafic total, par type de navire (conteneurs, vracs liquides, vracs solides, passagers et véhicules), et le temps d'escale moyen. Un dummy pour l'appartenance à une zone ECA (Emission Control Area) vient s'ajouter à cette liste.

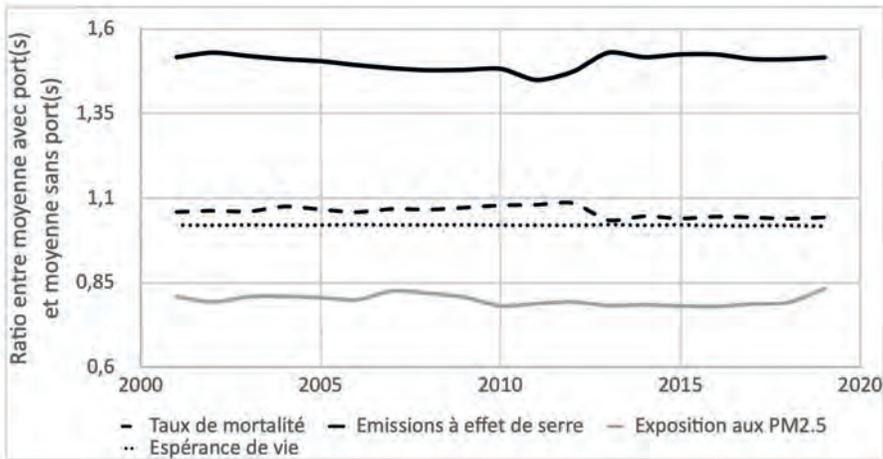
**Figure 2 : Panorama des données disponibles à l'international**

Catégorie	Variable	Description
<b>Port</b>	Trafic total	Tonnes de port en brut
	Conteneurs, produits chimiques, pétrole brut, croisière, marchandises générales, gaz liquide, tanker, passager et véhicules, services portuaires, vrac solide	Tonnes de port en brut ou %
	Temps d'escale moyen	Nombre moyen de jours à quai
	Emission Control Area (ECA)	Appartenance (1) ou non (0)
<b>Géographie</b>	Altitude	Mètres
	Vitesse du vent	Noeuds
	Précipitations	0,01 pouces
	Température	Fahrenheit
<b>Pollution</b>	Emissions de particules fines (PM2.5)	Niveau moyen d'exposition de la population locale ( $\mu\text{m}/\text{m}^3$ )
	Emissions totales de CO <sub>2</sub> – équivalent	Tonnes métriques
	Emissions totales de CO <sub>2</sub> – équivalent par source (transport, industrie)	%
<b>Santé</b>	Taux de mortalité	1/1000
	Taux de mortalité par cause (système respiratoire, système circulatoire, transport)	%
	Espérance de vie à la naissance	Nb. d'années

Catégorie	Variable	Description
Economie et société	PIB par habitant	US\$ par habitant
	Densité de population	Nb. habitants / km <sup>2</sup>
	Emploi dans industrie légère, industrie lourde, production d'énergie, transport et hôtellerie	%

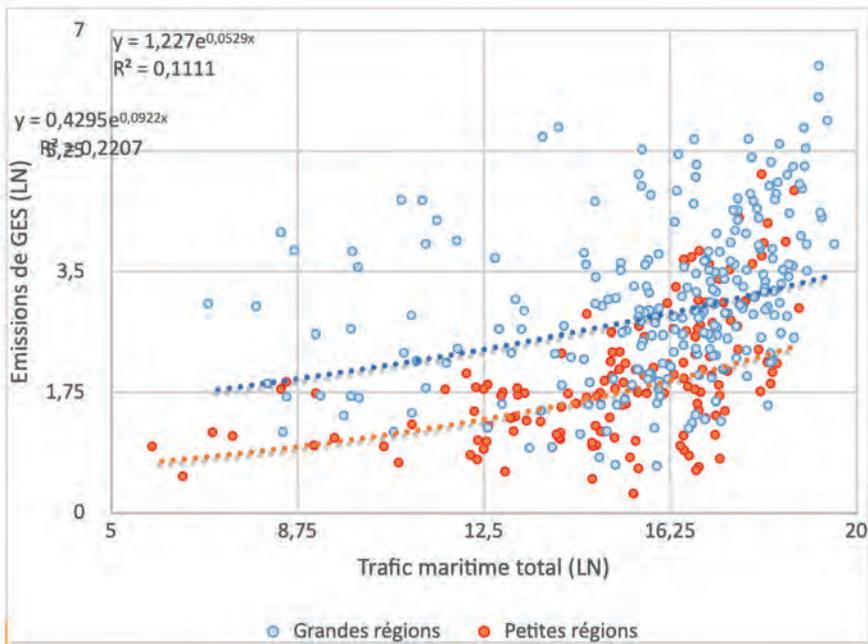
Source : Les auteurs

Figure 3 : Régions portuaires vs. Régions non-portuaires, 2001-2019



Source : Les auteurs

Comme le montre la Figure 4, trafic maritime et émissions de gaz à effet de serre (GES) n'entretiennent pas de relation statistique réellement significative. De fait, un petit nombre de régions portuaires possède un trafic faible et pollue beaucoup, tandis que la majorité des régions révèle une certaine proportionnalité entre les deux variables. La corrélation entre trafic et pollution est ainsi diminuée par l'existence de ces régions hors du commun. Ceci peut s'expliquer par le fait que certaines grandes villes maritimes ont perdu l'essentiel de leur fonction portuaire, mais continuent de polluer eu égard aux autres fonctions économiques et à la taille de leur population. A l'inverse, de grands ports peuvent ne pas polluer outre mesure, grâce à l'adoption de mesures préventives en termes de fluidification du transport et de transition énergétique, mais aussi par rapport à leur spécialisation.

**Figure 4 : Corrélation entre trafic portuaire et émissions de GES en 2018**

Source : Les auteurs

## *Principaux résultats*

### **Tendances générales**

L'analyse multivariée fournit une vue d'ensemble grâce à la réduction de l'information contenue dans le tableau initial, comprenant toutes les régions et toutes les variables (Figure 5). Tout d'abord, on observe que la répartition des variables sur les deux premiers axes factoriels est quasiment identique qu'il s'agisse des grandes (gauche) ou des petites (droite) régions. C'est une dimension importante qui démontre la robustesse des données et des tendances observées, qui sont stables d'un niveau géographique à un autre. Des groupes de variables se distinguent les uns des autres. Ainsi sur le quadrant haut-droit, le trafic portuaire total, le trafic conteneurisé, le PIB par habitant et le temps d'escale moyen vont de pair avec les émissions de GES et la densité de population. Cela confirme le fait que le trafic conteneurisé se concentre dans les grands ports et les régions plutôt urbaines (Ducruet et Itoh, 2016). L'exposition aux  $PM_{2,5}$ , surtout pour les petites régions, vient également s'ajouter à ce profil d'aire métropolitaine ou de « métropole portuaire ».

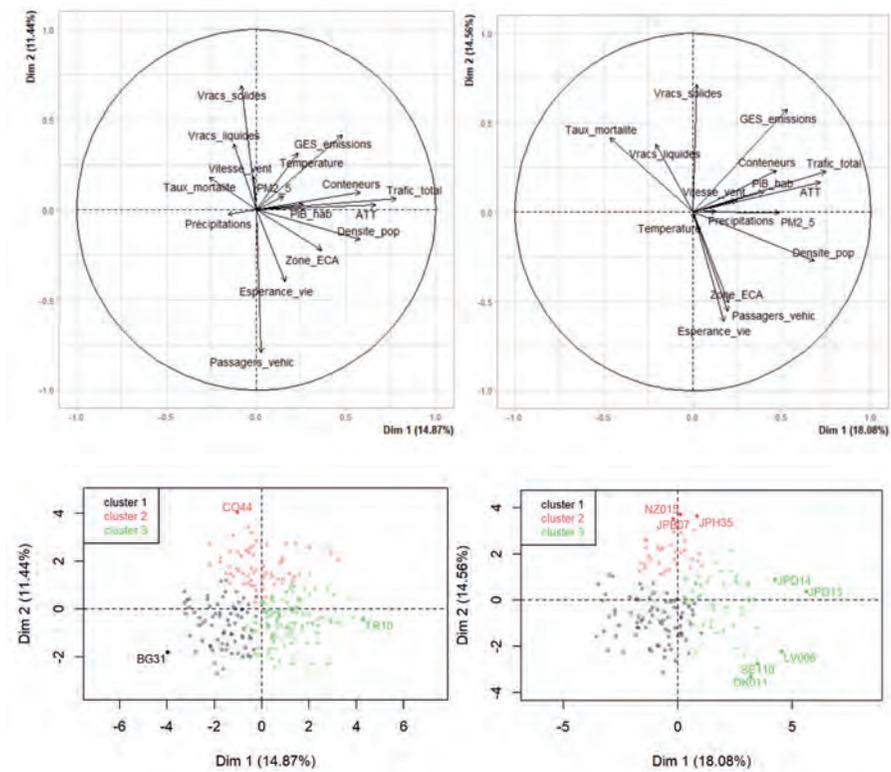
Les données naturelles n'ont qu'un rôle marginal sur la pollution et la santé sur ces deux axes. En termes de santé, taux de mortalité et espérance de vie s'opposent de façon logique. De plus, la mortalité est projetée sur le plan factoriel dans le même quadrant (haut-gauche) que le trafic de vracs (liquides et aussi solides). Bien qu'il soit hasardeux d'établir toute relation de cause à effet dans une ACP, ce résultat constitue une tendance qui n'est pas anodine vis-à-vis du terrain. En effet, les vracs produisent des composés organiques volatils (VOC) lors de la manutention des marchandises (charbon, céréales, minerais, mais aussi pétrole) qui se diffusent dans l'atmosphère de la ville et se mélangent avec la pollution urbaine. Le stockage de phosphates en plein air est un autre exemple de pollution de l'air potentielle. Sans protection, les tapis roulants transportant du charbon ou du minerai de fer (entre le port et les centrales) provoquent des déversements et des émissions fugitives de poussière lors du chargement, transfert, et déchargement. Lors du chargement et déchargement des tankers, les VOC (méthane et non-méthane) contribuent aux émissions de gaz à effet de serre. Parmi eux, les composants les plus lourds (non-méthane) contribuent aux oxydants photochimiques de bas niveau comme l'ozone, qui affecte la santé humaine, la production de denrées et l'environnement.

Malgré l'intermodalité permise par la conteneurisation, le trafic conteneurisé génère quant à lui d'importants flux de poids lourds. En Europe par exemple, plus des trois-quarts du trafic a lieu via le mode routier (Eurostat, 2019), eu égard à la difficulté de mettre en place une substitution maritime pour des raisons avant tout géographiques (configuration centre-périphérie du continent), politiques (lobby routier) et logistiques (avantage de la route pour assurer le dernier kilomètre). Ces flux génèrent de la congestion, contre laquelle il est possible de lutter via la mise en place de divers systèmes : informatiques, permettant de tracer les poids-lourds en vue de mieux réguler le trafic, de réservation, à portes automatiques, de barges navettes entre terminaux remplaçant les camions (Gonzalez-Aregall et al., 2018), sans compter le report modal (rail, fleuve), ou encore le contournement des espaces urbains par une voirie dédiée aux marchandises ou des voies souterraines (Visser, 2018). Au niveau des terminaux, les « concessions vertes » (Notteboom et Lam, 2018) entre port et opérateurs peuvent inclure des obligations de report modal pour favoriser les modes moins polluants et décongestionner le pré- et post-acheminement (van den Berg et de Langen, 2014).

Enfin, il est intéressant de constater que le temps d'escale moyen (ATT) va de pair avec trafic total et émissions de GES. Plus la demande est importante (densité de population, PIB par habitant), plus le trafic augmente et donc la pollution. Cela explique la mise en place de systèmes automatiques d'amarrage pour réduire ce temps d'escale pendant lequel les moteurs des navires continuent à consommer du carburant. Dans le cas de terminaux

de roll-on roll-off, Alamoush et al. (2020) ont estimé que de tels systèmes permettaient de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> dues au mouillage par 97 %. De plus, des mesures comme l'allocation et la planification des quais peuvent également contribuer à faire baisser le temps moyen d'escale. D'après Styhre et Winnes (2019), cette réduction s'applique bien plus aux navires porte-conteneurs, dont la fréquence d'escale, malgré les incertitudes, a une certaine régularité par rapport aux navires vraquiers (Styhre et al., 2017).

**Figure 5 : Analyse factorielle et classification ascendante hiérarchique – 2018**  
**N.B. 245 grandes régions (gauche) et 164 petites régions (droite)**



Source : Les auteurs

Enfin, l'espérance de vie se retrouve groupée avec l'appartenance à une zone ECA et au trafic de passagers et véhicules. Cela a du sens si l'on considère que l'Europe du Nord et l'Amérique du Nord sont d'anciens pays industrialisés bénéficiant de systèmes de santé très matures et performants, avec pour certains pays une couverture sociale très développée. La proximité avec le trafic de passagers peut s'expliquer par la densité du cabotage et du short-sea shipping en Europe du Nord par exemple (cf. mer Baltique). Une désagrégation des types de trafic est à envisager pour examiner le

rôle spécifique de la croisière, qui ici est mélangée avec ferries, ro-ro, et véhicules neufs.

### Classification régionale

Les résultats de la CAH montrent une grande similitude entre grandes et petites régions (Figure 6). Les trois groupes (clusters) de régions affichent des scores quasiment identiques pour toutes les variables :

- **Régions dynamiques** : leur taux de mortalité est le moins élevé, tandis que l'espérance de vie a le plus haut score. Ces régions se démarquent également par une forte densité de population et un PIB par habitant au-dessus de la moyenne. Elles manutentionnent le trafic le plus important et se spécialisent dans le trafic à conteneurs, le plus valorisant. Leur temps d'escale est le plus long, probablement en rapport avec leur rôle de concentration économique et démographique. Enfin, ces régions font pour la plupart partie d'une zone ECA ;
- **Régions critiques** : à l'opposé des régions dynamiques, les régions critiques émettent le plus de GES. Elles ont le taux de mortalité le plus élevé, et l'espérance de vie la plus faible. Elles manutentionnent d'importants trafics, principalement composé de vracs, donc moins valorisant et potentiellement plus polluant. Ces régions ne font quasiment pas partie des zones ECA ;
- **Régions intermédiaires** : entre ces deux types, les régions intermédiaires ne montrent pas de profil particulier. Leur score est élevé pour le trafic de passagers et véhicules, mais il est le plus faible pour la pollution, le trafic total, le PIB par habitant et l'ATT. La faible densité de population rend possible de catégoriser ces régions comme étant « périphériques », c'est-à-dire en marge des concentrations industrialo-portuaires et urbaines, auxquelles elles se raccrochent par le trafic de passagers et véhicules.

Figure 6 : Résultats de la classification ascendante hiérarchique – 2018

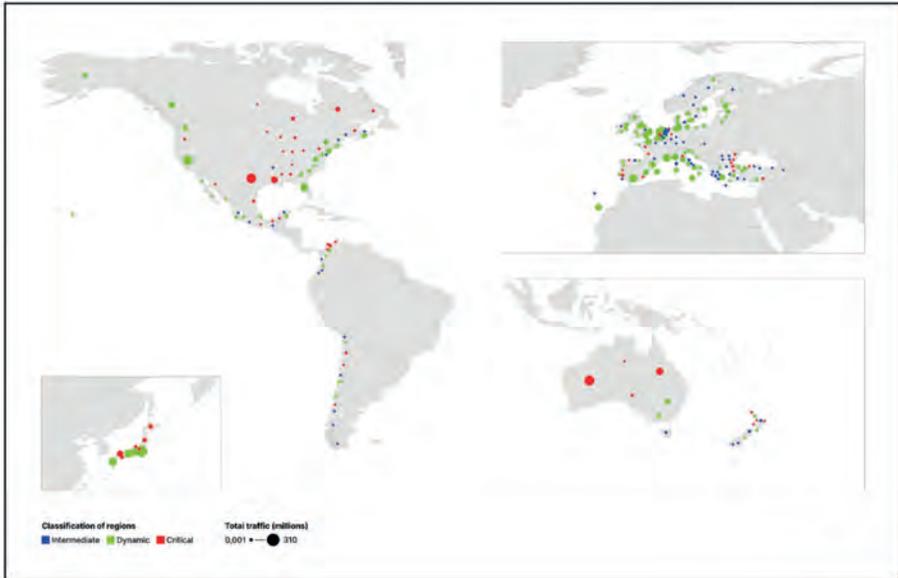
	Grandes régions			Petites régions		
	Régions dynamiques	Régions intermédiaires	Régions critiques	Régions dynamiques	Régions intermédiaires	Régions critiques
Emissions de GES	3,31	2,35	3,60	2,28	1,38	2,57
PM2.5	0,94	0,92	0,95	1,01	0,87	0,94
Taux_mortalité	0,99	1,06	1,09	0,99	1,09	1,22
Espérance_vie	1,00	1,00	0,98	1,00	0,99	0,98
Densité_population	1,14	0,65	0,69	1,01	0,40	0,28
PIB_habitant	1,00	0,85	1,02	1,02	0,79	0,97
Trafic_total	17,64	13,27	16,29	17,01	13,60	15,61
Conteneurs	24,95	6,31	9,48	22,45	1,58	9,96
Vracs_liquides	12,64	16,57	27,24	12,33	14,25	24,05
Passagers_véhicules	49,16	43,60	12,29	47,64	51,56	21,93
Vracs_solides	7,99	8,50	41,76	9,04	3,62	34,01
ATT	12,74	7,22	10,49	11,50	6,71	8,41
Zone_ECA	0,46	0,27	0,20	0,32	0,28	0,05
Vitesse_vent	1,00	0,93	1,13	1,21	1,06	1,04
Précipitations	0,91	1,14	0,96	1,25	0,90	0,90
Température	1,01	0,96	1,06	1,01	1,02	1,00

Source : Les auteurs

La cartographie des types de grandes régions (Figure 7) révèle d'intéressantes tendances. Tout d'abord, les régions « dynamiques » se concentrent en Europe, qui est reconnue mondialement pour ses avancées en matière de promotion de la durabilité. Gonzalez-Aregall et al. (2018) observaient, dans leur travail sur la dimension « hinterland » des stratégies environnementales des ports, que « la région avec le plus grand nombre de cas visant à améliorer la performance environnementale de ses ports est l'Europe... La raison de cela est certainement liée au contexte réglementaire de l'Union Européenne ». Un autre article synthétique, sur la réduction des émissions l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les ports, concluait que les ports européens « continuent à être en avance dans l'implémentation des mesures » et, avec d'autres ports nord-américains et asiatiques, prévalent dans la littérature (Alamouh et al., 2020). D'après Iris et Lam (2019) la quasi-totalité des ports certifiés ISO 50001 sont européens. La proportion des ports européens ayant un programme d'efficacité énergétique s'est même accrue de 57 % à 75 % entre 2014 et 2016. En Amérique du Nord, les régions dynamiques se concentrent le long de la côte atlantique (Halifax – Miami) et pacifique (Alaska – Mexique), dont les Etats parmi les plus urbanisés comme New York, la Floride, la Californie, et la Colombie Britannique au Canada.

En comparaison, les régions critiques en Europe se concentrent sur la façade atlantique et en mer Noire, avec seulement une poignée d'entre elles au nord de l'Europe et en Italie. Ailleurs, cette catégorie inclut les régions minières d'Australie, la périphérie japonaise (cf. Hokkaido), ainsi que les régions intérieures des USA et du Canada. Comme pour l'Australie, deux régions à fort trafic se spécialisent dans les vracs : le Texas et la Louisiane.

**Figure 7 : Typologie des grandes régions portuaires en 2018**



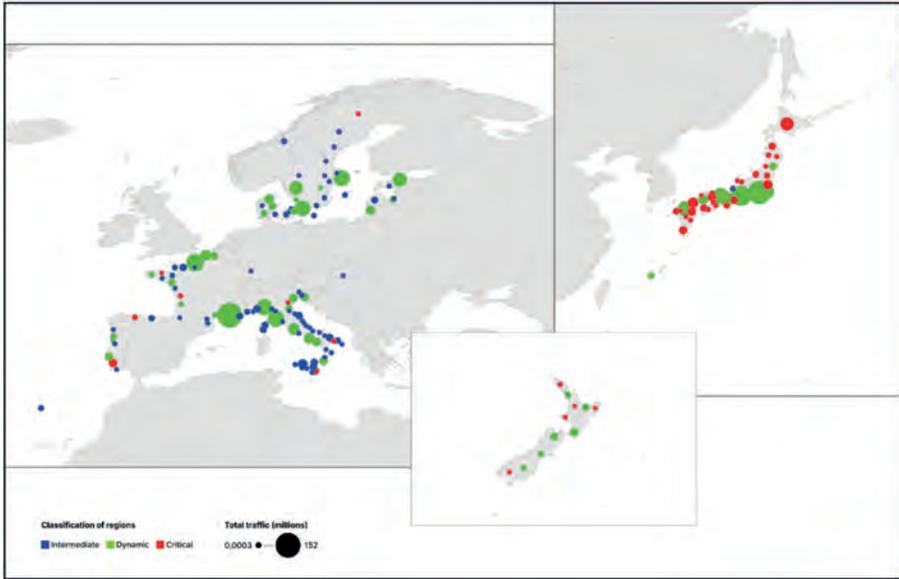
Source : Les auteurs

Pour les petites régions (Figure 8), les données ne sont disponibles que pour une partie de l'Europe, ainsi que pour le Japon et la Nouvelle-Zélande. Cela explique au moins en partie le biais national observé pour le Japon, qui concentre la majorité des régions critiques. Le reste du Japon se compose de régions dynamiques situées le long de la mégapole de Fukuoka à Tokyo. Un tel schéma peut s'expliquer par le vieillissement de la population, qui accentue le taux de mortalité en dehors de la mégapole.

En Europe, la région critique avec le trafic le plus élevé est l'Alejandro, dont le port de Sines, qui a développé un hub à conteneurs sur le site d'un pôle de croissance industrialo-portuaire. La plupart du trafic se concentre dans les régions dynamiques, comme Marseille-Fos (Bouches-du-Rhône), Le Havre et Rouen (Seine-Maritime), les deux régions portuaires les plus grandes pour les vracs et les conteneurs. D'autres cas incluent Göteborg (Västra Götaland), Malmö et Stockholm en Suède, Tallinn en Estonie, et Klaipėda en Lituanie.

L'Italie concentre un nombre élevé de régions dynamiques, notamment au nord-ouest avec Gênes, Savone et La Spezia (Ligure), mais aussi le Latium (Civitavecchia), Naples et Salerne.

**Figure 8 : Typologie des petites régions portuaires en 2018**



Source : Les auteurs

### *Discussion : quels facteurs l'intelligence portuaire doit-elle prendre en compte pour favoriser l'intégration de la santé dans le développement portuaire ?*

Les activités maritimes et portuaires, tant sur mer que sur terre, génèrent des impacts environnementaux et sur la santé qui augmentent la vulnérabilité des villes portuaires mais aussi des villes et régions de l'arrière-pays, au vu de la dispersion des émissions dans l'atmosphère (INERIS, 2019). Ceci suggère la nécessité d'établir un ensemble de politiques publiques à l'échelle étendue de la région urbaine. S'il reste difficile de prouver l'effet causal des activités portuaires sur la santé de la population locale, les politiques publiques de santé prennent forme activement à différents niveaux pour fournir des mesures visant à suivre et réduire ces impacts.

La Figure 9 propose une synthèse de ces politiques, à partir des principaux résultats de notre recherche.

**Figure 9 : Principales politiques pour réduire les problèmes environnementaux sur la santé**

Problèmes environnementaux et de santé		Mer	Interface ville-port	Terre
<b>Emissions</b>	<b>Air</b>	Aménagement de l'espace maritime Transition énergétique (consommation) Fluidité du transport maritime		Transition énergétique (production, consommation et stockage) Fluidité des transports
	<b>Visuel</b>			Règles et services d'aménagement intégré (planification ville-port)
	<b>Bruit et odeur</b>			
<b>Pollutions</b>	<b>Eau</b>	Services portuaires aux navires (ex : contrôle de l'eau de ballast)		Services portuaires pour les activités industrielles (ex : gestion des déchets) Fluidité des transports
	<b>Sol</b>			Règles et services d'aménagement intégré (planification ville-port)
<b>Maladies et blessures</b>	Règles et services d'aménagement intégré (suivi environnemental et de la santé multi-niveaux)			
<b>Ecosystème marin et côtier</b>	Règles d'aménagement intégré (mesures compensatoires et gestion des zones aquatiques)			

Source : Les auteurs

Les recherches menées dans le cadre de ce travail confirment la dimension systémique des mesures environnementales et sur la santé. Elles soulignent aussi les efforts locaux multiples réalisés par les acteurs portuaires pour réduire les impacts sur mer tant que sur terre, améliorer le savoir de la population locale à propos du port lui-même, et réduire l'asymétrie entre acteurs. Le tableau ci-dessus suggère une connexion entre toutes les politiques du système, suggérant l'importance stratégique d'un suivi multi-niveaux et de favoriser le dialogue entre les acteurs de la ville et du port. Réduire la vulnérabilité de la population locale requiert l'insertion des aspects de santé publique dans les politiques d'aménagement et d'urbanisme. Aujourd'hui, face à la prise en compte de la santé dans le développement portuaire, il n'est plus possible pour les autorités portuaires de dissocier la santé de l'environnement. L'intelligence portuaire doit donc basculer d'une vision stricte de l'environnement surtout liée à la dégradation des

ressources naturelles, à une vision plus élargie, permettant de mobiliser de nouvelles stratégies dans lesquelles le territoire portuaire puisse s'articuler à la fois avec la prise en compte de l'environnement et de la santé.

## Conclusion

Cette recherche fournit la première analyse empirique des relations entre activités portuaires, environnement, et santé sous un angle international. La revue de la littérature révèle que seulement une poignée de travaux a analysé l'impact des ports (et de leurs activités industrielles) sur la santé au niveau local, par rapport aux études sur les impacts environnementaux. Ce travail est singulier car il ne mesure pas directement la pollution due aux activités portuaires elles-mêmes, mais plutôt la présence du port et le poids des activités portuaires en général. Les mesures locales de santé et de pollution ne sont pas, de la même façon, spécifiques au port, et sont collectées au niveau d'unités spatiales de références bien plus grandes que la ville portuaire. Trouver un lien entre activités portuaires et santé/environnement est donc en soi un succès.

Analyser conjointement les données de l'OCDE et de Lloyd's List confirme que les régions portuaires polluent plus que les régions non-portuaires, et ont un taux de mortalité supérieur. L'analyse du dummy « port » confirme que la présence d'un (ou plusieurs) port(s) fait augmenter les émissions de GES mais pas celles de  $PM_{2,5}$ , principalement grâce au vent. Au-delà du dummy port, la taille du trafic et le temps d'escale moyen accroissent la pollution, en accord avec les hypothèses. Appartenir à une Emission Control Area (ECA) fait baisser la pollution, tendance qui est valide aux deux niveaux territoriaux considérés (petites et grandes régions).

L'analyse des pollutions (GHG and  $PM_{2,5}$ ) avec le trafic total et les types de navires est en phase avec la réalité, car les émissions de GES font augmenter la mortalité, et les  $PM_{2,5}$  font baisser l'espérance de vie, même s'il n'est pas prouvé que ces pollutions proviennent du port lui-même. Ceci constitue une tâche future ; compléter les mesures de trafic avec des données de pollution maritime proprement dites, à condition de bénéficier de plus d'information sur les carburants et les types de moteurs.

Notre recherche a permis de détecter des types de régions identiques à deux niveaux territoriaux différents. Cela confirme la robustesse des données et des structures spatiales. Cependant, les données sont davantage disponibles au niveau des grandes régions, ce qui a limité la comparaison entre les deux

niveaux, petites et grandes régions. Une direction de recherche possible est la base de données de l'OCDE sur les métropoles urbaines. A ce niveau d'analyse, il sera possible d'inclure plus de variables, comme la topographie (relief) et la morphologie (interface ville-port) par exemple, ainsi que des données sur la congestion urbaine, comme l'indice Tom-Tom<sup>3</sup>. Le focus sur un nombre moins important de pays, comme la France et l'Italie par exemple, permettra de collecter des données socio-économiques fines à l'échelle communale, à compléter par des statistiques précises sur la qualité de l'air et les vents dominants, la structure par âge de la population, et davantage de données médicales. Le trafic maritime pourra être décomposé en sous-types plus précis (cf. pétrole brut, produits chimiques, tanker, marchandises générales, croisière, ferries, etc.), tandis que des indicateurs de connectivité des ports dans le réseau maritime pourront être utilisés pour affiner le profil des villes et régions portuaires. Enfin, pour dépasser certaines limites méthodologiques et pour mieux nourrir l'intelligence portuaire dans l'épineuse question de la prise en compte non seulement de l'environnement mais aussi de la santé dans le développement portuaire, il serait propice de tirer bénéfice d'une approche mixte, c'est-à-dire d'une articulation mais surtout d'un effort de métathéorisation entre des méthodes différentes qui s'incorporent et se supportent réciproquement (Cresswell & Plano Clark, 2011).

---

<sup>3</sup> <https://www.tomtom.com/traffic-index/>

# Bibliographie

- Alamouh A.S., Ballini F., Ölçer A.I. (2020), Ports' technical and operational measures to reduce greenhouse gas emission and improve energy efficiency: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111508.
- Allen B. (2010), « Les frontières de la santé environnementale à l'épreuve », in Akrich M., Barthe Y., Rémy C. (dir.), *Sur la piste environnementale*, Paris, Presses des Mines, 308 p.
- Attardi R., Bonifazi A., Torre C.M. (2012), Evaluating sustainability and democracy in the development of industrial port cities: some Italian cases. *Sustainability*, 4(11): 3042-3065.
- Azarkamand S, Wooldridge C, Darbra RM (2020), Review of initiatives and methodologies to reduce CO2 emissions and climate change effects in ports. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11): 3858.
- Bauleo L., Bucci S., Antonucci C., Sozzi R., Davoli M., Forastiere F. et al. (2019), Long-term exposure to air pollutants from multiple sources and mortality in an industrial area: a cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 76(1): 48–57.
- Becerra S. (2012), « Vulnérabilité, risques et environnement : l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain », *Vertigo. La revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 12, n° 1.
- Berque A. (2000), *Médiance, de milieux en paysages*, 2<sup>e</sup> éd., Paris, Belin, 156 p.
- Bertoncello B., Hagel Z. (2016), Marseille : une relecture de l'interface ville-port au prisme de l'habiter. *Vertigo*. 16(3), doi: 10.4000/vertigo.18162.
- Bjerkkan K.Y., Seter H. (2019), Reviewing tools and technologies for sustainable ports: does research enable decision making in ports? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 72: 243–260.
- Cicoella A. (2017), « Le trente-troisième anniversaire de la santé environnementale » dans *Les Tribunes de la santé* 2017/1 (n° 54), pp. 31-37, Éditions Presses de Sciences Po.
- CNUCED (2019), « Étude sur les transports maritimes », Nations Unies.
- Comtois, C., Slack, B. (2005), « Transformations de l'industrie maritime : portrait international de développement durable appliqué », *Études et Recherche en Transport*, réalisé pour le compte du Ministère des Transports du Québec, 247 p.
- Contini D., Merico E. (2021), Recent advances in studying air quality and health effects of shipping emissions. *Atmosphere*. 12(1): 92.
- Cresswell J. W. & V.L. Plano Clark (2011), *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Sage Publications.
- De Lara J. (2018), "This port is killing people": Sustainability without Justice in the Neo-Keynesian Green City. *Annals of the American Association of Geographers*, 108(2), 538-548.
- Domingo J.L., Marquès M., Nadal M., Schuhmacher M. (2020), Health risks for the population living near petrochemical industrial complexes. 1. Cancer risks: a review of the scientific literature. *Environ Res*. 186: 109495.
- Eurostat (2019), *Maritime transport*. Brussels: European Commission.
- Gibbs D., Rigot-Muller P., Mangan J., Lalwani C. (2014), The role of sea ports in end-to-end maritime transport chain emissions. *Energy Policy*, 64: 337–348.

- Gianicolo E.A., Bruni A., Mangia C., Cervino M., Vigotti M.A. (2013), Acute effects of urban and industrial pollution in a government-designated “Environmental risk area”: the case of Brindisi, Italy. *International Journal of Environmental Health Research*, 23(5): 446–460.
- Gonzalez-Aregall M., Bergqvist R., Monios J. (2018), A global review of the hinterland dimension of green port strategies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 59: 23–34.
- INERIS (2019), « ECAMED: a Technical Feasibility Study for the Implementation of an Emission Control Area (ECA) in the Mediterranean Sea », French national institute for industrial environment and risks (INERIS), with contributions from Cerema, Citepa and Plan Bleu (DRC-19-168862-00408A), p. 17.
- Iris Ç., Lam J.S.L. (2019), A review of energy efficiency in ports: operational strategies, technologies and energy management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112(C): 170–182.
- Lo Prete M. (2012), *Port de commerce et environnement : une relation en évolution. Ce que nous apprennent les recours contentieux dans les ports français et italiens en mer Méditerranée*, thèse de doctorat en aménagement, ENPC-Université Paris-Est, 441 p.
- Lo Prete M. (2015), « La vulnérabilité des villes portuaires méditerranéennes françaises et italiennes au prisme des contentieux », *Annales de la Recherche Urbaine*, dossier sur Ville et vulnérabilités vulnérabilités n°110, pp. 206-2015.
- Lo Prete M. (2023), « La pollution atmosphérique des navires : une cause majeure de vulnérabilité environnementale » in R. Bentirou Mathlouthi et A. Pomade (dir.), *Vulnérabilité(s) environnementale(s) : perspectives pluridisciplinaires*, Paris, L’Harmattan, p. 229-250.
- Marquès M., Domingo J.L., Nadal M., Schuhmacher M. (2020), Health risks for the population living near petrochemical industrial complexes. 2. Adverse health outcomes other than cancer. *Science of the Total Environment*, 730: 139122.
- Miossec A. (2004), *Les littoraux entre nature et aménagement*, 3<sup>e</sup> éd., Paris, Armand Colin, 191 p.
- Morin J.P., Preterre D., Gouriou F., Delmas V., François A., Orange N. et al. (2013), Particules urbaines et céréalières, micro-organismes, mycotoxines et pesticides. *Pollution Atmosphérique*. 217(1), doi: 10.4267/pollution-atmospherique.759.
- Notteboom T.E., Lam J.S.L. (2018), The greening of terminal concessions in seaports. *Sustainability*. 10(9): 3318.
- OECD (2014), *The competitiveness of global port-cities*. Paris: OECD Publishing.
- Saviano, R. (2007), *Gomorra : dans l'empire de la Camorra*, Paris, Gallimard, 356 p.
- Sdoukopoulos E., Boile M., Tromaras A., Anastasiadis N. (2019), Energy efficiency in European ports: state-of-practice and insights on the way forward. *Sustainability*, 11(18): 4952.
- Styhre L., Winnes H. (2019) Emissions from ships in ports. In: Bergqvist R., Monios J. (Eds.), *Green ports: inland and seaside sustainable transportation strategies*. Cambridge (MA): Elsevier.
- Styhre L., Winnes H., Black J., Lee J., Le-Griffin H. (2017), Greenhouse gas emissions from ships in ports: case studies in four continents. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54: 212–224.

- Van den Berg R., de Langen P.W. (2014), An exploratory analysis of the effects of modal split obligations in terminal concession contracts. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 6(6): 571–592.
- Viana M., Rizza V., Tobías A., Carr E., Corbett J., Sofiev M. et al. (2020), Estimated health impacts from maritime transport in the Mediterranean region and benefits from the use of cleaner fuels. *Environ Int.* 138: 105670.
- Vigotti M.A., Mataloni F., Bruni A., Minniti C., Gianicolo E.A. (2014), Mortality analysis by neighbourhood in a city with high levels of industrial air pollution. *International Journal of Public Health*, 59(4): 645–53.
- Visser J.G.S.N. (2018), The development of underground freight transport: an overview. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 80: 123–127.

# Les ports face au défi hydrogène-ammoniac : 8 défis et facteurs clés d'intelligence stratégique à surveiller, maîtriser et anticiper

*Mikaa MERED*

*Expert-Coordinator*

Hydrogen Task Force  
MEDEF INTERNATIONAL

Paris  
France  
&

*Adjunct Lecturer*

UM6P - Mohammed VI Polytechnic University  
Rabat-Salé  
Morocco  
&

*Adjunct Lecturer*

Science Po  
Paris  
France

# Introduction

La transformation énergétique et la mise en œuvre de technologies propres sont des sujets de préoccupation mondiale. Dans ce contexte, l'émergence de la chaîne de valeur hydrogène vert et ammoniac présente un potentiel considérable pour opérer un changement significatif. Cependant, l'incorporation réussie de ces composants énergétiques dans le système global nécessite une réflexion poussée sur les infrastructures associées, notamment pour les opérateurs portuaires et les armateurs. Développer une capacité d'intelligence stratégique robuste, opérationnelle, et tournée vers l'aide à la prise de décisions engageantes sur au moins un demi-siècle pour le port et son territoire, exige une approche pluridisciplinaire qui prend en compte des aspects techniques, économiques et sociopolitiques qui sont tous en mutation croisée les uns par rapport aux autres, dans un contexte d'incertitudes géopolitiques et géoéconomiques qui incitent de prime abord à davantage de prudence et de frilosité que de prise de risque à l'échelle stratégique.

L'année 2023 marque une conjoncture particulièrement intéressante pour aborder cette question. Les accords internationaux sur le climat, tels que l'Accord de Paris, sont en cours de réévaluation et de mise à jour, et des mesures sont prises à l'échelle mondiale pour évaluer et accélérer le progrès en matière de réduction des émissions de carbone. De plus, le paysage géopolitique de l'énergie est en mutation rapide, avec une diminution progressive de la dépendance aux combustibles fossiles et une réorientation vers des sources d'énergie plus durables. Dans ce contexte, il est impossible de dissocier les enjeux liés à l'hydrogène de l'avenir des secteurs maritimes et portuaires.

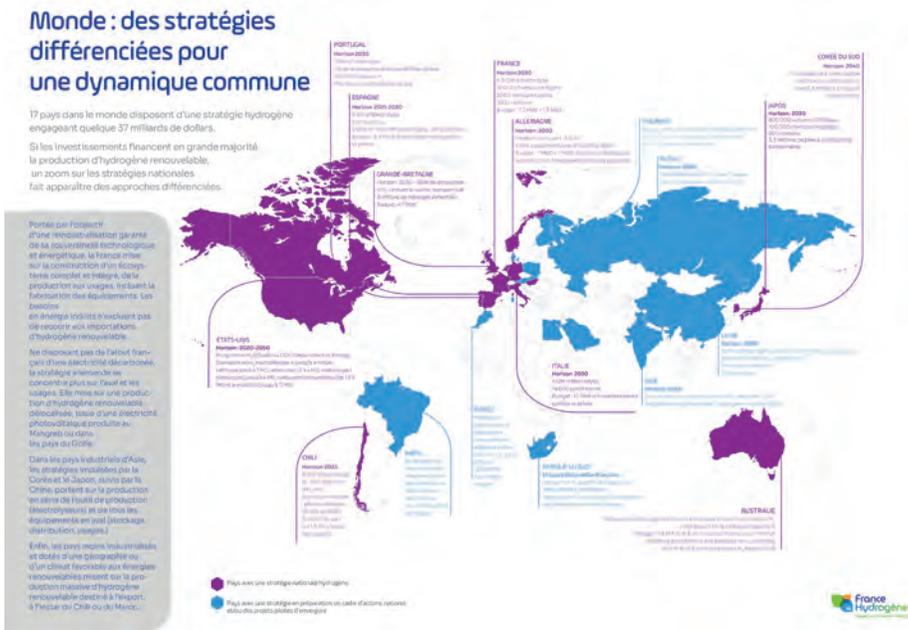
À l'échelle mondiale, plusieurs aspects méritent une attention particulière. D'abord, il y a la question de la décarbonation du transport maritime, qui est un contributeur significatif aux émissions mondiales de gaz à effet de serre. Ensuite, il y a l'évolution des flux énergétiques mondiaux, qui sont de plus en plus influencés par les transitions vers des formes d'énergie renouvelable. Troisièmement, les perspectives de développement de la marine marchande jusqu'à l'horizon 2050 présentent des défis et des opportunités qui ne peuvent être pleinement compris sans tenir compte des implications de l'hydrogène comme source d'énergie alternative. En parallèle, d'autres dynamiques, telles que les mouvements de relocalisation industrielle, le phénomène de *friend-shoring* (c'est-à-dire des échanges économiques privilégiés entre pays partageant des valeurs perçues comme communes ou proches), et la multiplication des infrastructures littorales et sous-marines, insèrent de nouvelles variables dans l'équation complexe de la transition énergétique dans ces secteurs.

Basée sur une littérature abondante en la matière depuis 2018, la thèse de cet article est que l'hydrogène est non seulement un candidat viable pour répondre aux défis de la décarbonation dans les secteurs maritimes et portuaires, mais qu'il est aussi, et peut-être surtout, une composante essentielle pour comprendre les transformations géopolitiques et géoéconomiques en cours en lien avec les secteurs portuaire, de la croisière et du maritime en général. Les initiatives individuelles et collectives dans les secteurs maritimes et portuaires ne sont pas des entités isolées, mais s'inscrivent dans des réseaux d'interactions géopolitiques et géoéconomiques qui façonnent et sont façonnés par des enjeux plus larges. Dans ce contexte, la «brique technologique» de l'hydrogène ne peut être pleinement exploitée qu'avec une compréhension nuancée de ces enjeux plus larges, et de la manière dont ils interagissent avec les dynamiques locales, régionales et mondiales. Nous proposons ici de les observer par le prisme de l'aide à la décision en détaillant les huit défis et facteurs clés d'intelligence stratégique à surveiller, maîtriser et anticiper pour tout acteur de la filière.

### *Une révolution volatile et un secteur en proie à plus de questions que de réponses*

À l'instar du Hydrogen Council, qui a récemment intégré une multitude d'acteurs maritimes et portuaires, ou de la Commission Européenne qui a lancé les programmes H2Ports depuis 2019 et REDII Ports Interreg — une initiative qui rassemble des ports de Brest jusqu'à la Scandinavie —, les institutions supra-nationales jouent un rôle déterminant dans le façonnement de cet écosystème. L'Agence Internationale de l'Énergie (IEA) n'est pas en reste, ayant créé la Coalition Mondiale des Ports Hydrogène (CEM-GPHC) en 2021. Ces initiatives témoignent d'une reconnaissance croissante de l'importance stratégique de l'hydrogène, non seulement en tant que source d'énergie alternative, mais également comme un levier géopolitique et géoéconomique.

Figure 1 : Carte des stratégies H2 dans le monde



Cette montée en puissance s’observe également au niveau des acteurs privés. Les armateurs tels que Maersk, CMA-CGM, et Hapag-Lloyd, les croisiéristes comme MSC Croises et Disney, les motoristes comme Rolls-Royce, Wärtsilä et CAT, les autorités et opérateurs de ports tels que Bordeaux, Rotterdam, Long Beach, Singapour et Shanghai, les constructeurs navals comme Daewoo et Vard, et même les transporteurs d’énergie, tous s’inscrivent désormais dans des chaînes de valeur orientées vers l’hydrogène.

Figure 2 : Photo du Laura Maersk



Dans ce contexte, la transformation énergétique envisageable grâce à l'avènement d'une économie de l'hydrogène appliquée aux secteurs de la croisière, des opérations portuaires et des infrastructures associées aura nécessairement des ramifications significatives en matière de géopolitique, de géoéconomie et de gouvernance. Si elles restent par nature insaisissables, elles doivent néanmoins être identifiées dans la mesure du possible, faire l'objet d'une veille poussée et être maîtrisées sans dépendre de prestataires extérieurs. Et ce, d'autant plus que lorsqu'on parle de l'hydrogène appliqué au maritime et au portuaire, en 2023, on parle en réalité essentiellement d'une chaîne de valeur volatile, complexe et en pleine réinvention : la chaîne de valeur hydrogène-ammoniac, pour laquelle cet article se veut détailler huit facteurs clés d'intelligence stratégique que toute autorité ou tout opérateur portuaire et maritime se doit de rapidement surveiller, maîtriser et anticiper, tant le développement de cette chaîne de valeur apparaît inévitable dans la littérature académique disponible comme dans les stratégies de tous les plus importants transporteurs maritimes et croisiéristes, désormais.

Dans cet article, nous allons volontairement mettre de côté les solutions e-méthane, e-méthanol et autres vecteurs liquides organiques d'hydrogène (LOHC), en raison du fait que ces molécules impliqueraient nécessairement une prolongation de la dominance de l'économie du carbone dans le secteur maritime et portuaire. Or, du point de vue de l'action climatique, l'objectif du secteur maritime dans un monde dit « net-zéro » (ayant atteint la neutralité carbone nette à l'échelle mondiale) étant de limiter in fine le recours au carbone, ces molécules apparaissent au mieux comme des vecteurs énergétiques de transition, au pire comme de possibles freins à l'atteinte des objectifs net-zéro, en raison du détournement de capitaux financiers et humains qui auraient pu se focaliser sur l'après-carbone.

Nous allons également mettre de côté les vecteurs liquides non-organiques d'hydrogène (LNOHC) tout comme les vecteurs solides tels que les hydrures métalliques ou encore les composés hydrogène-bore en raison de leur niveau de maturité technologique trop faible pour être considérés comme des alternatives viables, à l'échelle, à horizon 2030, sur lesquels les opérateurs maritimes et portuaires pourraient miser en masse aujourd'hui. Nous ne disons pas que ces vecteurs sont superfétatoires ou sans avenir ; simplement qu'il est encore trop tôt pour y consacrer des moyens importants en comparaison avec l'immédiateté des enjeux du passage à l'échelle de la chaîne de valeur hydrogène issu de renouvelables vers ammoniac.

## *Les huit défis portuaires : un de moins que les sept Apkallu mais moitié plus que les travaux d'Hercule !*

### **Défi n°1 : repenser les infrastructures portuaires**

L'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac en tant que carburants alternatifs dans le domaine du transport maritime présente des défis considérables en ce qui concerne les infrastructures portuaires. Le port est souvent la première étape de la chaîne logistique et énergétique, ce qui en fait une structure clé dans le mouvement de marchandises et de ressources énergétiques. Les installations portuaires nécessaires pour accueillir les nouvelles technologies énergétiques comme l'hydrogène et l'ammoniac ne sont pas uniquement des entités physiques, mais s'inscrivent également dans un réseau complexe de flux commerciaux, réglementations et interactions sociales. Ainsi, la modification ou la mise en place de nouvelles infrastructures doit être envisagée en tenant compte de ces facteurs multiples et interdépendants.

L'un des défis majeurs est la conception et la construction d'installations de stockage et de traitement spécifiques pour l'hydrogène et l'ammoniac. Contrairement aux carburants fossiles, ces substances ont des propriétés physico-chimiques qui requièrent des installations spécialisées pour leur manutention sécurisée et efficace. L'hydrogène, par exemple, peut être stocké sous forme gazeuse à haute pression, sous forme liquide à basse température, ou même dans des composés chimiques tels que des hydrures métalliques. Chacune de ces méthodes présente des avantages et des inconvénients en termes de densité énergétique, de sécurité, et de coût.

L'ammoniac liquide nécessite également des installations de stockage à basse température ou à haute pression, et son caractère corrosif et toxique exige aussi des mesures de sécurité supplémentaires – sujet auquel le grand public a déjà été relativement exposé dans les médias généralistes entre la catastrophe d'AZF en France en 2001 ou encore les explosions spectaculaires dans le Port de Beyrouth en 2020. À chaque fois, le nitrate d'ammonium était responsable de la catastrophe or, la France est le premier consommateur européen et deuxième mondial de cette molécule. Ainsi, même si l'ammoniac et le nitrate d'ammonium ne sont pas identiques, les attentes de sécurité infrastructurelle du grand public demande une planification spécifique de ces installations et nécessite donc une expertise technique de pointe ainsi qu'une coordination étroite avec les autorités réglementaires et les groupes d'intérêt environnementaux et de riverains du port – qui plus est dans des contextes de proximité accrue entre plateforme portuaire et habitations, comme le long de l'Axe Seine, du Havre jusqu'à Paris.

La compatibilité avec les infrastructures existantes est également un aspect crucial. L'ajout d'installations pour l'hydrogène et l'ammoniac doit être réalisé de manière à minimiser les perturbations dans les opérations portuaires existantes, qui sont souvent optimisées pour le traitement de carburants fossiles ou d'autres formes d'énergie. Une approche intégrée est donc nécessaire pour assurer une transition en douceur et éviter les goulets d'étranglement ou les conflits dans l'utilisation des ressources portuaires.

Les investissements dans de nouvelles infrastructures portuaires doivent également être évalués en termes de viabilité économique. Les coûts initiaux de construction et de mise en place des installations spécialisées peuvent être importants. Cependant, ces coûts doivent être mis en perspective avec les bénéfices à long terme que pourraient apporter ces technologies. À ce titre, les incitatifs fiscaux, les subventions gouvernementales et les partenariats public-privé sont des mécanismes qui peuvent faciliter les investissements dans des infrastructures novatrices.

En outre, les implications environnementales et sociales des nouvelles infrastructures sont un sujet qui doit être traité avec un soin particulier. Les nouvelles installations pourraient, d'un côté, contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants, mais elles pourraient également entraîner des impacts environnementaux locaux, comme des modifications du paysage ou des risques de contamination. Par conséquent, une évaluation environnementale stratégique pourrait être nécessaire pour balancer les avantages et les inconvénients et pour garantir que les décisions prises sont conformes aux objectifs de développement durable.

Il est également crucial d'examiner l'acceptabilité sociale des nouvelles infrastructures, car leur succès dépend en grande partie de la perception et de l'approbation du public. Cela est particulièrement pertinent dans le contexte de la transition énergétique, où le choix des technologies à adopter est souvent soumis à un débat public animé et parfois polarisé. Des mécanismes de consultation et de participation publique peuvent aider à identifier les préoccupations des communautés locales et à intégrer ces perspectives dans la planification et la mise en œuvre des projets.

## **Défi n°2 : le facteur coûts opérationnels**

La transition vers des carburants plus écologiques tels que l'hydrogène vert et l'ammoniac dans le secteur maritime soulève d'importantes questions relatives aux coûts opérationnels, qui ont des implications durables pour les armateurs et leurs opérations. En premier lieu, l'adoption de ces carburants alternatifs nécessite une considération attentive des coûts initiaux, notamment ceux associés à la conversion ou au remplacement des moteurs existants pour les rendre compatibles avec ces nouvelles formes d'énergie.

Ces coûts sont particulièrement pertinents compte tenu de la longue durée de vie opérationnelle des navires, souvent conçus pour fonctionner pendant plusieurs décennies.

Par ailleurs, l'introduction de ces nouveaux types de carburants exige une formation spécialisée du personnel, notamment des équipages, des ingénieurs et du personnel technique. Cette exigence implique des coûts supplémentaires, tant en termes de ressources financières que de temps. D'un autre côté, il existe également divers coûts récurrents à considérer. Même si les coûts de production de l'hydrogène vert et de l'ammoniac ont tendance à baisser, ils restent, à l'heure actuelle, généralement plus élevés que ceux des carburants fossiles traditionnels. Cela pourrait avoir un impact significatif sur les coûts opérationnels des armateurs, surtout pendant la phase initiale de transition où l'offre et la demande de ces carburants sont encore en train de s'équilibrer.

L'entretien des moteurs et des systèmes associés représente également un coût opérationnel récurrent à ne pas négliger. La nature corrosive de l'ammoniac et les caractéristiques uniques de l'hydrogène, telles que sa faible densité et sa capacité à provoquer la fragilisation de l'hydrogène dans les métaux, peuvent entraîner des coûts de maintenance plus élevés. De plus, les propriétés chimiques et physiques de ces carburants exigent des mesures de sécurité spécifiques. Ces mesures, qui peuvent inclure des inspections régulières, des audits de sécurité et des équipements de protection individuelle, génèrent également des coûts récurrents.

Néanmoins, il existe plusieurs mécanismes qui pourraient aider à atténuer ces coûts. Les gouvernements et les organisations internationales offrent de plus en plus de subventions et d'incitatifs fiscaux pour encourager l'adoption de technologies propres, ce qui pourrait aider à réduire les coûts initiaux et récurrents. De même, la formation de partenariats stratégiques avec des fournisseurs d'énergie, des institutions financières et d'autres armateurs pourrait permettre d'atténuer les coûts grâce à des achats groupés ou des accords de partage des coûts.

En outre, il est essentiel de prendre en compte les avantages potentiels à long terme de cette transition. Par exemple, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants pourrait aider les armateurs à éviter des sanctions financières associées à des réglementations environnementales de plus en plus strictes. De même, à mesure que la sensibilisation aux questions environnementales grandit, la commercialisation d'opérations maritimes plus écologiques pourrait conférer un avantage compétitif. Enfin, la transition vers des sources d'énergie renouvelables pourrait offrir une plus grande stabilité des prix à long terme, contrairement aux carburants fossiles souvent soumis à des fluctuations de prix importantes.

Pour résumé, la transition vers l'hydrogène vert et l'ammoniac comme alternatives aux carburants maritimes fossiles représente un défi complexe du point de vue des coûts opérationnels. Cette complexité découle non seulement des investissements initiaux requis pour la conversion des systèmes énergétiques existants et la formation du personnel, mais aussi des coûts récurrents associés au prix du carburant, à la maintenance et à la sécurité. Toutefois, ces coûts peuvent être en partie atténués par divers mécanismes tels que des subventions gouvernementales, des partenariats stratégiques et des incitatifs fiscaux. De plus, les avantages potentiels à long terme en termes de conformité environnementale et de stabilité des prix suggèrent que la transition vers ces carburants pourrait, en fin de compte, se révéler financièrement viable pour les armateurs attentifs et proactifs.

### **Défi n°3 : l'inflation des exigences réglementaires**

A l'instar des aéroports et des stations de recharge d'hydrogène en milieu urbain, l'adoption de carburants alternatifs tels que l'hydrogène vert et l'ammoniac dans le secteur maritime introduit une dimension cruciale en ce qui concerne les exigences réglementaires. Bien que ces carburants offrent des avantages substantiels pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre, leur utilisation et leur manipulation nécessitent un cadre réglementaire rigoureux pour garantir la sécurité, la viabilité environnementale et l'efficacité économique des opérations. La compréhension des implications de ce cadre réglementaire est impérative pour les armateurs et les autres parties prenantes du secteur maritime.

D'une part, comme évoqué plus haut, l'hydrogène et l'ammoniac posent des défis spécifiques en termes de sécurité et de manipulation qui demandent une réglementation détaillée. Par exemple, l'hydrogène est un gaz hautement inflammable qui exige des conditions de stockage et de transport très spécifiques. De même, l'ammoniac est un gaz toxique dont le maniement nécessite des mesures de précaution strictes pour minimiser les risques pour la santé humaine et l'environnement, comme le sait le grand public. L'absence de directives claires sur la manipulation sécurisée de ces substances pourrait entraîner des risques opérationnels majeurs, y compris des accidents industriels et des incidents environnementaux.

En outre, les réglementations relatives à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants atmosphériques sont en constante évolution. Les armateurs doivent non seulement se conformer aux réglementations existantes, mais ils doivent également anticiper les changements législatifs futurs qui pourraient affecter la viabilité économique de leur investissement dans des carburants alternatifs. Le non-respect des directives réglementaires peut entraîner des sanctions financières sévères

et des dommages à la réputation qui pourraient avoir des répercussions à long terme sur la compétitivité de l'entreprise.

L'évolution du cadre réglementaire peut également offrir des opportunités sous forme de subventions, de crédits d'impôt et d'autres incitatifs financiers destinés à promouvoir l'adoption de technologies propres. De ce fait, une compréhension approfondie des exigences réglementaires et de leur trajectoire future peut non seulement aider à éviter les risques, mais aussi à capitaliser sur les opportunités qui se présentent. Par conséquent, les armateurs doivent s'engager dans une veille réglementaire continue et dans un dialogue actif avec les régulateurs et les autres parties prenantes pour s'assurer qu'ils sont bien informés des derniers développements qui pourraient affecter leurs opérations.

D'autre part, il est important de considérer l'harmonisation des réglementations à travers différentes juridictions. Les navires opèrent souvent dans des eaux internationales et font escale dans divers pays, chacun ayant ses propres normes et réglementations. La fragmentation réglementaire peut entraîner une complexité opérationnelle et augmenter les coûts pour les armateurs, qui doivent naviguer dans un paysage de réglementations diverses et parfois contradictoires. L'adoption de normes internationales pour la manipulation et l'utilisation de l'hydrogène et de l'ammoniac pourrait contribuer à atténuer ces défis.

Quoi qu'il en soit, l'ensemble du secteur maritime et portuaire ne peut désormais échapper à l'inflation normative induite par le défi climatique. Des entités telles que l'Organisation maritime internationale (OMI) ont mis en place des normes de plus en plus strictes en matière d'émissions de gaz à effet de serre, poussant l'industrie à adopter des solutions technologiques innovantes. Dans ce cadre, l'hydrogène est considéré comme un carburant potentiel qui pourrait aider à décarboner le transport maritime, à condition que les défis technologiques associés à son stockage et à sa distribution puissent être surmontés. C'est dans le contexte de cette réalité de marché aux multiples ramifications et aux annonces toujours plus ambitieuses — tant de la part des armateurs, que des constructeurs navals, des opérateurs portuaires (Rotterdam, Hambourg, Barcelone) et de certains États (Singapour, Japon, Oman, Portugal, Egypte...) — que les débats sur l'évolution de la stratégie de décarbonation pour le secteur portée par l'OMI (adoptée initialement en 2018) font la part belle aux solutions hydrogène.

De surcroît, les commandes de navires à motorisations alternatives base-H2 dépassent désormais, depuis octobre 2022, en unités et en capacité d'emport, les commandes de navires à motorisation gaz naturel liquéfié (GNL), avec en ligne de mire le besoin de répondre à de nouvelles exigences de conformité. Très immédiatement, on peut penser ici aux nouveaux règlements IMO 2023 autour de l'Index d'Efficiencia Energétique des Navires Existants (EEXI) et de

l'Indicateur d'Intensité Carbone (CII), qui imposent de nouvelles contraintes environnementales aux armateurs et opérateurs pour atteindre les objectifs de décarbonation de la stratégie IMO 2030 qui se veut réduire les émissions de carbone dans le transport maritime de 40 % en 2030 et à minima 70 % en 2050, par rapport aux niveaux de 2008 — ainsi que les émissions de gaz à effet de serre en général à hauteur de 50 % en 2050, traduisant ici le fait que la décarbonation en tant que telle n'est qu'une partie de nos besoins pour limiter la catastrophe climatique.

Avec la révision de la stratégie OMI depuis juillet 2023 dans le cadre du MEPC 80, la livraison au géant danois Maersk des premiers porte-conteneurs de plus de 16 000 EVP à motorisation méthanol fin 2023, l'apparition d'index (EEX en Allemagne) et de marchés d'échanges internationaux de l'hydrogène (H2SMS, porté par la plateforme d'entreprises HyXchange, TNO et Berenschot aux Pays-Bas) que même le Hydrogen Council n'évoquait pas avant 2030, la dynamique engagée dans le secteur paraît partie pour durer en s'appuyant toujours plus explicitement sur ces chaînes de valeur hydrogène, consacrant toujours davantage l'importance de ces défis réglementaires et le besoin d'y répondre au plus vite, tant côté industrie que côté législateur, régulateur, administratif et politique.

En résumé, les exigences réglementaires associées à l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac comme carburants maritimes alternatifs constituent un aspect complexe et multiforme qui exige une attention minutieuse de la part des armateurs. Ceux-ci doivent non seulement comprendre et se conformer aux réglementations actuelles, mais aussi rester alertes aux évolutions futures qui pourraient affecter leur conformité et leur compétitivité. Une évaluation rigoureuse des implications réglementaires peut permettre aux armateurs de minimiser les risques et de capitaliser sur les opportunités, tout en contribuant à un environnement maritime plus sûr et plus durable.

#### **Défi n°4 : les implications et limites environnementales**

L'exploration de l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac en tant que carburants alternatifs dans le secteur maritime engendre une réflexion approfondie sur les implications environnementales associées. Au-delà des avantages immédiats tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre, il est crucial pour les armateurs et les parties prenantes du secteur maritime de considérer l'ensemble de l'impact environnemental, qui englobe une diversité de paramètres allant de la production du carburant à son stockage, en passant par sa distribution et sa consommation.

À date de juin 2021, 99,5 % de la flotte mondiale se mouvait avec des carburants conventionnels, selon IHSMarkit et DNV. Seulement 0,3 % des

navires étaient tout-électriques à batterie — essentiellement des rouliers, ro-ro/ropax expérimentaux, à impact limité pour le moment. Et seulement six navires dans le monde sont, à date de fin septembre 2023, à motorisation hydrogène. Ce faible taux de pénétration s'explique par le coût élevés des technologies disponibles pas encore à l'échelle, le poids des batteries nécessaires et le temps de recharge qui limite les usages possibles à de la courte distance et faible intensité.

Il faudra encore du temps pour que la nouvelle vague hydrogène remplace véritable la grande vague d'intérêt pour le GNL (du méthane liquéfié à  $-163^{\circ}\text{C}$ ), porté aux nues durant les années 2010 par tous les armateurs et constructeurs navals pressés de communiquer sur des investissements concrets pour décarboner le secteur. À l'époque, sa flexibilité d'usage rendait effectivement le GNL plus intéressant en pratique que le Marine Diesel Oil (MDO) conventionnel mais ses surcoûts induits et son bénéfice climat limité eu égard aux émissions hors-carbone en limitent le potentiel de développement à long terme face aux chaînes de valeur hydrogène aujourd'hui. Certes, un navire au GNL va émettre 30 % à 50 % de gaz à effet de serre en moins que du MDO, en théorie, mais même une hypothétique adoption à très grande échelle ne suffirait pas à rentrer dans les clous des objectifs climat de l'OMI à horizon 2050. Ainsi, après dix ans de GNL-mania, il n'est pas surprenant que seule 0,19 % de la flotte mondiale carbure au méthane liquéfié et il ne serait pas surprenant que cette pénétration ne décolle jamais plus avant, même si on observe de nouveaux narratifs émerger autour du méthane de synthèse à partir d'hydrogène bas-carbone — parfois qualifié de « e-NG », essentiellement promu par des acteurs craignant que leurs actifs GNL ne se déprécient trop rapidement —, dont les effets sur le climat seraient potentiellement tout aussi négatifs voire même davantage que le GNL, selon les modes de production de cet e-NG.

Toutefois, la littérature est constante : la dynamique hydrogène est vouée à s'imposer, a minima sur la base de ces considérations environnementales de long terme. En effet, l'utilisation de l'hydrogène vert, produit par électrolyse de l'eau en utilisant de l'électricité issue de sources renouvelables, élimine pratiquement toutes les émissions de carbone et de polluants atmosphériques au point d'utilisation. De même, l'ammoniac, lorsqu'il est produit de manière écologique, peut offrir un profil d'émission réduit par rapport aux carburants fossiles traditionnels. Cependant, ces bénéfices apparents nécessitent une attention portée à l'intégrité du cycle de vie du carburant. Par exemple, la source d'électricité utilisée pour l'électrolyse dans la production d'hydrogène vert doit elle-même être durable pour que l'ensemble du processus puisse être considéré comme écologique.

La distribution et le stockage des carburants alternatifs introduisent également des enjeux environnementaux spécifiques. L'hydrogène nécessite

soit un stockage à très basse température sous forme liquide, soit un stockage à haute pression sous forme gazeuse, chacun ayant ses propres implications en termes d'efficacité énergétique et d'impact environnemental. Quant à l'ammoniac, bien qu'il soit plus facile à stocker et à transporter que l'hydrogène, sa nature toxique impose des contraintes environnementales strictes pour prévenir les fuites et les rejets accidentels qui pourraient avoir un impact néfaste sur les écosystèmes locaux.

Ensuite, la mise en œuvre à large échelle de ces technologies nécessite une infrastructure de distribution robuste. Les impacts environnementaux liés à la construction et à l'exploitation de ces infrastructures, notamment en termes d'émissions et d'utilisation des terres, doivent être soigneusement évalués. Par ailleurs, l'élimination ou le recyclage des composants de ces systèmes en fin de vie, comme les réservoirs de stockage ou les piles à combustible, présente des défis environnementaux qui nécessitent des solutions durables.

Néanmoins, il faut souligner que le passage à des carburants plus écologiques pourrait contribuer de manière significative à l'atteinte des objectifs environnementaux à long terme. Non seulement cela permettrait une réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais cela pourrait également entraîner une diminution d'autres formes de pollution, comme les oxydes de soufre et les oxydes d'azote, qui ont des impacts néfastes sur la qualité de l'air et les écosystèmes marins.

En résumé, les implications environnementales de l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac comme carburants alternatifs dans le secteur maritime sont complexes et multifacettes. Alors que ces carburants offrent un potentiel significatif pour la réduction des émissions et la mitigation du changement climatique, leur impact environnemental doit être évalué de manière exhaustive, en tenant compte de l'ensemble du cycle de vie du carburant, de sa production à son utilisation. Une telle évaluation permettra aux armateurs et aux parties prenantes de prendre des décisions éclairées, contribuant ainsi à un secteur maritime plus durable et respectueux de l'environnement.

### **Défi n°5 : les facteurs économiques purs**

L'intégration de l'hydrogène vert et de l'ammoniac en tant que carburants alternatifs dans le secteur maritime fait naître des questions pertinentes liées aux aspects économiques de cette transition. Ces questions englobent une série d'éléments clés, allant de l'investissement initial nécessaire pour les infrastructures de production et de distribution, jusqu'aux coûts opérationnels et aux implications pour la compétitivité globale du secteur. Les armateurs, en tant que principaux acteurs de cette transition, doivent

minutieusement évaluer ces aspects économiques pour comprendre non seulement les exigences financières immédiates mais également les répercussions à long terme sur la viabilité économique de leurs opérations.

Côté ports spécifiquement, les opportunités offertes sont particulièrement prometteuses tant pour les opérateurs que pour la planète — en tous cas, tant que ces opportunités ne seront pas utilisées comme un blanc-seing pour artificialiser toujours plus les sols et multiplier des usages qui, par nature, et même avec de l'hydrogène dit « vert », ne sont pas non plus neutres en gaz à effets de serre... Pêle-mêle, on peut citer : la décarbonation des infrastructures et moyens de manutention, l'accélération de l'électrification à quai, de nouvelles offres de bunkering, le renforcement du rôle d'interface multimodale du port avec son hinterland (éclatement via fret ferroviaire à motorisation hydrogène, cargo fluvial sur barges H2 ou encore corridors de transport routier lourd à hydrogène, à horizon 2030), un nouveau rôle également de point d'ancrage à terre des capacités de production énergétiques offshore locales, des enjeux de synergie entre solutions H2-méthanol pour le maritime et H2-kérosène de synthèse pour l'aérien (en particulier dans les Outre-mer et écosystèmes insulaires, avec récupération de CO<sub>2</sub> biogénique local ou puisé dans la mer), et bien d'autres...

Ces possibilités ouvertes par ou autour de l'hydrogène sont donc nombreuses et renforcent ainsi l'idée que les plateformes portuaires sont à l'orée d'une évolution majeure depuis un rôle d'interface énergétique passive, entre imports maritimes et l'écosystème terrestre desservi, vers un rôle actif et central de producteur, transformateur et prescripteur de choix énergétiques structurants à l'échelle de leur territoire servant les intérêts du port lui-même, sa clientèle en mer, et sa zone d'influence économique à terre.

L'un des premiers éléments qui méritent une attention soutenue est le coût d'investissement initial associé à la production de ces carburants. La création d'une infrastructure capable de produire de l'hydrogène vert à partir de sources renouvelables, comme le solaire ou l'éolien, nécessite un investissement en capital substantiel. De plus, des investissements supplémentaires sont souvent requis pour adapter les technologies existantes afin qu'elles soient compatibles avec ces nouveaux carburants. Par exemple, les moteurs des navires peuvent nécessiter des modifications ou même un remplacement pour fonctionner efficacement avec de l'hydrogène ou de l'ammoniac. En ce qui concerne l'ammoniac, il est crucial de prendre en compte le coût de la mise en place de mesures de sécurité supplémentaires, étant donné que l'ammoniac est une substance chimique hautement toxique.

Outre les coûts initiaux, les armateurs doivent également tenir compte des coûts opérationnels liés à l'utilisation de ces carburants. La question de la rentabilité de l'exploitation de navires propulsés par de l'hydrogène

vert ou de l'ammoniac reste une préoccupation centrale. La disponibilité de ces carburants dans les ports du monde entier, ainsi que les coûts associés à leur stockage et leur manutention, constituent des facteurs qui influencent directement les coûts opérationnels. Si l'hydrogène et l'ammoniac deviennent plus largement disponibles et plus économiques à produire, grâce aux avancées technologiques ou à une plus grande échelle de production, cela pourrait alléger le fardeau financier pour les armateurs. Cependant, jusqu'à ce que ces carburants alternatifs atteignent la parité de coût avec les carburants traditionnels, il est probable que leur adoption entraînera des coûts opérationnels plus élevés.

Il est également essentiel de considérer l'impact économique de la conformité aux réglementations environnementales. Bien que le passage à des carburants plus propres puisse aider les armateurs à se conformer aux réglementations internationales en matière d'émissions, il est important de noter que ces réglementations sont susceptibles de devenir plus strictes avec le temps. Le coût de non-conformité, notamment les amendes et les sanctions, peut être significatif et doit être intégré dans toute analyse économique de la transition vers des carburants alternatifs.

La dynamique du marché est un autre facteur clé. À mesure que la demande pour des solutions de transport plus durables augmente, les armateurs qui adoptent tôt des technologies plus propres pourraient bénéficier d'un avantage concurrentiel. Cela peut se traduire par des taux de fret plus élevés, une meilleure réputation de la marque ou un accès préférentiel à certains marchés. En outre, certains marchés ou industries spécifiques pourraient commencer à exiger des formes de transport plus écologiques, faisant de l'adoption de carburants alternatifs une nécessité stratégique plutôt qu'une option.

Enfin, les incertitudes économiques globales, y compris les fluctuations des prix de l'énergie et les conditions macroéconomiques, jouent un rôle dans la décision d'adopter des carburants alternatifs. En période d'incertitude économique, les investissements à long terme dans des technologies nouvelles et non éprouvées peuvent sembler risqués. Toutefois, les armateurs doivent équilibrer ces risques avec les avantages potentiels à long terme, notamment une plus grande résilience face aux chocs pétroliers et une meilleure alignement avec les objectifs globaux en matière de développement durable.

En résumé, la transition vers l'hydrogène vert et l'ammoniac comme carburants alternatifs dans le secteur maritime nécessite une évaluation soignée des divers aspects économiques. Alors que les coûts initiaux peuvent être élevés, et que des incertitudes persistent quant aux coûts opérationnels, ces défis doivent être pesés contre les avantages potentiels, y compris la conformité réglementaire, les avantages concurrentiels et la

résilience à long terme. Une analyse économique minutieuse qui prend en compte l'ensemble de ces facteurs permettra aux armateurs de prendre des décisions plus éclairées, contribuant ainsi à la viabilité et à la durabilité du secteur maritime dans son ensemble.

### **Défi n°6 : logistique et chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène et de l'ammoniac**

La prolifération de plus de 130 terminaux portuaires d'ammoniac dans le monde établit un point de départ significatif pour évaluer les implications sur la logistique et la chaîne d'approvisionnement dans le cadre de l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac comme carburants alternatifs dans le secteur maritime. Cette évolution peut être vue à la fois comme un catalyseur et un indicateur de la maturité croissante des chaînes d'approvisionnement pour ces carburants, et elle soulève des questions essentielles concernant l'efficacité logistique, la robustesse et la flexibilité de ces systèmes d'approvisionnement.

Il est indéniable que l'existence d'une infrastructure de terminal portuaire bien établie pour l'ammoniac offre des avantages logistiques immédiats. Ces installations peuvent être adaptées ou étendues pour répondre à la demande accrue d'ammoniac en tant que carburant maritime, ce qui peut réduire certains des obstacles logistiques traditionnellement associés à la distribution de nouveaux types de carburants. Toutefois, il est essentiel de noter que ces terminaux sont souvent configurés pour répondre aux besoins de l'industrie chimique, et des adaptations spécifiques pourraient être nécessaires pour les rendre compatibles avec les besoins du secteur maritime. Par exemple, des équipements spécifiques pour le stockage et le transfert sécurisé d'ammoniac aux navires peuvent nécessiter des investissements supplémentaires.

L'aspect du transport de l'hydrogène vert et de l'ammoniac depuis les sites de production jusqu'aux terminaux portuaires existants représente un autre défi logistique. L'hydrogène, en particulier, pose des défis uniques en raison de ses besoins spécifiques en matière de stockage et de transport, y compris la nécessité de contenants à haute pression ou de stockage à des températures extrêmement basses. Ceci peut entraîner des coûts supplémentaires, ainsi qu'une complexité accrue dans la chaîne logistique. L'ammoniac, bien qu'étant plus facile à transporter et à stocker que l'hydrogène, présente ses propres défis, notamment en termes de sécurité et de conformité réglementaire, étant donné sa toxicité.

Il convient également de prendre en compte la question de la redondance et de la robustesse de la chaîne d'approvisionnement. Étant donné que l'hydrogène vert et l'ammoniac sont encore relativement nouveaux en

tant que carburants maritimes, il est peu probable que l'infrastructure d'approvisionnement soit aussi développée ou aussi fiable que celle des carburants traditionnels dans un avenir proche. Cela pourrait rendre la chaîne d'approvisionnement plus vulnérable aux perturbations, qu'elles soient dues à des facteurs techniques, environnementaux ou géopolitiques. Les armateurs doivent donc évaluer soigneusement les risques associés et peut-être envisager des stratégies d'atténuation, telles que l'existence de sources d'approvisionnement multiples ou l'incorporation de capacités de stockage supplémentaires.

En outre, il y a la question des compétences et de l'expertise nécessaires pour gérer efficacement ces nouvelles chaînes d'approvisionnement. L'hydrogène et l'ammoniac présentent des défis et des risques spécifiques en matière de manutention, de stockage et de transport, qui diffèrent considérablement de ceux des carburants fossiles traditionnels. Une formation spécialisée du personnel, à la fois sur terre et en mer, sera essentielle pour garantir une manipulation sécurisée et efficace de ces carburants.

Enfin, l'adoption généralisée de l'hydrogène et de l'ammoniac en tant que carburants alternatifs aura des répercussions significatives sur les acteurs de la chaîne d'approvisionnement au-delà des armateurs eux-mêmes. Les producteurs, les distributeurs, les terminaux portuaires et d'autres intervenants devront collaborer étroitement pour garantir que ces chaînes d'approvisionnement sont à la fois efficaces et robustes. Cela nécessitera probablement la mise en place de nouveaux modèles commerciaux et de nouvelles formes de collaboration entre les différentes parties prenantes, y compris peut-être des incitations financières ou des partenariats public-privé pour encourager l'investissement dans les infrastructures nécessaires.

En résumé, bien que l'existence de terminaux portuaires d'ammoniac bien établis puisse faciliter la transition vers l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac en tant que carburants maritimes, il subsiste des défis logistiques et d'approvisionnement importants qui doivent être soigneusement abordés. Ces défis comprennent, mais ne sont pas limités à, des besoins spécifiques en matière d'infrastructures, des considérations de coût, des exigences en matière de compétences et de formation, et la nécessité d'une collaboration étroite entre les divers acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Une évaluation détaillée de ces éléments est cruciale pour les armateurs et autres parties prenantes afin de garantir une transition réussie vers un secteur maritime plus durable et respectueux de l'environnement.

### **Défi n°7 : gestion des risques et sécurité**

Le passage vers une économie basée sur l'hydrogène vert et l'ammoniac comme carburants alternatifs dans le secteur maritime soulève des questions

de sécurité inédites qui, malgré leur gravité, sont susceptibles de ne pas être pleinement appréciées jusqu'à ce que les systèmes correspondants soient largement déployés et opérationnels. En l'absence de données historiques relatives à l'exploitation à grande échelle de ces combustibles dans le domaine maritime, la caractérisation complète des risques associés constitue une entreprise complexe, mais néanmoins essentielle.

L'un des éléments les plus critiques en matière de risques et de sécurité concerne la volatilité de l'hydrogène et les propriétés toxiques de l'ammoniac. L'hydrogène est extrêmement inflammable et peut former des mélanges explosifs en présence d'oxygène. Il nécessite donc des mesures de sécurité strictes pour minimiser les risques d'explosion et d'incendie. Cela implique des protocoles de sécurité rigoureux lors de l'embarquement, du débarquement et du stockage, ainsi que l'utilisation d'équipements de détection et de confinement des fuites. L'ammoniac, bien que moins inflammable que l'hydrogène, est une substance toxique qui peut avoir des conséquences graves en cas de fuite, y compris des risques pour la santé humaine et l'environnement.

La complexité de ces défis en matière de sécurité est exacerbée par la nature mobile et internationale du secteur maritime. Les navires passent souvent par différentes juridictions avec des réglementations et des normes de sécurité variées. Cette hétérogénéité peut compliquer l'application cohérente des mesures de sécurité et exiger une coordination internationale pour standardiser les pratiques en matière de sécurité et de gestion des risques. Il est essentiel que des directives internationales claires soient établies, en consultation avec les experts du domaine, pour créer un cadre de sécurité robuste et harmonisé. Le non-respect de ces directives peut entraîner des risques accrus, en particulier dans les zones à forte densité de trafic maritime ou à proximité des installations côtières sensibles.

Parallèlement, la gestion des risques dans le déploiement de l'hydrogène et de l'ammoniac en tant que carburants maritimes nécessite également une approche multidisciplinaire. Cela englobe non seulement l'ingénierie et la conception des navires et des infrastructures portuaires, mais également la formation et la préparation des équipages et du personnel terrestre. L'expertise en matière de sécurité doit être intégrée dès le début de la conception des navires et des installations de stockage et de distribution, et un accent particulier doit être mis sur la formation des équipages à la manipulation sûre de ces carburants, y compris les protocoles d'urgence en cas de déversements ou de fuites.

L'assurance constitue un autre aspect critique des risques et de la sécurité associés à l'utilisation de ces nouveaux carburants. Étant donné le profil de risque unique de l'hydrogène et de l'ammoniac, les compagnies d'assurance doivent réévaluer les modèles actuariels existants pour prendre en compte

les nouvelles variables. Cela pourrait entraîner une hausse des primes d'assurance, ce qui aurait des répercussions sur les coûts d'exploitation pour les armateurs. Les données de sécurité recueillies au fil du temps joueront un rôle déterminant dans l'ajustement de ces modèles d'assurance, mais dans les phases initiales de déploiement, le manque de données empiriques pourrait entraîner une prudence accrue et, par conséquent, des coûts d'assurance plus élevés.

Il est également impératif de tenir compte de la résilience des systèmes en face des scénarios de risque exacerbés par le changement climatique, tels que les phénomènes météorologiques extrêmes. La conception des installations de stockage, des navires et des équipements associés doit donc intégrer des mesures de renforcement pour atténuer les impacts potentiels de ces risques environnementaux sur la sécurité.

En résumé, le potentiel de l'hydrogène vert et de l'ammoniac pour révolutionner le secteur maritime en tant que carburants plus durables est considérable. Toutefois, l'évolution vers leur utilisation généralisée nécessite une évaluation approfondie et continue des risques et des implications en matière de sécurité. Cette évaluation doit être multidimensionnelle, incorporant des aspects techniques, réglementaires et comportementaux, et doit faire l'objet d'une coordination à l'échelle internationale pour établir des normes communes. Seule une approche globale et intégrée de la gestion des risques permettra de maximiser les avantages de ces carburants, tout en minimisant les risques potentiels pour les personnes et l'environnement.

### **Défi n°8 : l'acceptabilité sociale et sociétale**

L'acceptabilité sociale et sociétale des nouvelles technologies et des paradigmes énergétiques représente un enjeu majeur dans le contexte contemporain de transition vers une économie plus durable. À ce titre, l'adoption de l'hydrogène vert et de l'ammoniac dans la chaîne de valeur énergétique soulève des questions importantes en termes de réception publique, en particulier lorsque ces technologies sont proposées en tant qu'alternatives à des options énergétiques plus conventionnelles, telles que l'énergie nucléaire. Dans cette optique, le prisme d'analyse de la région de la Normandie et de l'Axe Seine, incluant les villes portuaires du Havre, Rouen et Paris, offre une perspective particulièrement intéressante étant donné les spécificités sociales, économiques et environnementales de cette région.

Au premier abord, l'hydrogène et l'ammoniac peuvent être perçus comme des solutions séduisantes. Ces deux éléments ont l'avantage d'être relativement abondants et peuvent être produits sans émissions de dioxyde de carbone à l'aide de méthodes d'électrolyse alimentées par des sources d'énergie renouvelable. Néanmoins, ces avantages techniques ne se traduisent pas

nécessairement par une acceptabilité sociale généralisée. Plusieurs facteurs entrent en jeu, y compris les perceptions publiques de la sécurité, des coûts, et de l'impact environnemental à long terme.

La notion d'acceptabilité sociale est, par nature, un concept complexe qui englobe des dimensions multiples allant au-delà des simples calculs d'efficacité énergétique ou des impacts environnementaux mesurables. Elle est façonnée par des facteurs culturels, historiques, psychologiques et sociopolitiques. Ainsi, toute évaluation de l'acceptabilité sociale de l'hydrogène et de l'ammoniac dans cette région doit prendre en compte une série de variables interdépendantes qui influencent les attitudes et les comportements des différents groupes d'intérêt.

Dans le contexte français, la transition énergétique est un sujet de débat public particulièrement polarisé, souvent traversé par des idéologies divergentes et des préoccupations locales spécifiques. Le cas de la Normandie et de l'Axe Seine est d'autant plus pertinent en raison de la forte présence industrielle dans cette région, notamment dans le secteur maritime, et des considérations environnementales associées. La proximité de grandes métropoles et de zones rurales crée également une dynamique intéressante, où les préoccupations économiques et écologiques coexistent souvent de manière conflictuelle. De plus, la région possède une riche histoire culturelle et industrielle, qui peut influencer la perception des nouvelles technologies énergétiques. Par exemple, la longue tradition de la France dans le domaine de l'énergie nucléaire peut à la fois favoriser et entraver l'acceptation de nouvelles alternatives, en fonction des groupes sociaux concernés.

L'analyse des discours publics, des médias et des débats politiques peut fournir des indications précieuses sur l'état actuel de l'acceptabilité sociale de l'hydrogène et de l'ammoniac dans la région. Toutefois, ces sources doivent être complétées par des études empiriques ciblées, telles que des enquêtes et des entretiens, afin d'obtenir une image plus complète et nuancée des attitudes et des perceptions des différents groupes de la population. Une telle démarche serait d'autant plus efficace si elle est intégrée dans une stratégie plus large de participation publique, incluant des consultations et des forums de discussion ouverts, où les citoyens peuvent s'engager directement avec les décideurs, les experts et les représentants de l'industrie.

Un autre élément critique pour évaluer et améliorer l'acceptabilité sociale est le niveau de confiance envers les institutions et les processus décisionnels. Une gouvernance transparente et inclusive peut grandement contribuer à atténuer les inquiétudes et les résistances en offrant aux citoyens des moyens de participer activement à la prise de décision. Cela pourrait inclure, par exemple, des mécanismes de surveillance citoyenne pour évaluer l'impact environnemental et social des nouvelles installations d'hydrogène

ou d'ammoniac, ou encore des initiatives de formation et d'éducation pour démystifier ces technologies et informer le public sur leurs avantages et leurs inconvénients respectifs.

En résumé, l'acceptabilité sociale des technologies basées sur l'hydrogène et l'ammoniac dans la chaîne de valeur énergétique est une problématique multifactorielle qui ne peut être pleinement comprise sans une approche interdisciplinaire. Cette complexité est encore exacerbée dans des contextes régionaux spécifiques, tels que la Normandie et l'Axe Seine, où des facteurs locaux et des dynamiques sociales particulières jouent un rôle important dans la formation de l'opinion publique. Par conséquent, une stratégie efficace pour accroître l'acceptabilité sociale de ces technologies nécessitera une approche holistique, englobant des dimensions techniques, environnementales, sociales et politiques, et devra s'appuyer sur un large éventail d'outils et de méthodes, allant de l'analyse des discours à la recherche empirique et à la participation publique active.

## En conclusion, le couple hydrogène-ammoniac est un changement de niveau paradigmatique

Au sein de l'Union Européenne, le développement de la chaîne de valeur hydrogène-ammoniac s'est déjà cristallisé dans l'espace politico-administratif en 2022 de manière très concrète avec une modification statutaire des grands ports, poussée par la filière à partir d'une approche géopolitique, avant toute chose. Autrefois considérés simplement comme des infrastructures-interfaces au sein du réseau européen de corridors de transport (TEN-T), ces ports sont désormais reconnus comme des acteurs-cadres du réseau européen de transport d'énergie (TEN-E). Cette reconnaissance leur offre un accès à diverses facilités et mécanismes de financement, et a vocation à augmenter considérablement leur influence géopolitique et géoéconomique au sein de l'Union. En particulier, elle leur confère un rôle déterminant dans la structuration des flux énergétiques alternatifs basés sur l'hydrogène — et l'ensemble de ses dérivés potentiels —, en leur permettant d'interagir de manière plus directe et influente avec les législateurs européens, les investisseurs publics et privés, et la diplomatie énergétique avec des partenaires hors de l'Union Européenne. Un exemple

frappant de cette nouvelle dynamique est la possibilité pour ces ports de participer à des initiatives visant à créer une économie circulaire d'énergie, comme l'importation d'hydrogène dans l'Union Européenne en échange de l'exportation de CO<sub>2</sub> liquéfié hors de l'Union.

Cette évolution n'est pas sans implications géopolitiques majeures. La capacité des ports à participer activement à la structuration des chaînes de valeur de l'hydrogène leur permet non seulement de renforcer leur position dans les dynamiques commerciales et énergétiques régionales, mais aussi d'influencer les décisions politiques à une échelle plus large. Cela pourrait avoir un impact significatif sur les relations entre les États membres de l'Union Européenne, ainsi que sur les relations de l'Union avec d'autres acteurs géopolitiques majeurs, notamment ceux qui sont également engagés dans des initiatives liées à l'hydrogène.

L'évolution des paradigmes énergétiques est une problématique centrale à l'heure où les changements climatiques et les considérations environnementales dictent une refonte des systèmes énergétiques traditionnels. Dans ce cadre, la chaîne de valeur associée à l'hydrogène vert et à l'ammoniac représente une alternative potentielle significative aux énergies fossiles. Elle soulève toutefois un certain nombre de questions complexes qui concernent divers secteurs d'activités, notamment les opérateurs portuaires et les armateurs. Notre discussion s'est donc attardée sur des aspects variés, allant de l'infrastructure nécessaire à l'intégration de ces énergies à leur acceptabilité sociale, en passant par les coûts opérationnels, les exigences réglementaires, les implications environnementales, les aspects économiques, et la logistique et chaîne d'approvisionnement.

La question de l'infrastructure, en particulier, s'est révélée être une problématique multifacette. Les ports représentent des nœuds critiques dans le paysage énergétique et logistique global, et l'intégration de nouvelles formes d'énergie comme l'hydrogène et l'ammoniac requiert une modification ou une expansion substantielle des infrastructures existantes. Ces changements impliquent une série de défis techniques, réglementaires et sociaux. Les exigences spécifiques en matière de stockage et de manutention, la nécessité d'une mise à niveau des compétences, ainsi que les problématiques de compatibilité avec les opérations portuaires existantes sont des éléments à considérer.

En ce qui concerne les coûts opérationnels, l'équation économique est tout aussi complexe. L'hydrogène et l'ammoniac, bien que potentiellement plus durables d'un point de vue environnemental, engendrent des coûts initiaux élevés et nécessitent des ajustements dans les opérations quotidiennes des ports et des navires. Le financement de ces initiatives, l'évaluation précise du retour sur investissement et les incitations potentielles pour atténuer les coûts initiaux sont des questions qui nécessitent une attention particulière.

Les exigences réglementaires représentent un autre volet crucial de cette transition énergétique. La manutention de substances telles que l'hydrogène et l'ammoniac est soumise à des normes strictes en raison des risques associés à leur stockage et à leur transport. Il est donc nécessaire d'harmoniser les normes et réglementations locales, nationales et internationales pour faciliter une intégration réussie de ces énergies dans les systèmes portuaires.

Du point de vue environnemental, l'hydrogène vert et l'ammoniac offrent des avantages certains en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, leur production, leur stockage et leur distribution doivent être gérés de manière à minimiser tout impact environnemental négatif, ce qui ajoute une autre couche de complexité à leur intégration.

Les aspects économiques, en particulier l'évaluation des coûts et bénéfices à long terme de ces technologies, sont un élément clé qui influence les décisions des parties prenantes. Parallèlement, la logistique et la chaîne d'approvisionnement, spécialement dans un contexte où il existe déjà plus de 130 terminaux portuaires d'ammoniac dans le monde, ajoutent une dimension globale qui doit être prise en compte dans toute stratégie d'intégration.

Enfin, l'acceptabilité sociale de ces technologies, en particulier dans des contextes spécifiques comme celui de la Normandie et de l'Axe Seine entre le port du Havre, Rouen et Paris, peut jouer un rôle déterminant dans la vitesse et l'efficacité de la transition énergétique. Les préférences socioculturelles, les opinions publiques et les politiques locales sont des facteurs qui peuvent considérablement influencer la faisabilité et la rapidité de l'adoption de nouvelles infrastructures énergétiques.

En conclusion, la transition vers une utilisation accrue de l'hydrogène vert et de l'ammoniac dans les systèmes portuaires et maritimes est une entreprise qui présente une complexité substantielle, impliquant une multitude de variables techniques, économiques, réglementaires, environnementales et sociales. Une attention minutieuse à chacun de ces aspects est donc nécessaire pour faire de cette transition une réalité viable et durable. Seule une approche intégrée, prenant en compte toutes ces dimensions, permettra de répondre aux défis inhérents à l'adoption de ces nouvelles formes d'énergie.

En 2023, ces nouveaux cadres géopolitiques et géoéconomiques actuellement en formation, influencés par des facteurs aussi divers que la réglementation, les opportunités économiques, les considérations techniques et les défis sociaux, suscitent pour l'instant plus de questions que de réponses affirmées. Toutefois, ces questions sont bien concrètes et représentent des défis majeurs pour l'ensemble de la filière.

De plus, ayant le sentiment de ne faire qu'effleurer le sujet avec cet article, il paraît important de préciser à nouveau que des transformations tout aussi structurantes sont à attendre du développement des carburants dérivés de l'hydrogène laissés de côté durant ces pages (LOHC, e-methanol, LNOHC, hydrures...) que ce soit pour le port lui-même, ses partenaires d'intermodalité, sa clientèle en mer en quête d'électrification à quai et de solutions de bunkering, son parc de mobilité propre, ses grues et autres véhicules spéciaux, et en lien avec les producteurs d'énergies renouvelables au large. Le chaîne de valeur hydrogène-ammoniac n'est qu'une facette de cette dynamique de bouleversements paradigmatiques, et, bien que ce soit celle qui concentre les faveurs des investisseurs dans le transport d'hydrogène sur de longues distances aujourd'hui, ce n'est pas celle qui permet le plus de couplages sectoriels. En effet, les volumes nécessaires pour la décarbonation conjointe du maritime et de l'aérien, par exemple, laissent penser qu'une part certaine du potentiel de cette chaîne de valeur hydrogène-ammoniac finira par échoir à des solutions hydrogène - CO<sub>2</sub> liquéfié - e-methanol - e-kérosène, et les défis et questions propres à cette autre chaîne de valeur mériteraient un autre article.

Quoi qu'il en soit, les réponses à l'ensemble des questions ouvertes par l'avènement d'un marché de l'hydrogène bas-carbone ne peuvent être approchées que par une méthodologie multidisciplinaire qui prenne en compte non seulement les aspects technologiques, mais également les dimensions économiques, politiques et sociales qui sous-tendent cette transition cruciale. Penser en système dans un environnement en profonde évolution, sans savoir quelle technologie s'imposera, tout en préservant au maximum les intérêts des acteurs maritimes que leurs partenaires dans leur hinterland, voilà le principal défi multidimensionnel que l'avènement progressif d'une économie de l'hydrogène pose en matière d'intelligence portuaire.

# Des Académies du Partenariats-Publics-Privés pour une intelligence collective et partagée au service du développement des pays en émergence. Vision projetée ouest-africaine

*Laurent THORRANCE*

*Fondateur et Président Directeur Général*

AXELCIUM

Abidjan – République de Côte d'Ivoire

Dubaï – Dubaï

*Alain H. RASOLOFONDRAIBE*

*Economiste Senior et Expert financier*

AXELCIUM

Paris – France

*Harison RAKOTONIRAINY*

*Chef de projet et Expert financier*

AXELCIUM

Paris – France

*Yann ALIX*

*Délégué Général*

FONDATION SEFACIL

Le Havre – Paris – France

# Introduction : pourquoi les PPP peuvent être vecteurs d'intelligence collective ?

N'ayons pas la crainte d'entamer cette contribution par un poncif : le secteur portuaire répond en premier lieu à une demande maritime qui est animée par une très haute intensité capitalistique. Les quelque 75 000 navires de commerce qui sillonnent les océans pour soutenir notre globalisation marchande nécessitent des milliers d'infrastructures portuaires qui conjuguent impératifs de services publics et mise à disposition hyper concurrentielle de solutions de services qui dépassent largement les seules dimensions de l'infrastructure.

Le secteur portuaire a ceci de particulier qu'il a très rapidement mobilisé les partenariats publics-privés pour accompagner la capacité d'engagement budgétaire du secteur public tout en mitigeant les risques par des transferts plus ou moins élaborés vers la sphère privée. Le tout s'inscrit dans des temporalités complexes qui combinent :

- Le temps souvent long de la préparation (institutionnelle, juridique, contractuelle, etc.) des relations entre toutes les parties prenantes impliquées dans les PPP ;
- Le temps nettement plus court de l'engagement séquencé de chacun des partenaires dans la réalisation et la mise en opération des installations financées par les PPP ; et finalement,
- Le temps encore plus long de l'exploitation des infrastructures et des services selon les modalités normalement clarifiées et explicitées dans le cadre des contrats de PPP.

Comme il est répété à l'envi par les spécialistes de cabinets-experts comme Axelcium, PPP ne signifie rien d'autre que *Préparation, Préparation, Préparation* ! Cette contribution vise à clarifier pourquoi et comment la formation et le renforcement des capacités sont l'alpha et l'omega de cette préparation au cube. Elle a pour finalité d'explicitier dans quelle mesure l'intelligence des PPP dans le secteur spécifiquement portuaire relève d'une approche nécessairement collective et collaborative.

Elle décline sans exhaustivité des méthodes et des outils qui s'ajustent aux environnements réglementaires et aux personnalités mêmes des ordonnateurs de la décision publique. Il n'existe pas une seule recette d'un PPP intelligent et infallible. Il existe par contre des initiatives qui cherchent à co-construire des solutions dessinées sur mesure afin de répondre au plus proche aux besoins de communautés portuaires en croissance.

Le cas exposé est celui en cours d'élaboration en Côte d'Ivoire où deux grands ports maritimes (Abidjan et San Pedro) servent les intérêts souverains et économiques de la nation mais aussi les aires enclavées sahéliennes. L'Académie des Partenariats Publics Privés (APPP) projette une ambition commune qui associe les élites politiques d'une nation émergente à fort potentiel et des acteurs privés qui croient dans l'APPP au point d'y consacrer du temps, de l'énergie et des moyens.

Après avoir, de manière schématique, proposé une définition et un cadre d'application des PPP, la présente contribution détaille les principaux constituants d'une « boîte à outils » pour que les PPP soient véhicules de réussite collective. Une troisième partie discute des contours de l'APPP et défend la posture idéologique et pratique que les PPP sont bien des vecteurs d'intelligence collective, en autant que toutes les parties prenantes impliquées soient bien préparées, préparées, préparées.

## *Le secteur portuaire et les PPP : une construction collaborative de l'investissement et des opérations sur le long terme*

Dans une référence absolument indispensable, le père de la géographie maritime français constate d'emblée dans un titre de son introduction :

« L'inévitable circulation maritime. L'indispensable équipement des ports. »

**André Vigarié, 1979, p.6**

Les ports constituent des lieux particuliers, des espaces singuliers et des territoires uniques où la concentration de richesses et de pouvoir est rarement égalée sur le continent (Alix, Comtois & Delsalle, 2014). Comme rappelé par Brigitte Daudet :

« Le monde contemporain demeure marchand et globalisé avec des écosystèmes portuaires qui agissent comme les nœuds d'une mondialisation nomade. La gouvernance des ports est un sujet passionnant qui évolue depuis trois millénaires au gré d'influences qui peuvent être réformatrices, conservatrices, dogmatiques ou encore libérales. »

**Brigitte Daudet, 2021, p.6**

Dans son fonctionnement historique et intrinsèque, l'écosystème portuaire a toujours intimement mêlé trois dimensions :

- La sphère politique et publique pour garantir une organisation régaliennne et s'assurer de la maîtrise géostratégique d'infrastructures jugées vitales pour la Nation ;
- La sphère privée avec des aristocrates qui orchestrent les rapports de pouvoir et une bourgeoisie entrepreneuriale qui assure le fonctionnement/financement des marines marchandes et des activités à quai ; et,
- Une société civile qui prospère par son travail ouvrier aux services des marchandises et des navires.

En obérant de manière délibérée toutes les dimensions militaire, géopolitique et géostratégique recouvertes par l'interface portuaire, force est de constater que les activités portuaires ont toujours exigé de très fortes mobilisations en capital. Construire et entretenir un port (et *a fortiori* un réseau portuaire à l'échelle d'un pays avec littoral) constitue un défi que les historiens aiment à considérer depuis l'avènement des premiers thalassocraties méditerranéennes et asiatiques (Boorstin, 1988) (Braudel, 1993)(Buchet, 2017). Sur le plan purement juridique, le professeur Jean Grosdidier de Matons considère l'usage des premières formes réglementées de partenariat public-privé aux alentours du XVI<sup>e</sup> siècle alors que les besoins en infrastructures portuaires se démultiplient avec les grandes découvertes et l'expansion du monde *dit* connu (Grosdidier de Matons, 1999). Xavier Bezançon fait lui référence à l'Ancien Régime, période de naissance des principaux services publics et par voie de conséquence, à toutes les formes de délégation (Bezançon, 1995).

Sans parvenir à circonscrire une définition générique admise par le plus grand nombre à travers les âges, le professeur Grosdidier de Matons propose une formule lapidaire :

*« Le partenariat public-privé a pour objectif l'optimisation de l'emploi des ressources privées et de l'activité régaliennne de l'Etat dans la conduite et l'exécution d'activités généralement économiques et d'intérêt général. Elle repose entre autre sur les principes d'égalité de traitement, de liberté d'accès et d'objectivité des procédures. »*

**Jean Grosdidier de Matons, 2012, p. 49.**

Thorrance & Alix proposent de compléter cette première déclinaison en s'inspirant des travaux de de la Banque Mondiale :

*« Un contrat de long terme entre une partie privée et une entité publique, relatif à la fourniture d'un actif public ou d'un service public, dans lequel la partie privée supporte un risque significatif et des responsabilités de gestion et dont la rémunération est liée à la performance. »*

**Laurent Thorrance & Yann Alix, 2023 in Alix, 2023**

Cela est à mettre en perspective du cas ivoirien à l'étude où le droit national retient une définition nettement plus étoffée dans le décret n° 2012-1151 du 19 décembre 2012<sup>1</sup> :

*« toutes les formes de contractualisation entre des partenaires publics et privés à l'effet de réaliser un projet relevant du champ d'application du présent décret dans le cadre d'un contrat de partenariat », à savoir « les contrats PPP développés tant sur le domaine public que sur le domaine privé de l'Etat ou des collectivités territoriales et ayant pour objet de réaliser les missions suivantes : la conception, la construction, la transformation, la réhabilitation, le financement, l'exploitation, l'entretien, la maintenance ou la gestion d'infrastructures ou d'ouvrages d'utilité publique, de bâtiments d'équipements ou de biens immatériels, et des prestations de services afférentes, ainsi que le développement ou l'exploitation des domaines publics ou privés, ou des programmes ou des projets d'intérêt général ».*

<sup>1</sup> Le décret n°2018-358 du 29 mars 2018 déterminant les règles relatives aux contrats de Partenariats Public Privé pose même une définition plus restrictive et précise, en disposant en son article 3, que :

**« Article 3 : Un contrat de PPP s'entend de l'un des contrats suivants :**

*(a) un contrat par lequel une autorité contractante confie à un opérateur, pour une période déterminée, en fonction de la durée d'amortissement des investissements ou des modalités de financement retenues, une mission globale ayant pour objet ;*

- la construction, la transformation, la rénovation, la réhabilitation, l'aménagement, le démantèlement ou la destruction d'infrastructures, d'ouvrages, de bâtiments, d'équipements ou de biens immatériels nécessaires à un service public ou une mission d'intérêt général ;*
- et tout ou partie de leur financement ;*

*(b) un contrat par lequel une autorité contractante confie à un opérateur une mission globale associant l'exploitation ou la maintenance à la réalisation ou à la conception-réalisation de prestations, afin de remplir des objectifs chiffrés de performance définis notamment en termes de niveau d'activité, de qualité de service ou d'efficacité. Le contrat comporte des engagements de performance mesurables ;*

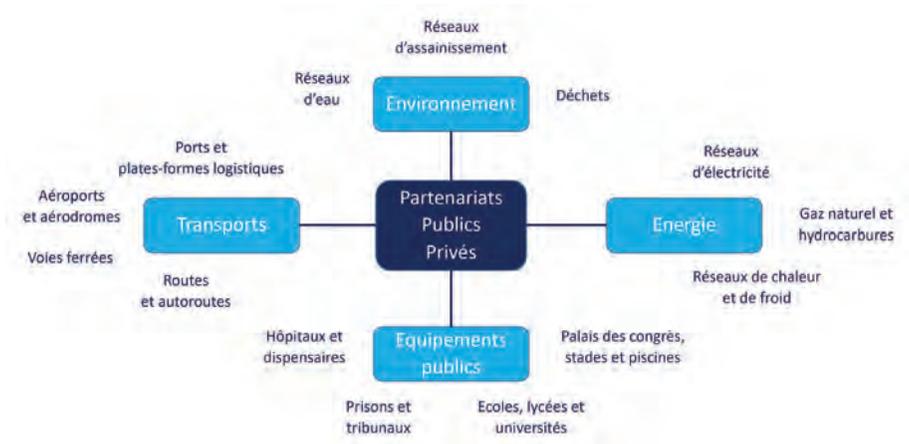
*(c) un contrat par lequel une autorité contractante confie l'exécution de travaux ou la gestion d'un service à un opérateur, à qui est transféré un risque lié à l'exploitation de l'ouvrage ou du service, en contrepartie soit du droit d'exploiter l'ouvrage ou le service qui fait l'objet du contrat, soit de ce droit assorti d'un prix. La part de risque transférée à l'opérateur implique une réelle exposition aux aléas du marché, de sorte que toute perte potentielle supportée par l'opérateur ne doit pas être purement nominale ou négligeable. L'opérateur assume le risque d'exploitation lorsque, dans des conditions d'exploitation normales, il n'est pas assuré d'amortir les investissements ou les coûts qu'il a supportés, liés à l'exploitation de l'ouvrage ou du service.*

*(...)*

*Lorsque l'autorité contractante confie la gestion d'un service, à un opérateur, le contrat peut consister, soit à déléguer la gestion d'un service public, soit à construire un ouvrage, soit à acquérir des biens nécessaires au service. »*

A ce stade, et dans un souci de concision, les auteurs précisent que le secteur portuaire constitue un secteur privilégié des PPP mais sans en avoir l'exclusivité comme précisé dans la figure 9-1. Le secteur de l'énergie notamment se caractérise par une forte mobilisation en capital et une exposition au risque qui favorisent l'usage des PPP.

**Figure 1 : Les principaux secteurs d'activités à forte mobilisation en capital visés par les PPP**



Source : Yann Alix – Fondation SEFACIL 2023

Au-delà des technicités juridiques et financières, l'important à retenir est que les PPP constituent des véhicules de facilitation des collaborations entre les acteurs publics et les investisseurs/opérateurs privés. Surtout, il est impératif d'insister sur le fait qu'un usage approprié des PPP permettrait aux Etats émergents :

- augmenter les ressources disponibles pour le financement des infrastructures en mobilisant l'investissement privé ;
- associer le secteur public, garant de l'intérêt général et régulateur des fonctions publiques, au secteur privé, dont la priorité est avant tout la rentabilité et l'efficacité commerciales ;
- accélérer la réalisation du programme public de mise en place d'infrastructures nécessaires au développement économique et social ;
- optimiser la dépense publique (« *Value for Money* ») dans les projets d'infrastructure par (i) l'amélioration de l'évaluation des projets et de l'équilibre entre les intérêts des différents acteurs, (ii) la mise en place d'incitations aux meilleures pratiques, au respect des délais

d'achèvement et à une exploitation efficace et (iii) le partage du risque projet avec le secteur privé ;

- faire jouer la concurrence pour encourager l'innovation et améliorer l'optimisation des ressources ;
- améliorer le caractère durable des infrastructures ;
- améliorer la transparence de la dépense publique.

Cette liste non-exhaustive suppose cependant que chaque Etat, à son échelle, mette en œuvre préalablement un Dialogue Public-Privé en cohérence avec le principe général de gouvernance économique suivant : Le Privé autant que possible, l'Etat autant que nécessaire. Cela pourra alors se décliner en termes de politique économique avec une vision stratégique établie sur le long terme, au niveau de chaque Etat. Le tout s'inscrit selon huit points fondamentaux :

1. Cohérence avec la politique nationale de développement : le recours à un PPP ne devrait porter que sur des projets d'investissement ayant un effet d'accélération du développement durable économique et social en cohérence avec les lignes directrices des réformes sectorielles définies par l'Etat.
2. Optimisation des ressources publiques et des investissements directs étrangers : la participation du secteur privé doit être conçue comme un accélérateur de développement permettant l'utilisation optimale des ressources publiques, encore limitées, et favorisant les investissements directs étrangers.
3. Amélioration des performances et de la qualité de service : les PPP ne doivent pas être réduits à un mécanisme de financement privé pour la réalisation d'infrastructures publiques. L'implication du secteur privé doit être accompagnée d'une amélioration des performances et de la qualité de services pour les usagers.
4. Allocation optimale des risques : une répartition optimale des rôles entre le secteur public et le secteur privé implique l'identification, la réduction (mitigation) et l'allocation des risques du projet visant à ce que chacun des risques soit supporté par la partie qui le contrôle ou qui est la plus à même de le gérer au moindre coût.
5. Capacité des usagers à payer le service : le principe de l'utilisateur-payeur est à rechercher systématiquement dans la structuration des projets PPP, dans la limite de la capacité des usagers finaux à payer le service (notion d'acceptabilité des tarifs et d'« acceptabilité sociale » pour les biens et services essentiels).

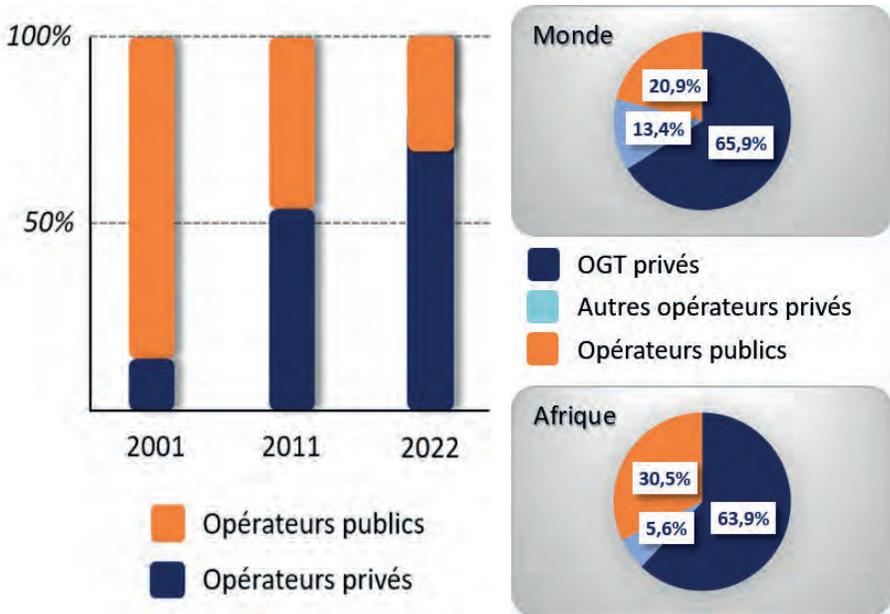
6. **« Bancabilité » et juste rémunération des capitaux investis pour le partenaire privé** : la structuration d'un projet PPP doit, selon le schéma d'allocation des risques entre les parties, permettre à la fois de satisfaire aux exigences (i) d'équilibre financier du Projet (en particulier la couverture du service de la dette en cas de participation de prêteurs) et (ii) de juste rémunération des capitaux investis telle que mesurée par des méthodologies d'évaluation du coût du capital.
7. **« Value for money » et soutenabilité budgétaire pour l'autorité contractante** : avant d'opter pour un PPP, l'autorité contractante doit apprécier le niveau d'engagement financier et de risques qu'elle supporte au regard du schéma d'allocation des risque entre les parties, du niveau de capacité de paiement des usagers et des exigences de « bancabilité ».
8. **Economie locale et transfert de technologie** : les PPP doivent être structurés de manière à encourager au maximum l'usage des biens et services locaux, ainsi que le transfert de technologie et la promotion des industries locales et du secteur privé.

## *Un outillage méthodologique adaptable selon les situations*

Le secteur portuaire dans la plupart des pays émergents a ceci de particulier qu'il conjugue deux dimensions qui ne sont pas nécessairement antinomiques mais qui s'inscrivent dans une singulière dichotomie. D'un côté, et c'est par exemple le cas dans bon nombre de nations littorales africaines, les Etats ne disposent que d'un seul grand port de commerce. Celui-ci constitue une entité vitale au fonctionnement d'économies encore largement tournées vers le commerce ultramarin. En conséquence de quoi, ces infrastructures qualifiées d'essentielles recouvrent une dimension souveraine chérie par les plus hautes sphères politiques.

Ce caractère régalien fait des autorités portuaires des lieux de pouvoirs dans une mission de services publics inscrite dans les textes réglementaires et juridiques. Le développement infrastructurel relève d'engagements publics dans la cohérence d'un aménagement fonctionnel et stratégique du territoire national. Une fois cela énoncé, et c'est l'autre dimension portuaire à retenir : les fonctions d'opération et de gestion des activités économiques et logistiques sur les terminaux portuaires relèvent dans une large majorité des cas du secteur privé (Figure 2).

**Figure 2 : Transfert des responsabilités opérationnelles et de gestion des terminaux conteneurisés : le cas du continent africain**



Source : Yann Alix à partir de travaux de 2022 et 2023

Ce partage entre les sphères publique et privée constitue le cœur de la relation partenariale inscrite dans les PPP et concerne tous les types de trafics portuaires. Dans le cas spécifique du conteneur, près de 80 % des terminaux mondiaux sont opérés selon des modèles concessifs inscrits dans des PPP (30,5 % pour le continent africain). Les PPP ont accompagné un changement radical dans le panorama de gestion des terminaux puisque 90 % des terminaux conteneurisés africains étaient encore opérés par des sociétés publiques à la fin des années 1990. Autre élément structurant, l'affirmation de compagnies privées spécialisées (*Opérateurs Globaux de Terminaux – OGT*) qui vont « marchandiser » un savoir-faire à l'échelle mondiale. Ces entreprises, à l'instar d'un pionnier comme *Port of Singapore Authority International*, propose des solutions « clés en main » avec des schémas concessifs relativement standardisés où sont valorisés une compétence de gestion reconnue et une puissante capacité d'investissement.

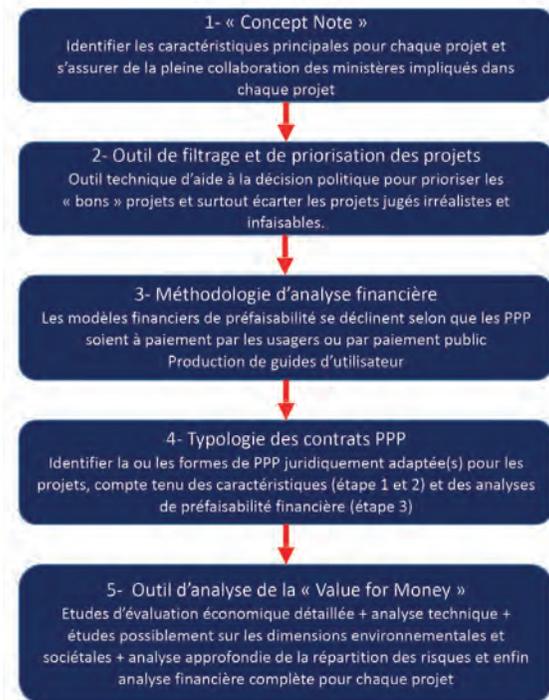
Pour l'autorité publique, il s'avère décisif d'établir un « plan complet d'action » en suivant des étapes méthodologiques qui mobilisent des compétences internes au sein de toutes les strates publiques concernées par le projet de PPP. La figure 3 caractérise en 5 grandes phases le processus d'initialisation d'un partenariat public-privé. A partir des instruments nationaux de planification générale ou sectorielle et selon les objectifs et priorités établies par les plus hautes sphères de l'Etat, les autorités

contractantes doivent identifier les projets susceptibles d'être réalisés en PPP via la réalisation d'une analyse de définition des besoins établie selon deux axes principaux :

- D'une part, les projets PPP potentiels sont identifiés par l'autorité contractante pour constituer un instrument de planification stratégique des interventions publiques ;
- D'autre part, une application des règles relatives à l'identification des besoins de l'autorité contractante en matière de marchés publics devient possible en tenant toutefois compte des spécificités des projets.

Evidemment, il doit être déterminé d'emblée si l'autorité contractante est l'Etat, une collectivité territoriale, une société d'Etat ou à participation publique majoritaire, un établissement public ou toute autre entité conformément aux dispositions en vigueur. La définition des besoins et la planification des opérations relatives à l'identification des potentiels projets PPP doit être validée par le ministère ou l'organisme de tutelle de l'autorité contractante.

**Figure 3 : Les principales séquences méthodologiques pour le développement des partenariats publics et privés portuaires**



La *concept note* est réalisée par l'autorité contractante avec un objectif double :

- d'une part, identifier les caractéristiques principales du projet portuaire pour permettre de saisir rapidement la complexité des enjeux stratégiques, économiques et sociaux ; et
- d'autre part, permettre à l'autorité contractante de pouvoir compter sur la collaboration effective des ministères impliqués dans l'opération, soit en règle générale, le ministère des transports, les ministères de l'économie et des finances et du budget, etc.

La *concept note* doit apporter des premiers éléments de réponse pour déterminer si ce projet est susceptible de faire appel à une participation du secteur privé pour satisfaire les objectifs définis. Il est important de conserver à l'esprit que l'outil de filtrage et de priorisation des projets n'est qu'un outil technique d'aide à la décision politique. La *priorisation des Projets PPP* est généralement proposée par chaque autorité contractante concernée puis validée par l'Etat dans le cadre du plan de développement national. L'objectif à ce stade n'est pas de mener une évaluation détaillée des projets à réaliser mais plutôt d'écarter les projets n'étant clairement pas adaptés à une réalisation sous forme PPP. La priorisation s'établit selon les critères suivants :

- L'existence d'un programme d'investissement prioritaire auquel le projet peut être relié.
- Le niveau de préparation du projet avec des études de faisabilité complétées par des études d'avant-projet détaillé selon la nature même des projets portuaires envisagés.
- Le degré d'attractivité du projet pour le secteur privé qui dépend généralement de la rentabilité du projet et de sa capacité à générer des revenus. Les projets de PPP de type « conception, construction et exploitation d'infrastructures portuaires » sont perçus comme étant *a priori* attractifs.

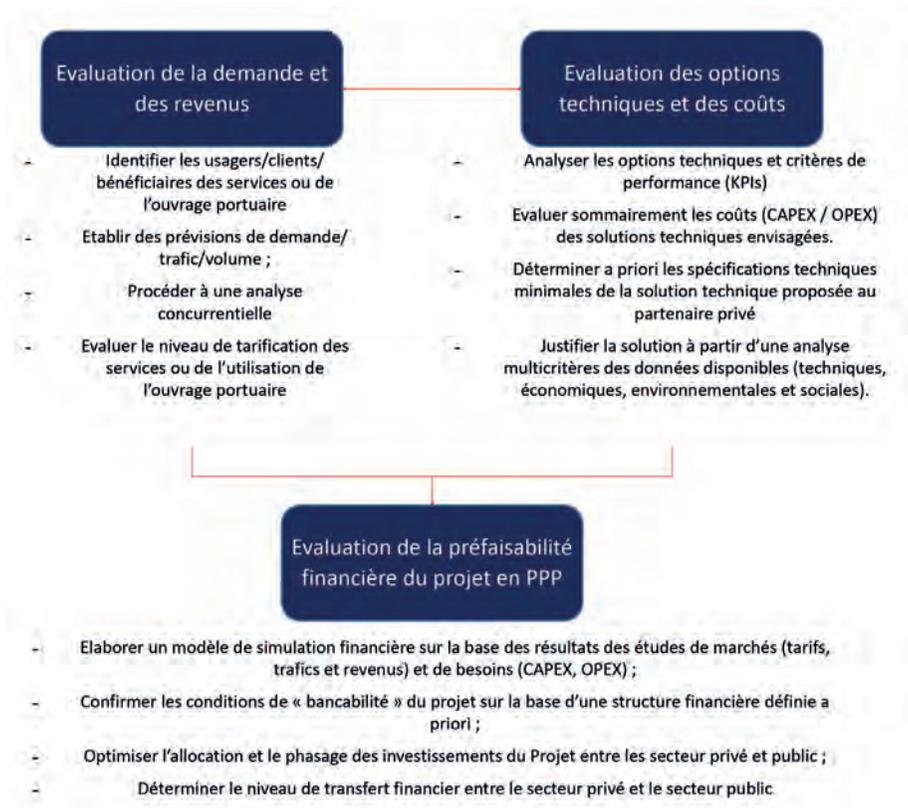
Cette méthodologie de hiérarchisation revêt une importance stratégique car elle permet d'une part, d'attirer rapidement le maximum d'investisseurs, de bailleurs de fonds et de promoteurs et, d'autre part, de contribuer efficacement aux politiques nationales de développement économique et social.

L'outil d'aide à la priorisation des projets (dénommé Outil de filtrage et de priorisation des projets « *Early Stage* ») comporte cinq critères affectés d'une notation et qui sont ensuite pondérés entre eux, à savoir :

1. niveau de priorité du gouvernement ;
2. poids du secteur considéré ;
3. mode de rémunération du partenaire privé ;
4. niveau de maturité du projet ;
5. type de PPP envisagé.

La méthodologie d'analyse financière requiert plusieurs étapes préalables de collecte de données et d'analyses qui capitalisent les premiers éléments consolidés de la *concept note* (Figure 4).

**Figure 4 : Principaux éléments des phases d'évaluation en vue de la préféabilité financière**



Source : Fondation SEFACIL 2023 à partir des documentations confidentielles d'Axelcium

L'analyse de préféabilité juridique du projet portuaire exige d'identifier les contraintes institutionnelles et juridiques devant être prises en compte dans :

- la structuration du Projet ; e,
- la détermination de la stratégie de transaction, notamment la possibilité de déléguer ou non certaines missions au secteur privé.

Cela permet d'identifier la ou les formes de PPP juridiquement adaptée(s) pour le projet portuaire, compte tenu des caractéristiques présentées dans la *concept note* et des résultats des analyses de préféabilité financière. La répartition optimale des rôles entre le secteur public et le secteur privé avec des analyses spécifiques qui détaillent notamment :

- les périmètres respectifs des actifs et des activités ;
- le niveau des transferts financiers anticipés ;
- le niveau de partage des risques ;
- les recommandations pour une approche de régulation financière et de partage de la valeur créée entre secteur privé et secteur public.

La définition du calendrier prévisionnel de mise en œuvre permet de déclencher la détermination et la mise en action de la stratégie de transaction. C'est à ce stade que se décide ou se confirme si l'autorité contractante confie les analyses et leur suivi à des organismes publics nationaux disposant des compétences techniques, juridiques et financières ou s'il est préférable de faire appel à un accompagnement extérieur spécialisé et neutre. Ce choix s'avère d'autant plus décisif que la qualité des travaux et analyses finalisés permet de confirmer l'intérêt et l'engagement des investisseurs privés et/ou des bailleurs de fonds. La procédure de passation est lancée seulement quand tous les éléments qualitatifs et quantitatifs sont consolidés, avec ou sans le support d'entités disposant des expertises et des références en matière technique, financière et juridique.

## *La PPP Academy : conscientiser les élites politiques et renforcer les capacités des élites publiques*

### **Le constat**

Les quelques illustrations précédentes en matière d'outils et de méthode mettent en lumière une réalité : les entités publiques et autorités contractantes sont rarement préparées au niveau d'excellence technique, juridique et financière requis. Pour les pays émergents, se doter des moyens pour former les élites publiques constitue une priorité stratégique pour maîtriser, en amont, de toutes les composantes d'un PPP portuaire

emmenant l'Etat et l'autorité portuaire dans un cycle de vie qui s'inscrit dans le long terme (15, 20, 30 ans, voir plus dans certains cas).

La capacité des autorités contractantes à suivre, entériner, corriger, contrôler et sanctionner, en d'autres termes réguler ces PPP, n'est que trop rarement pris en compte lors de la structuration des PPP. Par conséquent, le manque de préparation et de connaissance de la part des élites publiques constitue l'un des facteurs clés des déséquilibres de risque de non atteinte des bouclages financiers (70 % des PPP étudiés ne sont jamais implémentés, les 30 % restants pouvant nécessiter jusqu'à 7 ou 10 ans pour atteindre la phase de bouclage financier). Dans la mise en œuvre, le mécontentement entre les partenaires d'un PPP peut conduire à des arbitrages internationaux longs et coûteux pour les parties.

C'est en réponse à ce constat qu'AXELCIUM, en tant qu'acteur de référence dans la structuration de projets d'infrastructure en Partenariat Public Privé sur le continent, a lancé l'initiative de la *PPP Academy* (Thorrance, 2024).

### **L'initiative PPP Academy**

L'initiative PPP Academy a été lancée pour concrétiser une vision : créer un organe de formation de référence dans la sous-région Afrique de l'Ouest ayant vocation à devenir un acteur de la professionnalisation des Partenariats Public Privé. A travers la mobilisation de diverses expertises, la PPP Academy se veut être un catalyseur de la mutation de ce domaine de connaissance en un vrai métier, et ce à travers le développement, la promotion et le financement de parcours de formation en matière de PPP. La PPP Academy constitue ainsi une réponse à court et à moyen terme aux besoins croissants en matière de PPP qui à ce jour, ne trouvent pas de contrepartie structurée et durable sur le continent.

La mise en œuvre de la PPP Academy a nécessité près de deux années de travail avec le concours d'institutions académiques ivoiriennes de premier plan à l'instar de l'Institut National Polytechnique - Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) et l'Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée (ENSEA). Il s'est agi de co-construire un programme *Executive* à destination des élites publiques ivoiriennes et ouest-africaines au sein duquel sont mobilisés et fédérés un ensemble d'intervenants académiques et professionnels ainsi que des partenaires de premier rang. La réflexion a été aussi enrichie par les travaux et expériences menés par Axelcium et la fondation Sefacil dans les pays de l'Asie centrale, notamment en Ouzbekistan (Figure 5) .

### Figure 5 : Ouverture officielle par Axelcium de la 5<sup>e</sup> édition de la conférence internationale *Logistics & Diplomacy* à Douchanbé au Tadjikistan en janvier 2022



Source : Yann Alix, 2023

Basée sur une pédagogie immersive et participative, la *PPP Academy* mutualise les savoirs académiques des professeurs ivoiriens avec les savoir-faire des experts nationaux ouest-africains et internationaux. Les partages et retours d'expériences seront au cœur d'un dispositif qui vise à certifier les candidats aux plus hauts standards internationaux : notamment à travers la certification Certified PPP Profesional® (CP3P®) délivrée par l'APMG International.

Le but à terme est de pouvoir s'appuyer sur des hauts fonctionnaires en capacité de construire et démultiplier des PPP au service de la modernisation infrastructurelle de tout le continent. Ils seront « outillés » pour intervenir aux côtés d'acteurs privés nationaux/régionaux, qu'ils soient investisseurs ou financeurs issus du secteur bancaire national. *In fine*, l'objectif pour les Etats consistera à la création d'un pool de champions nationaux (après des réalisations réussies de PPP aux côtés d'acteurs internationaux), sur lequel les Etats pourront alors recourir plus largement et facilement pour développer les PPP à dimension davantage régionale que seulement locale ou nationale.

La *PPP Academy* doit devenir un « réservoir de talents » où les dernières cohortes tirent profit du cumul d'expériences des alumnis fédérés dans un réseau au-delà des seules frontières d'un Etat, d'une discipline ou même d'un secteur particulier d'activités.

### Un programme transversal et complet

Dans la perspective d'offrir un enseignement théorique et pratique couvrant l'ensemble des problématiques soulevées par les montages en Partenariats Public Privé, le programme Executive d'une durée de huit (08) semaines, conçu par la *PPP Academy* conjointement avec l'INP-HB et l'ENSEA s'articule autour d'un parcours certifiant conjuguant, de manière complémentaire, des cours académiques, des séminaires thématiques et des sessions dédiées à préparation des examens de certification.

Les enseignements académiques sont conçus et délivrés par des professeurs issus de prestigieuses institutions d'enseignement supérieur (INP-HB, ENSEA, Ecole des Ponts, Ecole Polytechnique, etc.) et ont vocation à fournir aux auditeurs l'ensemble des connaissances fondamentales en jeux dans la mise en œuvre des projets en Partenariat Public Privé. L'objectif de ce volet académique est de permettre aux auditeurs de maîtriser un ensemble de connaissances homogène pour « parler le même langage » s'agissant des PPP.

Dans la continuité du volet académique, un ensemble de séminaires thématiques dispensés par des professionnels reconnus internationalement (avocats, financiers, prêteurs, conseils, représentant des autorités publiques, etc.) et issus de divers secteurs, sont suivis par les auditeurs au cours du programme Executive de la PPP Academy. Ces séminaires en droit des contrats PPP, en modélisation financière, en régulation, etc. se caractérisent par leur format diversifié : des travaux dirigés, des études de cas et des retours d'expérience sont dirigés par des professionnels des PPP aguerris. A travers la présentation des bonnes pratiques internationales, ils viennent illustrer l'ensemble des notions abordées dans les enseignements académiques.

Les enseignements académiques et les séminaires sont conclus par un examen validant l'acquisition de l'ensemble des connaissances jugées indispensables pour un professionnel des PPP.

Le programme Executive est parachevé par une préparation au passage de la certification Certified PPP Professional (CP3P) délivrée par APMG International. Cette certification est soutenue par différentes institutions multilatérales à l'instar de la Banque Asiatique de Développement (BAD), de la Banque Européenne pour la Reconstruction et le Développement (BERD), de la Banque Interaméricaine de Développement (BID), de la Banque Islamique de Développement (BIsD) et du Groupe de la Banque mondiale (GBM), financée en partie par le Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF), et a pour objectif d'améliorer la performance des PPP à l'échelle mondiale. Le titre de CP3P (Certified PPP Professional) est obtenu à l'issue du passage de trois niveaux : Foundation, Preparation, Execution et le programme Executive de la PPP Academy intègre des sessions de préparation aux examens des trois différents niveaux de la certification, délivrés par des formateurs expérimentés et ayant éprouvé les réalités de l'ensemble du cycle de vie d'un projet mené en PPP.

### **Des partenariats stratégiques au centre de l'initiative PPP Academy**

Dans sa volonté de devenir un acteur incontournable de la promotion et du renforcement des PPP sur le continent, la PPP Academy a noué dès sa

constitution des partenariats stratégiques majeurs avec des acteurs tant publics que privés intervenant dans des projets menés en Partenariat Public Privé et jouant un véritable rôle de fédérateurs des acteurs de l'industrie. L'alliance de la PPP Academy avec des institutions académiques de premier plan, à savoir l'INP-HB et l'ENSEA, est à la base de l'élaboration du programme Executive. La PPP Academy entretient également des relations avec des entités publiques à l'instar du Comité de Pilotage des Partenariats Public Privé (CNP PPP) et multilatérales tel que la Banque Africaine de Développement (BAD). Les acteurs du secteur privé ne sont pas en reste puisque la PPP Academy a établi des partenariats avec des acteurs africains et internationaux impliqués dans la mise en œuvre de projets en PPP à l'instar de PFO Africa, Gide Loyrette Nouel, Fondation Sefacil, etc.

### **L'ambition de la PPP Academy : participer à dessiner le futur des PPP sur le continent**

L'ensemble des activités, des partenariats et des programmes portés par la PPP Academy jusqu'alors constituent le socle de l'ambition affirmée de l'initiative : insuffler une réelle professionnalisation des Partenariats Public Privé sur le continent. Le renforcement de capacités et enrichissement de l'écosystème du PPP en sont des piliers critiques.

Des jalons structurants ayant vocation à renforcer et à consolider l'appropriation des montages en PPP demeurent toutefois à atteindre, parmi lesquels la mise à disposition d'une ressource documentaire accessible aux locuteurs francophones du continent. En effet, les supports de formation relatifs aux second et troisième niveaux de la certification CP3P® ne sont pas disponibles en français, constituant ainsi un réel frein pour les locuteurs français du continent à accéder à l'obtention du titre Certified PPP Professional.

Face à ce constat, la PPP Academy a entrepris avec K-Infra, une entité spécialisée dans la préparation à la certification CP3P®, d'explorer les possibilités de traduire l'ensemble des supports de formations existants en langue française. Cette démarche a également attiré l'attention d'entités multilatérales à l'instar de la Banque Mondiale et la Banque Africaine de Développement qui ont engagé des discussions avec la PPP Academy pour contribuer à concrétiser la mise à disposition de telles ressources permettant la professionnalisation des PPP en Afrique. Les travaux de traductions devraient alors être initiés dans le courant de l'année 2024 permettant ainsi de publier les supports de formation en français.

Par ailleurs la PPP Academy entend s'inscrire dans la continuité des nombreuses initiatives existantes pour promouvoir les PPP sur le continent. On peut souligner, notamment, l'Africa Infrastructure Fellowship

Program lancé et soutenu par Global Infrastructure Hub, Meridiam, et le Forum Économique Mondial à l'intention des fonctionnaires issus de l'administration des pays africains et dont le spectre est beaucoup plus large avec les aspects de gouvernance institutionnelle et de passation de marchés publics dans le domaine des infrastructures. Une autre initiative est le partenariat établi entre le L'université Alassane Ouattara de Bouake et le Comité National de Pilotage des Partenariats Public Privé de Côte d'Ivoire pour le renforcement du Master 2 Marchés Publics et Partenariats Public Privé. La démarche d'intervenir dès la formation universitaire des futurs professionnels des PPP a par ailleurs poussé la PPP Academy à approfondir des réflexions avec l'INP-HB et l'ENSEA pour mettre en place une chaire commune sur les Partenariats Public Privé dans le cadre de laquelle serait développé un Master Spécialisé en PPP faisant intervenir des enseignants issus des institutions universitaires locales et internationales ainsi que des professionnels des PPP.

## Bibliographie sélective

- Alix, Y., Delsalle B. & Comtois C. (sous la direction) (2014). *Port-City Governance*. Tome III. Collection Les Océanides de la Fondation SEFACIL. Editions EMS Caen. 300p.
- Bezaçon Xavier. Une approche historique du partenariat public-privé. In: *Revue d'économie financière*. Hors-série, 1995. Partenariat public-privé et développement territorial, pp. 27-50.
- Braudel, F. (1949). *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*. Paris. A. Colin. 1160p.
- Boorstin, D. (1988), *Les découvreurs*. Editions Robert Laffont. Paris. 2 tomes. 1024p.
- Buchet, C. (sous la direction) (2017). *La mer dans l'histoire*. 4 tomes. Boydell & Brewer Publishers
- Grosdidier de Matons, J., (1999). *Droit, économie et finances portuaires*. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris. 1041p.
- Grosdidier de Matons, J., (2011). *Les concessions portuaires*. Fondation SEFACIL. EMS Editions. Caen. 296p.
- Thorrance, L. & Alix, Y. (2023). Partenariats Publics Privés Portuaires : pour un développement africain équilibré. In *Histoires courtes maritimes et portuaires. D'Afrique uniquement*. Editions EMS.
- Thorrance, L., (2024). Les PPP : outils stratégiques au service du développement logistique de l'Asie Centrale. In *Logistics and Diplomacy in 'the extended Central Asia'*. Volume II. Chabal, P., Mullojonv, P. & Fauve, A., (Eds). EMS Editions. Caen. A paraître en Janvier 2024.

# Bataille d'intelligence : les réseaux internationalisés de cybercriminalité vs les coordinations stratégiques des communautés portuaires

*Florian MANET*

*Colonel – Expert international en sûreté globale*  
COMCYBERGEND - GENDARMERIE NATIONALE FRANCAISE

Paris  
France  
&

*Chercheur-Associé*  
Chaire de géopolitique - Rennes School of Business  
Rennes – Paris  
France

## Introduction

La maritimisation de l'économie observée à la fin du siècle dernier s'est accompagnée d'une numérisation galopante des vecteurs et des espaces maritimes. Il s'en est suivi un accroissement rapide de la productivité et l'intermodalité de flux marchands de plus en plus importants en volume. Dès lors, et de manière simultanée, les chaînes de valeur se sont appréciées selon les connexions maritimes et les places portuaires. Les avantages concurrentiels entre ports se fondent, alors, certes sur la connectivité mais, avant tout, sur l'insertion de l'avant-port maritime au sein de son *hinterland*. La force de ce dernier est conditionnée par l'efficacité et les connectivités des chaînes logistiques multimodales.

D'une rare complexité, cette mécanique parfaitement huilée symbolise, à elle seule, les enjeux d'une économie-monde qui paraît indestructible. Néanmoins, cette construction repose sur une base vulnérable, fragile, située au cœur de toutes les attentions et ... convoitées : la *data*. Coordonnées géographiques du navire, *Estimated Time of Arrival* (ETA), température ou hygrométrie à l'intérieur d'un *reefer*, fichiers clients, données du *Bill of Lading*, ... telles s'expriment la variété et la diversité de la *data*, à la fois dans le contenu que sur le format. Cette chorégraphie logistique, financière et organisationnelle réalise à la perfection la fusion de ces informations dans des délais réduits. Synonyme d'eldorado, la *data* frauduleusement captée ouvre des horizons sans limite à son illégitime propriétaire. Comment les communautés portuaires ont-elles appréhendé ce risque ? Comment se sont adaptées les chaînes logistiques internationales face à ce contexte ?

## Le défi numérique de l'infrastructuration des espaces maritimes

La maritimisation de l'économie comme des modes de vie a eu pour effet direct d'« équiper » les espaces maritimes d'infrastructures de service sur les littoraux mais, aussi, de plus en plus, en mer à l'image des plateformes de forage et les champs pétroliers ou gaziers *off-shore* ou, plus récemment, des parcs de production d'énergie marine renouvelable (EMR). Ces infrastructures critiques isolées au milieu des océans, souvent loin des côtes, combinent les risques de sécurité numérique inhérents à un vecteur maritime et ceux liés à un site industriel. Ainsi, l'intrusion malveillante dans les systèmes d'information est susceptible d'engendrer la modification intentionnelle

des coordonnées ou l'accès à des sous-systèmes de sécurité à bord ou au sein de l'exploitation gazière ou pétrolière. Ces manœuvres illégitimes compromettraient alors non seulement la cybersécurité des installations mais aussi la sécurité des personnes et des biens. Cette menace s'accroît davantage encore de nos jours avec le concept d'Industrie 4.0<sup>1</sup> ou *Maritime 4.0* qui induit des relations de communication supplémentaires entre le site et son environnement. La surface d'exposition aux risques cybernétiques est, de fait, proportionnelle au nombre d'accès externes et de leur profondeur au sein des systèmes d'automatisation. Outre les économies en personnels embarqués et en qualifications rares, les solutions de contrôle ou de diagnostique à distance permettent d'optimiser les installations ou les flottes depuis la terre.

### **Nord Stream II ou la fin du mythe de inviolabilité physique des infrastructures maritimes ?**

Le pipeline Nord Stream II, trait d'union maritime gazier entre la Russie et l'Allemagne, est victime d'un acte de malveillance constaté les 26 et 27 septembre 2022. A cette occasion, la communauté internationale s'étonne d'un bouillonnement inhabituel à la surface de la mer Baltique et, ce, en deux endroits différents. Gisant dans les fonds de la Baltique, le pipeline rallie Vyborg en Russie à Lubmin en Allemagne, soit 1 224 kilomètres. Ce défi technologique permettait d'alimenter l'économie allemande en matière première bon marché.

**Figure 1 : Sabotage du gazoduc immergé Nord Stream en mer Baltique**



Source : AFP 2022

Cet acte de malveillance remet durablement en cause la sûreté des installations techniques immergées, considérée comme un pré-requis universel. Certes, il était couramment admis que ces dernières pouvaient être l'objet d'un problème de sécurité dans leur exploitation. Ainsi, des puits

d'extraction de pétrole ou de gaz *off-shore* ont pu exploser ou prendre feu. De même, des câbles de télécommunication ou internet sous-marins ont pu être arrachés lors de campagne de pêche. Désormais, la jurisprudence Nord Stream II instille le risque malveillant dans la conception, la construction et l'exploitation d'infrastructures techniques immergées. Les conséquences sont d'autant plus importantes à appréhender que 99 % des données numériques transitent au fond des océans dans un contexte d'explosion du trafic international. En outre, les espaces océaniques contribuent de manière croissante à la production d'énergie non carbonée à l'image des parcs éoliens marins posés ou flottants par exemple. Des scénarii sont échafaudés sur les risques ainsi encourus. Dès lors, il est envisagé les mesures de résilience à opposer pour assurer la continuité et la viabilité des flux énergétiques ou informationnels empruntant les fonds marins.

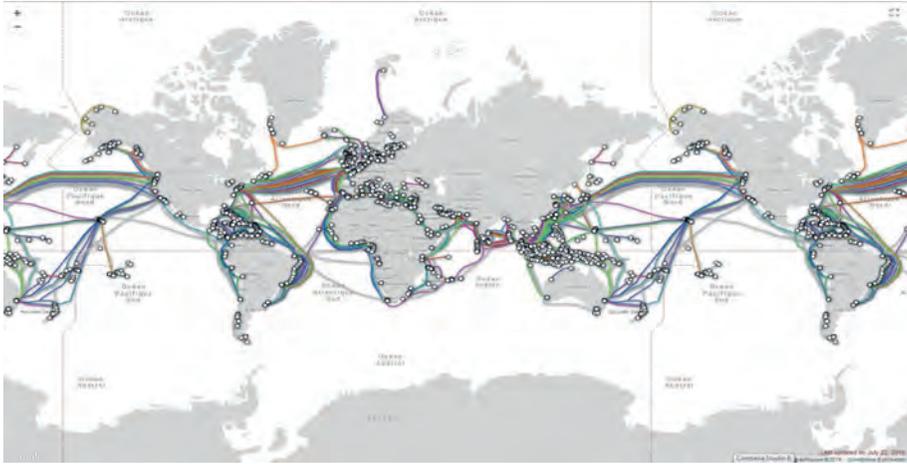
### **La mer, pare-feu numérique des infrastructures énergétiques et informationnelles ?**

Les infrastructures maritimes constituent, bien souvent, des sites industriels complexes dont le principe de fonctionnement et, partant, son efficacité reposent sur des connexions internes mais aussi externes établies avec des centres distants de *Command and Control* (C2). Ces interconnexions sont donc consubstantielles à la conception de ces systèmes. En plein développement, elles s'inscrivent graduellement dans le sillage de l'industrie du futur, l'industrie 4.0, qui accélère l'ouverture numérique des ensembles industriels. Cette menace s'est déjà exprimée, créant un chantage par déni de service avec un opérateur énergétique. Ainsi, en octobre 2015, immergée dans le raz de Sein, l'hydrolienne opérée par l'entreprise finistérienne Sabella est victime d'un rançongiciel infectant l'ordinateur de contrôle de la production. Encore en phase de test, cet incident se traduit, néanmoins, par un arrêt de la production durant 15 jours, privant ainsi l'île voisine de Ouessant d'électricité. Cet exemple symbolique permet d'envisager l'impact socio-économique sur l'activité humaine. Ce bilan étant accru par l'insularité.

### **20 000 fibres sous les mers ou le spectre du chaos digital mondial ?**

Les câbles maillent les fonds marins. D'un continent à l'autre. D'un rivage à l'autre. Concentrés en leur point d'atterrissage, ils s'immergent en faisceau qui, au fur et à mesure, gagnent leurs destinations finales. En 2019, près de 400 étaient dénombrés pour un réseau fort de 1,2 million de kilomètres.

**Figure 2 : Carte mondiale des câbles de télécommunications sous-marins.  
Situation observée en 2018**



Source : Eurafibre, 2018

Ainsi, sous la forme d'impulsions lumineuses circulant à très grande vitesse, ils véhiculent dans les fibres optiques, c'est-à-dire un long fil de verre de l'épaisseur d'un cheveu, des informations de toutes natures. Ordres de bourses, messageries personnelles comme professionnelles, renseignement militaire, etc. Il est couramment estimé que le montant des transactions financières parcourant ce réseau intercontinental s'élève à plus de 10 000 milliards de dollars par jour. Or, chacun peut imaginer les difficultés et les obstacles qui compliquent l'entretien d'un tel réseau peu accessible. Ces opérations de maintenance exigent des moyens considérables. Ceci contraste avec l'absolue ignorance de cette infrastructure vitale critique, ô combien, stratégique sur lequel est fondée désormais notre vie quotidienne. Ainsi, parmi les risques les plus fréquents se trouvent les opérations de pêche et d'ancrage<sup>2</sup> de navire mais aussi, plus rarement, des causes géologiques<sup>3</sup>. Si elles sont fort heureusement rares, ces pannes engendrent des effets domino parfois très loin de leur centre de gravité au regard du degré d'interconnexion et de dépendance des économies aux réseaux.

Ces actes malveillants<sup>4</sup> nécessitent la conception d'une manœuvre particulièrement audacieuse visant à interrompre ou à détourner le flux de données transitant par ces tuyaux. Ils supposent des modes opératoires hybrides produisant des effets asymétriques sur le camp adverse. Scène déjà observée en 1898, lors de la guerre américano-espagnole, les Américains coupèrent les fils télégraphiques entre l'Espagne et ses possessions transatlantiques. Autre scénario possible qui expose moins les auteurs : « écouter » le flux de données qui empruntent ce canal en installant des mouchards aux points clés du réseau. Reste à déchiffrer et à exploiter cette

masse considérable de données ainsi frauduleusement collectées. Enfin, nous assistons à une privatisation progressive de ces infrastructures vitales qui irriguent l'ensemble de nos vies. Jadis réseau étatique, les opérateurs comme les GAFAM en prennent progressivement le contrôle. Ce qui ne laisse pas d'interroger sur les enjeux de souveraineté attachés aux données et aux garanties apportées à la liberté d'expression.

Ainsi, loin d'être protectrice, la mer apparaît comme un facteur démultiplicateur du risque et des vulnérabilités numériques. La très haute valeur ajoutée délivrée par ces installations *off-shore* conjuguée à leur isolement géographique accroît l'impact perçu ou réel sur l'ordre public socio-économique.

## *Le port, refuge numérique ou lacune dans la cuirasse du commerce international ?*

Les installations portuaires sont situées à la charnière du commerce maritime. A la convergence de l'*hinterland* et de l'avant-port. A l'épicentre d'un flux complexe multimodale unissant le maritime, le fluvial, le routier, le ferroviaire et les infrastructures immergées ou posées. Elles cristallisent de nombreuses convoitises et de multiples vulnérabilités démultipliées par la concentration d'acteurs à très forte valeur ajoutée et par la connectivité maritime. Nombreux sont les exemples susceptibles d'illustrer les enjeux de cybersécurité propre à l'environnement maritimo-portuaire.

### **La chaîne d'approvisionnement interconnectée, atout des communautés portuaires ?**

La complexité des échanges marchands internationaux a nécessité des dispositifs de gestion interopérables des systèmes propres aux différents acteurs de la chaîne logistique portuaire. Conçus nativement dans une logique multimodale et internationale, ils contribuent, ainsi, à l'affirmation de la chaîne de valeurs comme le démontrent les exemples suivants :

- « *Port Community Systems* » (PCS) : ce logiciel permet de rationaliser les procédures liées aux opérations de transport de marchandises. Il a vocation à faciliter le dialogue terre-mer et l'échange de données. Il s'agit d'un préalable fondamental à l'émergence d'une chaîne logistique souple et conforme aux exigences douanières liées à la circulation internationale des biens et marchandises ;
- « *Cargo Community System* » (CCS) : ce système relie les acteurs publics (administrations des douanes, gendarmerie, organismes

vétérinaires et phytosanitaires...) et acteurs privés (agents maritimes, transitaires, manutentionnaires, exportateurs et importateurs, dépôts de conteneurs). En d'autres termes, le CCS connecte l'*hinterland* sur tous les modes de transport en pré-acheminement et en post-acheminement ;

- le CCS s'interface avec des systèmes d'information spécifiques comme le Système d'Information Fluviale opéré par les Voies navigables de France. Il délivre des informations clés comme les horaires et statuts des écluses, la disponibilité des quais, les hauteurs libres sous pont ou encore les tirants d'eau. La disponibilité et l'actualité de ces éléments contribuent à la sécurité comme à la fluidité d'une complexe manœuvre logistique. Autant de qualités qui conditionnent la compétitivité d'une chaîne de valeurs portuaires.

Au total, c'est l'ensemble de l'écosystème portuaire mondial qui a initié et généralisé l'échange d'informations numériques entre ports sur les liaisons maritimes, la gestion des escales, les connexions avec les banques, la dématérialisation des documents comme les licences d'importation, les permis miniers... lors des passages frontières. La dématérialisation des processus export constitue une plus-value fondamentale dans le pilotage de la performance du passage portuaire en terme de prédictibilité des flux, sécurisation de la chaîne de transport, de traçabilité des marchandises *door to door*, de mesure de l'empreinte carbone et de partage des plateformes de transport multimodal. D'ailleurs, les instances européennes encouragent l'échange électronique d'informations pour un transit plus fluide des biens. Le règlement européen 2020/1056 du 15/07/2020 *Electronic Freight Transport Information* (eFTI) sera applicable par tous les États-membres dès 2025.

Ainsi, au fil du temps, les ports sont devenus de véritables plateformes numériques intégrées sur le mode « *one to many* ». De nombreux acteurs se connectent à leurs systèmes d'information via le PCS ou CCS. Avec des niveaux de sécurité et de sensibilisation aux risques souvent très divers. La digitalisation est un levier de croissance historique : elle confère de la valeur ajoutée aux process métier et améliore la fluidité des opérations physiques. Dans le contexte de menaces cyber-malveillantes, l'heure est désormais au choix de meilleure harmonisation voire priorisation des enjeux cyber versus enjeux business. Jusqu'à quel point les maillons de la chaîne d'approvisionnement peuvent-ils accepter de voir les opérations ralenties par des protocoles de cybersécurité ou des défauts de mise à jour de sécurité informatique ?

Des organisations criminelles ont déjà démontré leur intérêt porté à la numérisation des opérations portuaires et à l'accès à la donnée. En effet, la récupération de produits illicites sur l'espace portuaire est une phase à haut risque. Notamment au regard des enjeux financiers de la mise sur le marché de

cocaïne ou d'armes à feu. Les systèmes d'information dédiés à la gestion des mouvements des conteneurs sur le port belge d'Anvers<sup>5</sup> ont été infiltrés par des hackers à la solde d'organisations criminelles transnationales, sur une période de deux ans, à compter de juin 2011. La première étape a consisté en l'envoi d'un mail contenant un logiciel malveillant ou *malware* aux employés de sociétés. Puis, en réponse à des mesures de protection informatique mises en place, les hackers auraient trouvé un alibi pour intervenir *in situ* sur le parc informatique, installant un dispositif d'enregistrement de frappe sur les ordinateurs (keylogger). Ainsi, ils pouvaient disposer du fil des échanges et à des captures d'écran. Ces informations très précieuses ont permis, ensuite, aux organisations criminelles de faciliter, sur les quais d'Anvers, les opérations délicates de récupération du fret illicite inséré dans les conteneurs. En évitant tout contrôle douanier.

De fait, pour illustrer l'ampleur des enjeux, prenons l'exemple d'HAROPA, premier port français pour le commerce extérieur en trafic de conteneurs. Idéalement placé sur la façade ouest, ce hub logistique majeur a fait émerger un corridor « intelligent » (« *smart corridor* ») connectant les ports maritimes du Havre et de Rouen au port fluvial de Paris, l'ensemble étant réuni autour de la Seine. Le projet HAROPA est un chantier digital qui regroupe à minima 1 775 entreprises pour 6 700 utilisateurs. Il engendre 3 000 interfaces entre la plate-forme et les entreprises. Une vulnérabilité exploitée sur l'interconnexion croissante des systèmes crée les conditions propices à une prise de contrôle à distance des installations logistiques du *smart port*. Il s'agit d'un déni de service ou d'une altération des informations délivrées telles les gabarits des infrastructures maritimes ou fluviales, la disponibilité des quais ou les mouvements des ouvrages portuaires... Par ailleurs, le chiffrement des systèmes d'information par rançongiciel peut conduire à une paralysie complète ou partielle d'un ou des maillons de la chaîne de valeur. Ce mode opératoire a touché à différentes reprises les opérateurs portuaires générant de très graves troubles sur site mais aussi sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Ainsi, le rançongiciel NOTPETYA infecte le 27 juin 2017 les systèmes d'information de quelque 50 000 terminaux opérés par MAERSK. Il obligea cet opérateur mondial à une reprise manuelle de la gestion et de la manutention de ses terminaux à conteneurs répartis sur 600 sites de 130 pays. Au-delà du délai nécessaire à la restauration de ses réseaux, les pertes directes supportées par MAERSK sont estimées à 300 millions de dollars. Ce préjudice ne prend pas en compte les pertes indirectes.

Poussons la simulation plus loin. Illustrons notre propos par le port en eau profonde de Yangshan en Chine. Extension du premier port mondial, Shanghai, ce terminal à conteneurs est parvenu, depuis 2017, à complètement automatiser ses portiques *ship to shore*. Réduisant l'intervention humaine au minimum, ce processus globale d'automatisation des installations portuaires

mixte les facilités offertes par les technologies de l'information (IT) et l'internet des objets (IoT). Sous la supervision de personnels hautement qualifiés, le contrôle à distance confère de meilleures performances et diminue les coûts d'exploitation en comparaison des terminaux traditionnels. Ainsi, sa structure de consommation d'énergie unique devrait se traduire par zéro émission de dioxyde de carbone tout en permettant des économies de 70 % selon les autorités. 130 véhicules à commande automatique (AGV) opèrent dans le terminal ainsi que de 21 ponts roulants et 108 grues ferroviaires, sur une superficie, en partie gagnée sur la mer, de 2 millions de kilomètres carrés. Il ambitionne de gérer les mouvements de plus de 6,3 millions d'EVP.

En outre, le *smart port* s'efforce de mieux réguler les mouvements portuaires. Ainsi, des équipements viennent collecter des données de toutes natures à l'image des caméras intelligentes doublées de drones destinées à contrôler la gestion du trafic sur le port. Grâce à des dispositifs technologiques de reconnaissance des camions, trains et navires, les autorités portuaires d'Anvers prédisent, notamment, la congestion des axes ou encore anticipent le taux d'occupation des quais ou la détection d'anomalies. SOGET SA a mis en place la solution S)One, plate-forme collaborative sécurisée qui régule le trafic sur le corridor Seine. Plus largement, c'est l'ensemble des fonctions logistiques impliquant les entrepôts connectés et interfacés entre eux. L'enjeu est, alors, de ne pas perturber les systèmes d'exploitation des clients par la mise en place d'une communauté numérique d'intérêt.

En conséquence, la surface d'attaque des ports augmente d'autant. Outre la mise hors service des services portuaires, il est à craindre la prise de contrôle à distance des senseurs et des systèmes de contrôle informatique, auparavant manuels, mais aussi celle des machineries portuaires (grues, portiques navals, passerelles...). Au-delà de la virtualisation des opérations, le niveau de risque a été accru par les contraintes sanitaires qui ont rendu possible voire généralisé la maintenance effectuée à distance par des prestataires. Enfin, il n'est pas à exclure la fuite de données contenues dans l'ensemble des biens manipulés par les agrès portuaires ou stockés sur les quais de chargement. Revendues sur le web profond, elles peuvent servir à du chantage, de la concurrence déloyale ou de la déstabilisation d'organisation.

### **La data mise en boîte ?**

Par son génie visionnaire, Malcolm Purcell Mac Lean a créé, après la seconde guerre mondiale, une boîte modulaire métallique, l'Équivalent Vingt Pieds. Elle satisfait l'objectif fondamental d'une chaîne logistique qui consiste à échanger la marchandise le plus rapidement et fluidement possible. De plus, cette unité de compte universelle et multimodale s'est constamment

adaptée aux exigences des échanges commerciaux en proposant de nouveaux services tels la réfrigération.

En conséquence, il s'en est suivi une transformation numérique de la chaîne d'approvisionnement supposant la disponibilité croissante d'informations diverses en aval comme en amont. Ainsi, s'est généralisée une logique d'intégration élargie des acteurs évoluant dans la chaîne d'approvisionnement. Cet effort est, en effet, indispensable quand 35 millions de conteneurs s'échangent à travers le monde. Dans ce contexte, l'enjeu de la maîtrise de la filière du conteneur – et de son contenu –, en temps réel, devient stratégique au cœur de la chaîne de valeurs. Capturer des données en temps réel est impératif à la fois pour les opérateurs logistiques mais aussi pour les propriétaires du fret transporté. Sans pour autant négliger le client qui produit, bien souvent, à flux tendu. La maîtrise de ces informations essentielles est un critère de compétitivité. A tous les maillons de la chaîne. C'est ainsi que le monde maritime est entré dans l'ère de l'Internet des Objets (IoT) dans un objectif d'amélioration de la gestion des chaînes d'approvisionnement, dans l'exigence de l'intégrité des biens transportés et, *in fine*, dans l'anticipation des opérations logistiques. Ainsi, le projet *smart container* produit un conteneur connecté par un boîtier intégré. Il communique via un relais placé sur le navire ou bien dans le port. En temps réel, ces informations sont transmises par satellite ou par le réseau GSM. Elles sont, ensuite, diffusées aux clients sur smartphone ou en ligne. Ces installations IoT apportent deux fonctionnalités essentielles :

- l'identification de la localisation et la transmission de paramètres physiques comme la température, les vibrations, les ouvertures de porte, ...
- la modification des paramétrages à distance (réglages des températures ou dégivrage par exemple).

Ainsi, le *smart reefer container* ou conteneur réfrigéré partage à distance les conditions et le statut des marchandises réfrigérées durant tout le transport. Il communique les coordonnées GPS, les courbes des températures ou de gaz, le reporting de biens d'autres indicateurs par une technologie GPS, la détection des anomalies, le paramétrage d'alerte, le taux d'humidité, l'intensité des vibrations, le suivi des opérations de manutention (chargement/ déchargement).

De multiples applications émergent qui, toutes, améliorent la qualité de service. Les environnements en atmosphère contrôlée imposent le suivi rigoureux de la teneur en oxygène, en dioxygène de carbone ou encore en nitrate. Si les fourchettes acceptables définies par l'exploitant sont dépassées, alors des mesures correctives peuvent être rapidement prises comme la modification du plan de chargement. La pleine connaissance du

poids des unités comme leur contenu concourt à une meilleure gestion des opérations d'emportage / dépotage à quai. Elle contribue à une meilleure performance dans la préparation du navire ou dans la gestion de la flotte des conteneurs. Enfin, la numérisation des conteneurs apporte une réelle plus-value dans l'évaluation du risque et dans la compliance. A distance et en temps réel, il permet aux clients de s'assurer du strict respect des dispositions du contrat de transport. Le suivi de la route du navire permet d'anticiper le risque de sureté en contrôlant, par exemple, l'exécution physique du transport, en s'assurant, de l'absence de navigation dans une zone d'exclusion soumis à embargo ou à risque politique, en anticipant les secteurs où sévit encore la piraterie.

Dans ce contexte, cette recherche de transparence dans une *supply chain* interconnectée, intelligente et souple confère visibilité et prédictibilité. Pour autant, il convient d'appréhender ces réels progrès observés dans la traçabilité du fret maritime à l'aune de la malveillance. Ces technologies numériques sont susceptibles de fragiliser les chaînes d'approvisionnement par les vulnérabilités qu'elles présentent assurément. Le vol de données, leur ré-emploi à des fins criminelles, le chiffrement des systèmes d'information, la perte de contrôle des mobiles suivis ou la falsification des données transmises constituent autant d'illustrations du risque cyber appliqué à la gestion des flottes de conteneurs. Cette analyse mérite d'être réévaluée par la multiplicité d'acteurs caractéristiques du secteur maritime. La maîtrise de ces *data* est un avantage stratégique embrassant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Aussi, à l'image d'autres secteurs d'activité, inscrire ces biens précieux sur la chaîne de blocs ou *blockchain* apparaît comme une alternative, gage d'intégrité et de traçabilité dans l'intérêt de chacun des maillons. Cette technologie de registres décentralisés est, en effet, réputée traçable, infalsifiable et fiable.

## *Le spectre d'un chaos économique global ?*

Au-delà de cette énumération, faisons un focus sur les conséquences organisationnelles et, partant, économiques engendrées par une cyberattaque ciblant des infrastructures portuaires. Cette évaluation du risque est un exercice difficile à mener mais, néanmoins, fondamental. Il a aussi vocation, certes, à anticiper la menace, chacun à son « poste » mais il aura aussi pour effet recherché de contribuer à la sensibilisation des parties prenantes à la chaîne d'approvisionnement dans sa complétude.

A cet effet, une étude prospective particulièrement intéressante a été conduite par le projet CyberRisk Management (CyRiM). Cette initiative publique-privée est basée à Singapour au sein de l'Université technologique de Nanyang.

L'attaque « SHEN » décrit un scénario réaliste dans lequel une attaque type rançongiciel est lancée via un virus informatique. Véhiculée par des navires de commerce, elle infecte et chiffre les bases de données de cargaison dans plusieurs ports situés en Asie-Pacifique. Ce rapport analyse l'impact provoqué par cette cyberattaque sur l'ensemble de l'écosystème portuaire. Et, même, il envisage les effets produits sur l'ensemble des économies. Il met en exergue l'inter-connectivité de la chaîne d'approvisionnement maritime. L'étude envisage une attaque systémique des systèmes d'information en service dans une quinzaine de ports maritimes d'importance en Asie-Pacifique. Elle met, aussi, en avant les conséquences sur la *supply chain* et le commerce mondial (Figure 3).

**Figure 3 : Evaluation des pertes économiques générées par une cyberattaque majeure affectant les systèmes d'information de ports situés en Asie-Pacifique selon 3 scénarios**

Scénario	Pays des ports touchés	Nombre de ports	Total des pertes économiques en milliards de dollar	Pertes économiques directes	Pertes économiques indirectes
S1	Japon, Malaisie, Singapour	6	40.8	25.7	15.1
S2	+ Corée du sud	9	55.9	36.8	19.1
X1	+ Chine	15	109.8	83.7	26.1

Les enseignements majeurs sont les suivants :

- les secteurs les plus impactés sont les transports, l'aviation, la vente au détail, la fabrication, l'immobilier, la construction,
- les pertes de productivité affectent les pays qui entretiennent des relations commerciales bilatérales avec l'un des ports infectés. L'Asie (26 milliards de dollar) est la plus touchée suivie de l'Europe (623 millions de dollar) et enfin de l'Amérique du nord (266 millions de dollar),

Ce travail fondamental met en exergue l'indispensable analyse de risque à produire sur la chaîne de valeurs pris dans sa globalité. Partant du principe que le maillon le plus faible conditionne la résilience du système portuaire. Au-delà des pertes financières générées par cette cyberattaque, le focus est porté sur le caractère stratégique de la donnée commerciale mais aussi logistique. Il souligne l'importance de sa souveraineté assurée par son propriétaire.

## **Le vecteur maritime, le capitaine seul maître à bord après Dieu ?**

Le navire est devenu un objet numérique. Il interface ses données en interne avec l'ensemble des fonctions liées à la navigation maritime mais aussi avec l'écosystème propre à la navigation et celui – ô combien multifactoriel – du fret transporté. L'exploitation de ces données confère traçabilité, prédictibilité et sûreté dans l'expédition maritime.

La numérisation des passerelles, des salles des machines comme de la cargaison constitue une révolution dans l'évaluation du risque maritime. En effet, auparavant, les hauts fonds, les récifs et les caprices de la météorologie étaient la menace majeure. Le corpus juridique maritime témoigne, d'ailleurs, tout particulièrement de la primauté des enjeux de sécurité. Assurés par un esprit de solidarité et d'assistance mutuelle, les gens de mer craignaient, finalement, les éléments naturels et la terre était perçue comme un refuge. Cependant, la virtualisation renverse, définitivement, cette perception multiséculaire. La maîtrise des systèmes d'information devient centrale dans la sécurité de la navigation maritime. La sécurisation de la navigation repose sur l'analyse de l'environnement apportée par des dispositifs numériques. Dans cette perspective, la terre devient le lieu d'où provient la menace. La mise à jour des logiciels commandée depuis la terre ou effectuée à bord par des techniciens informatiques lors d'une escale peut se traduire par la contamination des réseaux une fois l'appareillage. Les attaques sont bien déclenchées par des organisations criminelles basées à terre.

Ainsi, par exemple, l'automatisation des données de positionnement des navires illustre parfaitement les enjeux, certes, de sécurité maritime c'est-à-dire la prise en charge des risques d'origine naturelle ou provoquée par la navigation maritime. Mais elle impacte, aussi, grandement, la sûreté maritime, « *combinaison des mesures préventives visant à protéger le transport maritime et les installations portuaires contre les menaces d'actions illicites internationales*<sup>6</sup> ». En effet, les conventions internationales imposent, en particulier, à la flotte de commerce de détenir un *Global Navigation Satellite System* (GNSS), abandonnant les ancestrales techniques de positionnement hauturier. Ce GNSS élabore les informations relatives à la position du navire, sa vitesse et son cap. De plus, la cartographie marine est rendue disponible via l'*Electronical Chart Display Information* (ECDIS) qui a remplacé en passerelle les jeux de cartes papier. La menace cyber maritime est déjà intégrée dans le corpus juridique mais demeure timide. Le code ISPS (*International Ship and Port Facility Security*) est l'instrument réglementaire en matière de sûreté maritime. Il dispose que « l'évaluation de la sûreté du navire devrait porter sur (...) les systèmes de radio et télécommunications, y compris les systèmes et réseaux informatiques ». Il impose, néanmoins, un plan de sûreté du navire comportant une cartographie logicielle et

matérielle du navire, la définition des éléments sensibles et la gestion des vulnérabilités du système. En 2017, l'Organisation Maritime Internationale émet des directives<sup>7</sup> sur la gestion des cyber-risques maritimes dans le sens d'une meilleure protection du transport maritime. Elle impose sous échéance la mise en conformité des systèmes de gestion de la sécurité<sup>8</sup> aux cyber-menaces. Enfin, la directive européenne NIS<sup>9</sup> prévoit la mise en œuvre de mesures destinées à assurer un niveau élevé et commun de sécurité des réseaux et systèmes d'information au sein de l'UE. Transposée en 2018 en droit français, elle identifie comme Opérateur de Services Essentiel les compagnies de transports maritimes et les gestionnaires de ports soumis à des mesures techniques et organisationnelles contre les cyber-risques.

Au total, l'analyse des risques de la navigation peut se résumer de manière synthétique comme suit :

- usurpation et brouillage des systèmes de positionnement ou de communication ciblant le vecteur ou son environnement,
- dérèglements ou perte de disponibilité des systèmes cartographiques,
- diffusion de fausses informations de sécurité vers le navire,
- intrusion des systèmes industriels à bord,
- chiffrement des systèmes d'information en tout ou partie.

Illustrons notre propos par quelques exemples concrets. Tous mettent en avant l'implication de l'opérateur comme facteur de résilience du système maritime. C'est une source d'espoir.

### **Les avatars maritimes, objets flottants non identifiés ?**

Les avatars maritimes émergent, fruit de création, d'usurpation ou d'une falsification d'une identité maritime censée être unique. Cherchant l'obscurité, ils visent à maquiller une activité illicite en positionnant faussement le vecteur ou en l'attribuant à d'autres vecteurs inscrits sur les registres de l'Organisation Internationale Maritime voire à d'autres déjà ... désarmés. Ils sont à même de créer de toutes pièces une situation maritime non fondée. Il s'agit de faciliter la commission d'atteintes à l'environnement maritime naturel (pêche illégale, rejets volontaires d'hydrocarbures, exploitation des fonds marins, ...), de trafics illicites (êtres humains, produits stupéfiants, contrefaits, volés..), de contournement des mesures d'embargo etc... Quelles qu'en soient les motivations, ces dispositifs créent un danger avéré pour la navigation maritime opacifiant, à la fois, l'identité des vecteurs mais aussi leurs mouvements. Les procédés techniques reposent sur le leurage ou le clonage de l'AIS. Parfois, s'assurant de la parfaite cohérence du scénario, ces opérations numériques peuvent être associées à la production

et à l'usage de faux documents (certificat d'immatriculation ou radiation d'un pavillon). Des actes techniques facilitent la parfaite assimilation de l'identité numérique avec l'apparence physique (peinture des marquages réglementaires par exemple).

Ainsi, en 2018, un rapport du panel d'experts des Nations Unies<sup>10</sup> émet des suspicions avérées de transbordement illicite d'hydrocarbures en contournant des mesures d'embargo visant la Corée du nord. Hors des eaux territoriales, deux navires sont impliqués dans un complexe mécanisme frauduleux destiné à opacifier le transbordement de produits pétroliers. Outre une parfaite ressemblance physique des deux *sister ships*, l'opération repose sur une totale falsification de l'identité maritime d'un navire au profit d'un autre. Cela a pour effet de délivrer par l'AIS des fausses informations relatives à sa route, dédouanant ainsi le vecteur impliqué.

La virtualisation de la navigation maritime et l'avènement des navires autonomes soulignent l'impérative nécessité d'une merétique sécurisée. En effet, l'intégrité des systèmes d'information conditionne la souveraineté des opérations à la mer. Ainsi, l'industriel israélien Naval Dôme a mené et communiqué sur une expérience cyber-malveillante de prise de contrôle à distance d'un porte-conteneurs de 260 mètres. En décembre 2017, le ZIM GENOVA a fait l'objet d'une infection de l'ordinateur du capitaine par un e-mail contenant une pièce-jointe compromise. Ainsi, l'équipe d'ingénieurs est parvenue à compromettre le système de navigation du navire, les radars ainsi que les systèmes de gestion de la salle des machines. L'étude a visé le navire à quai mais aussi en navigation. Les effets de cette intrusion traduisent la vulnérabilité des technologies embarquées. Déroutement du vecteur de sa route initiale, modifications des informations radar en passerelle en inhibant les systèmes d'alerte ou l'analyse humaine, désactivation des moteurs, des systèmes de gestion des ballasts, des jauges de soutes comme du gouvernail, telles se concrétisent les impacts de cette cyberattaque.

En poussant le trait, imaginons les effets d'un navire sans contrôle, dérouté et immobilisé à l'entrée d'un port voire sur un *choke point*<sup>11</sup>. Ce scénario n'est absolument pas à exclure. Il convient de méditer l'exemple du porte-conteneurs EVERGIVEN qui, le 23 mars 2021, a interdit toute traversée du canal de Suez pendant 6 jours, désorganisant le flux maritime majeur entre l'Asie et l'Europe. L'origine de cet événement est, certes, loin d'être un acte malveillant. C'est l'effet combiné d'un vent traversier et d'un ensablement naturel d'un canal étroit confronté au gigantisme de la construction navale. En conséquence, le trafic maritime mondial a dû faire face à une crise majeure imposant une réorganisation non planifiée. Durant les opérations, 300 navires marchands ont été immobilisés aux deux extrémités du canal, représentant un total de 16,9 millions de tonnes de port en lourd soit, en

valeur, 37 milliards de livres. La Lloyd's List évalue la valeur des marchandises retardées, chaque heure, à 400 millions de dollars américains.

Plus largement, il est nécessaire d'envisager ces scénarii d'interdiction des *choke-points*<sup>12</sup> et leurs impacts directs sur la navigation maritime. Que l'origine soit accidentelle ou malveillante, les effets<sup>13</sup> sur le *shipping* mais plus globalement sur le commerce international seront durables au vu des flux énergétiques, alimentaires et industriels.

### ***Pirate des mers et pirate 2.0, convergence de la malveillance océanique ?***

Alors qui en veut, ainsi, à l'écosystème numérique maritime ? Les opérateurs criminels relèvent d'organisations transnationales qui agissent bien souvent de manière opportuniste. Issus en majorité de la criminalité organisée, il convient, toutefois, de ne pas sous-estimer, actuellement, l'implication d'acteurs para-étatiques agissant dans un contexte de menaces hybrides. Pour les uns, la motivation est essentiellement financière. Le secteur maritime n'est pas visé spécifiquement. Seules ses vulnérabilités numériques et sa surface financière sont exploitées comme une source de profit. Leur *business model* est, alors, bâti sur l'extorsion de fonds conditionnés par un odieux chantage savamment mis en scène: souveraineté et disponibilité de la donnée, intégrité des systèmes d'information contre le paiement d'une rançon. Leurs centres de gravité sont la *data* et le profit. « Reniflant » les infrastructures des systèmes d'information, ils exploitent, inlassablement, les failles, poussent les portes ou fenêtres entre-ouvertes et procèdent à un état des lieux numériques du réseau. Saisissant la meilleure opportunité, ils déclenchent, alors, leurs opérations cyber-malveillantes constituées de chiffrement, d'exfiltration de données, de déni de services, privant le légitime propriétaire de l'accès à ses systèmes d'information. S'en suit un cycle vicieux qui pousse la victime dans une spirale sans fin, entraînant dans sa chute inexorablement ses clients, partenaires ou toutes organisations en interaction avec lui. Puis, la donnée ainsi collectée alimente un deuxième marché criminel. Principalement sur le web profond ou *darkweb*, elle est, ainsi, revendue à d'autres opérateurs criminels qui exploitent ce nouvel eldorado à des fins malveillantes. A titre d'exemple, elles facilitent des usurpations d'identité qui opacifient d'autres manœuvres illicites en matière de délinquance financière, de trafics illicites de toutes natures etc.

En outre, il convient d'évoquer l'action cyber-malveillante conduite par des groupes d'obédience para-étatique. La motivation n'est absolument pas l'appât du gain. Elle s'inscrit dans une logique de menaces hybrides qui visent à porter des coups aux organisations considérées comme stratégiques d'États ou d'association d'États adverses. Loin de revendiquer

ces actions clandestines, la puissance étatique emploie des organisations écran qui agissent sans qu'il soit possible d'établir de liens directs. Cette dilution de la responsabilité participe d'une stratégie indirecte d'action du faible au fort. Quelques opérateurs sont en mesure d'atteindre des fonctions vitales d'un État. Dans ce contexte qui connaît une véritable recrudescence depuis l'invasion de l'Ukraine, les intérêts maritimes sont susceptibles d'être identifiés comme cibles à haute valeur ajoutée.

### **Perspectives d'avenir : une marétique sécurée ?**

Les coordinations stratégiques des communautés portuaires ont fondé leur puissance sur la connectivité physique et immatérielle. Stimulées par une exceptionnelle dynamique de maritimisation, les chaînes logistiques sont devenues les colonnes vertébrales des équilibres socio-économiques d'un monde globalisé. Toutefois, au sein de ce grand village mondial, la marétique apparaît comme un maillon essentiel fondant la réussite de la globalisation et la stabilité des équilibres internationaux. Confrontée à de multiples défis, l'économie bleue doit tirer les enseignements de cette nouvelle révolution fondamentale affectant l'aventure maritime : la numérisation et, son corollaire, la protection de la donnée.

Puissance maritime par excellence, la France a un rôle moteur à jouer dans ce chantier au plan international. N'est-ce pas là une occasion unique de rassembler, autour de cet enjeu vital, les français, des territoires comme des littoraux ?

# Bibliographie

- 1 *Industrie 4.0, cheval de Troie de la cybersécurité intégrée au sein de l'aéronautique ? Une opportunité historique à saisir*, Florian MANET in Cybercercle Collection, juillet 2022
- 2 En juillet 2017, la Somalie a été isolée du reste du monde après qu'un porte-conteneurs coupe l'*Eastern Africa Submarine System (EASSy)*, unique câble du pays. Les pertes quotidiennes ont été évaluées à 9 millions d'euros par jour soit la moitié du PIB journalier de la Somalie.
- 3 Le 26 décembre 2006, un tremblement de terre de magnitude 7 sur l'échelle de Richter secoue Taïwan. L'épicentre est localisé dans le détroit de Luçon par lequel transite l'ensemble du réseau de câbles qui relie l'île et une partie de l'Asie du Sud-Est avec le reste du monde. L'ensemble des communications ont été très perturbés, 50 jours ayant été nécessaires pour rendre opérant cette infrastructure.
- 4 Voir *Security Threats to undersea communications cables and infrastructure-consequences for the EU*, DG for External Policies, juin 2022,
- 5 <https://www.bbc.com/news/world-europe-24539417>, consulté le 26/03/23
- 6 Règlement européen 725-2004 reprenant le Code ISPS.
- 7 MSC – FAL 1/Circ.3
- 8 [http://www.imo.org/fr/OurWork/Security/Guide\\_to\\_Maritime\\_Security/Documents/MS2098-23-Add.1.pdf](http://www.imo.org/fr/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Documents/MS2098-23-Add.1.pdf)
- 9 Ou *Network and Information System Security* n° 2016/ 1148
- 10 [www.securitycouncilreport.org/atf/cf/%7B65BFCF9B-6D27-4E9C-8CD3CF6E4FF9%7D/s\\_2019\\_171.pdf](http://www.securitycouncilreport.org/atf/cf/%7B65BFCF9B-6D27-4E9C-8CD3CF6E4FF9%7D/s_2019_171.pdf)
- 11 L'agence américaine pour l'énergie (EIA) définit ainsi le *chokepoint* : « *narrow channels along widely used global sea routes* ».
- 12 *Pourquoi le détroit d'Ormuz est-il un symbole des enjeux contemporains de la maritimisation de nos sociétés et économies ?*, Florian MANET, DIPLOWEB, 17/09/2021
- 13 Voir l'étude très documenté de Lincoln PRATSON, *Assessing impacts to maritime shipping from marine chokepoint closures*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772424722000336>, consulté le 27/03/23

# Les dirigeables du XXI<sup>e</sup> siècle : produire une intelligence collective sur une disruption majeure

*Florian LANNOU*

*Sales Manager*  
FLYING WHALES  
Paris  
France

*Antonio Sebastiano FOIS*

*Business Development & Strategy Analyst*  
FLYING WHALES  
Paris  
France

# Introduction : Flying Whales, une entreprise industrielle pour une solution de transport révolutionnaire

Fondée en 2012, FLYING WHALES est une entreprise française qui développe un programme industriel de dirigeables rigides pour le transport de charges lourdes. Le vol inaugural de ces dirigeables est prévu au cours de l'année 2026. Ce projet comprend :

- **Un programme aéronautique ambitieux** : le développement du LCA60T, un dirigeable rigide pour le transport point à point (c'est-à-dire sans infrastructure de transport) de charges lourdes (jusqu'à 60 tonnes) ou volumineuses, en soute ou sous élingues, à faible coût et avec une empreinte environnementale très faible,
- **Un constructeur d'aéronefs, FLYING WHALES INDUSTRY**, qui conçoit et assemblera le LCA60T sur trois lignes d'assemblage finales et conduira les phases de test de l'aéronef.
- **Une société opérationnelle, FLYING WHALES SERVICES**, qui exploitera les LCA60Ts pour ses clients finaux et gèrera une flotte d'environ 160 LCA60Ts et leurs bases, avec des centres de contrôle pour chaque région d'exploitation.

Le projet FLYING WHALES repose sur :

- Une coopération internationale stratégique avec les gouvernements français, canadien et australien pour développer, produire et exploiter le LCA60T sur différents continents ;
- Un consortium industriel aéronautique regroupant une cinquantaine d'entreprises et partenaires de premier plan ;
- Une équipe de direction expérimentée, tant pour les fonctions programmatiques que techniques, composée de gestionnaires de grands programmes aéronautiques ;
- Un actionnariat solide, mêlant capitaux publics et privés (y compris des clients potentiels et partenaires stratégiques).

La solution de transport développée est révolutionnaire : le LCA60T charge et décharge jusqu'à 60 tonnes de marchandises en vol stationnaire (sans empreinte au sol), grâce à un système de propulsion hybride fonctionnant en mode 100 % électrique, sans émissions pendant les opérations. Le

pont aérien et le réseau ainsi formé permet un transport en tout point de marchandises sûr, fiable, efficace et à faible émission de carbone.

## *Flying Whales est un catalyseur d'intégration économique et de transition énergétique*

Grâce à sa solution de transport aérien, la société française FLYING WHALES est un puissant catalyseur qui combine trois dimensions essentielles :

- Celle de l'intégration économique et commerciale ;
- Celle de la transition énergétique ; et,
- Celle de l'ouverture géographique de territoires jugés inaccessibles.

Le LCA60T offre de nouvelles perspectives et des voies d'accélération aux secteurs suivants :

- De l'Énergie et de l'industrie, avec le transport de charges lourdes et exceptionnelles sans délai ni besoin d'infrastructure au sol.
- De la logistique conventionnelle, y compris pour le secteur du transport de ressources naturelles et de matières premières. La capacité unique du transport point à point permet de nouveaux types de flux et circuits courts « de l'origine à la transformation », favorisant l'industrialisation et l'intégration régionale.
- Du développement et de la construction, reliant 100 % d'un territoire, en interne et avec les économies voisines, reliant les communautés locales au marché global.
- De la santé, avec le projet de l'hôpital mobile FLYING CARE, permettant l'équité d'accès à une couverture universelle de santé, même dans les zones isolées, difficiles d'accès, ou encore les systèmes insulaires.
- De l'aide humanitaire, en établissant en quelques heures de vols un lien vital vers les zones et populations atteintes pour transférer le matériel d'urgence et de première nécessité, quand les chaînes logistiques conventionnelles sont neutralisées (Figure 1).

**Figure 1 : Principales applications sectorielles de la solution de transport LCA60T**



Source : FLYING WHALES, 2023.

Ces applications sont pour certaines des co-développements, FLYING WHALES bénéficiant de collaborations fructueuses avec plus de 30 partenariats d'excellence dans le monde entier, dont des universités, institutions de recherche et partenaires privés, afin de concevoir les applications qui généreront les meilleurs impacts à l'avenir et la plus grande valeur pour les bénéficiaires.

Ce travail collaboratif et exploratoire est essentiel. Elle mobilise l'intelligence collective des parties prenantes, pour faire coïncider les diverses perspectives et paramètres en une vue complète, holistique et inclusive. Ainsi face aux défis et enjeux complexes, des nouveaux modèles inter-secteurs sont conçus, autour de la durabilité et de la création de valeur, afin de tirer le meilleur bénéfice de cette nouvelle technologie.

À titre d'illustration, le projet d'hôpital mobile FLYING CARE de FLYING WHALES, permettant par le LCA60T de déplacer en tout lieu une infrastructure de santé entièrement équipée, bénéficie du travail collaboratif d'une communauté d'acteurs spécialisés internationaux, provenant de la santé, de l'ingénierie médicale, ou encore de la protection civile. Le résultat est une application offrant une équité d'accès au soin de première qualité, y compris une assistance chirurgicale sûre, pour toutes les communautés le nécessitant, soit 2 milliards de personnes selon l'Organisation Mondiale de la Santé.

De la même manière, travailler étroitement avec les écosystèmes portuaires, l'industrie maritime et les acteurs clés de la logistique contribue à une compréhension détaillée des points de pression existants sur la chaîne de valeur et des systèmes associés.

De l'étude des paramètres opérationnels, des propositions sur mesure sont établies pour définir les applications de la technologie du dirigeable et celle révolutionnaire du LCA60T qui soient sources de richesse dans le futur.

## *Caractéristiques et avantages des dirigeables comparés au transport aérien traditionnel de marchandises*

Les dirigeables font actuellement leur retour dans le domaine de l'aéronautique, pour différentes applications allant du transport de marchandises à celui de personnes, aux opérations de reconnaissance et d'inspection. Ils peuvent introduire et compléter un nouveau type de réseau d'infrastructures à un coût faible voir nul, ce qui facilite la transition et le déploiement à large échelle de cette technologie. Les dirigeables qui, en particulier, ont la capacité de charger et décharger des marchandises en vol stationnaire, c'est-à-dire sans atterrir, amélioreront l'accessibilité et le désenclavement des zones difficiles d'accès et favoriseront l'hyperconnectivité des zones déjà développées. Comme les avions, les dirigeables peuvent exister sous toutes les tailles, caractéristiques et niveaux de technologie, et peuvent cibler différents marchés. En particulier, les Dirigeables de Transport de Charges Lourdes (HCA, pour Heavy Cargo Airships) sont des dirigeables capables de transporter des cargaisons allant de quelques tonnes à plusieurs centaines de tonnes. Certaines des principales caractéristiques et avantages des HCA sont présentés ci-dessous de manière générale :

Les HCAs (Dirigeables de Transport de Charges Lourdes) et d'autres technologies plus légères que l'air (LTA) sont actuellement en cours de

développement par quelques entreprises dans le monde. Outre quelques différences de conception, ces programmes aéronautiques présentent certains avantages majeurs communs. Dans une certaine mesure, les dirigeables fusionnent les principaux avantages à la fois des hélicoptères et des avions.

Remplis d'un gaz porteur, dans la plupart des cas le gaz inerte hélium, les dirigeables bénéficient d'une force de portance qui a tendance à élever l'aéronef par défaut. Cela signifie que, contrairement aux avions et hélicoptères, ils n'ont pas besoin d'énergie pour vaincre la gravité, mais seulement pour s'orienter et avancer. Ces caractéristiques rendent les dirigeables nettement plus économes en carburant, entraînant des coûts moins élevés et un impact environnemental réduit par rapport aux solutions de transport aérien existantes. Au travers des études comparatives réalisées, les émissions carbone estimées sont entre 10 et 50 fois moins importantes pour le ballon dirigeable que pour un hélicoptère, à marchandise égale transportée, pour un plan de vol (autonomie x altitude) considérablement élargi.

Comme les hélicoptères, certains dirigeables offrent la possibilité de décollage et d'atterrissage vertical, mais toutes les conceptions de dirigeables n'ont pas la capacité de charger et décharger en vol stationnaire. Ceux qui présentent cette capacité nécessitent une infrastructure terrestre minimale, voire nulle, pour leurs opérations, contrairement aux avions qui exigent des pistes d'atterrissage. Le besoin réduit en infrastructure terrestre et la consommation d'énergie moindre, combinés aux capacités de charge utile élevées, font des dirigeables de ce type une alternative durable évidente à la fois aux avions et aux hélicoptères.

De plus, les dirigeables peuvent soulever et mettre en route en toute sécurité plusieurs composants en même temps s'ils sont équipés de plusieurs stations de levage intégrées, à contrario des hélicoptères qui ne peuvent transporter qu'un composant à la fois et uniquement à l'extérieur sous l'appareil (attaché sous le fuselage au moyen de sangles).

## *Valeur ajoutée, différenciation, concurrence et positionnement*

FLYING WHALES fait actuellement partie des rares entreprises développant un projet de dirigeable avec des intentions commerciales à grande échelle annoncées et des avancées techniques et de certification tangibles. La figure 2 présente les principales entreprises de fabrication de dirigeables au niveau mondial ainsi que leurs principales caractéristiques techniques :

**Figure 2 : Principales applications sectorielles de la solution de transport LCA60T**

Entreprise	Pays	Principal marché cible	Caractéristique distinctive	Avancement en matière de certification
<b>FLYING WHALES</b>	France	Cargo	- Capacité de charge de 60 tonnes - Chargement/Déchargement en vol stationnaire - Stockage de la cargaison en soute	Élevé
<b>HAV</b>	UK	Transport de passagers	100 PAX ou 10 tonnes Dirigeable hybride nécessitant une piste d'atterrissage	Élevé
<b>LTA Research</b>	USA	Cargo	Capacité de charge de 15 tonnes	Moyen
<b>Zeppelin (ZL)</b>	Allemagne	Tourisme	12 PAX or 1,9 tonnes de charge, gonflable	Moyen / Local
<b>HyLight</b>	France	Surveillance	Petit, sans pilote	Faible / Inconnu

Note : Les données présentées sont basées sur des informations du domaine public.

Source : FLYING WHALES, 2023.

Certains chercheurs explorant des solutions alternatives pour le transport multimodal et les opérations portuaires ont déjà mentionné la complémentarité du mode aérien et les dirigeables comme une alternative potentielle crédible<sup>1</sup>. Plus en détail, dans le domaine maritime, les dirigeables peuvent être un facteur de changement disruptif en permettant de :

- Coupler des services de réseau aérien avec les ports pour réaliser le cabotage express de marchandises.
- Transformer, moderniser et décarboniser l'offre logistique portuaire par des liaisons côtières et/ou intermodales, couvrant le premier ou le dernier kilomètre, ou l'intégralité du trajet.
- Associer les ports à de nouvelles surfaces distantes, permettant des nouveaux volumes, capacités de stockage et revenus additionnels pour les parties prenantes.
- Diversifier la stratégie d'exploitation portuaire et de partenariats en dehors du domaine portuaire.

<sup>1</sup> *Regaining U.S. Maritime Power Requires a Revolution in Shipping*. B. D. Sadler, Peter St Onge).

- Assurer la continuité de la chaîne d'approvisionnement en temps de crise ou lors des pics d'activité, en survolant les goulots d'étranglement permanents ou saisonniers.
- Offrir une capacité de chargement et de déchargement supplémentaire à la demande.
- Permettre des liaisons polyvalentes et adaptatives en fonction de l'évolution des dynamiques régionales.
- Soutenir la convention MARPOL élaborée par l'Organisation Maritime Internationale notamment en consolidant les déchets maritimes et portuaires collectés.
- Accroître au global la compétitivité, la connectivité et l'attractivité des ports.

## *Le dirigeable et son intégration dans les chaînes de transport maritime*

La chaîne logistique mondiale est étroitement liée au transport maritime, avec 80 % du commerce mondial voyageant par voie maritime<sup>2</sup>. Le transport maritime est une industrie très bien consolidée et, pour la plupart, efficace, mais elle présente également des points durs en souffrance. En particulier, les ports sont souvent considérés comme l'un des principaux goulots de la logistique mondiale, car ils peuvent introduire de nombreux types d'inefficacités qui peuvent affecter les performances de l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Les systèmes logistiques actuels reposent principalement sur trois piliers sur lesquels l'introduction d'une technologie disruptive comme celle des dirigeables peut ajouter de nouvelles capacités.

### **La connectivité et l'intermodalité**

D'une part, la notion de connectivité caractérise un système logistique reliant divers sous-systèmes de transport, ayant différents types d'infrastructures, qui peuvent être synchronisés en des points nodaux. Tandis que d'autre part, l'intermodalité dans la logistique est définie comme une approche globale du transport de marchandises, correspondant à l'agilité inhérente du système pour passer d'un mode de transport à un autre. Dans l'ensemble, les chaînes logistiques ainsi formées peuvent être plus ou moins complexes et fragmentées, nécessitant une coordination sans faille et une intégration de plusieurs modes de transport pour être efficaces et performantes. À

<sup>2</sup> UNCTAD - Review of Maritime Transport 2023 "Towards a green and just transition".

l'échelle d'un territoire, la chaîne d'approvisionnement commencera à partir d'un point d'entrée logistique, le plus souvent des ports, à travers divers réseaux d'infrastructures successifs, jusqu'à la destination finale. Les options terrestres/maritimes/aériennes seront alors combinées de la meilleure façon possible en fonction de leur état d'exploitabilité à un moment donné, et sont sujets aux contractions conjoncturelles avec plus ou moins de résilience. Enfin la notion d'interopérabilité dans le secteur des transports<sup>3</sup> garantit le fonctionnement du réseau sans interruption de charge. Elle apparaît comme une propriété essentielle des systèmes complexes pour assurer les connexions internes et la perméabilité avec son environnement, afin de garantir leur développement et leur fonctionnement optimaux.

### **L'intégration et la visibilité**

Dans les écosystèmes portuaires, l'adoption progressive de technologies avancées telles que le suivi GPS, la balise RFID et la digitalisation des chaînes informationnelles améliore la visibilité et la prédictibilité, la sécurité et la traçabilité des marchandises tout au long du trajet intermodal. Grâce aux informations de suivi en temps réel des expéditions de marchandises partagées dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, les expéditeurs, les transporteurs, les prestataires logistiques tiers (3PL), les entrepôts, les gestionnaires et les clients disposent tous des mêmes données exploitables.

Ces données peuvent être partagées entre les parties prenantes grâce à des accords commerciaux, concaténées voir agglomérées lors des fusions et acquisitions entre différentes parties prenantes à différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement, ou via des agrégateurs ou plates-formes tiers. À leur tour, grâce à ces données, les parties prenantes parviennent à automatiser les processus et les procédures, améliorant ainsi le coût, les délais et la fiabilité des flux de marchandises, et offrant en fin de compte un service plus fiable et résistant aux chocs. Dans le contexte logistique mondial actuel en profonde mutation, le contrôle du flux informationnel est un enjeu de compétitivité majeur entre les titans du secteur.

### **L'intégrité, la sécurité et la performance**

L'Organisation Mondiale du Commerce, par son accord sur la facilitation des échanges internationaux, aide les gouvernements, particulièrement les pays en développement et les Pays les Moins Avancés (PMA) à implémenter les politiques nécessaires pour un transfert de marchandises plus efficace à

---

<sup>3</sup> Développée par J. Cerceau et Claudia Enrech-Xena, "Interoperability and resilience of territories", juin 2023.

travers les frontières. Ces transformations réglementaires sont des moteurs clefs pour une croissance économique inclusive, et la réduction de la pauvreté.

Les procédures douanières et de sécurité sont ainsi simplifiées. Elles rendent possible le transfert de fonctions de contrôle d'intégrité marchandise, qui avaient auparavant lieu au port, vers des emplacements intérieurs munis de zones franches, comme des ports secs, des zones économiques spéciales ou encore des parcs industriels intégrés, voir dans certaines conditions jusqu'à la destination finale.

Une intégrité accrue des marchandises et une sécurité de l'information concernant le statut et l'emplacement des marchandises sont nécessaires tant du point de vue de la gestion de la chaîne d'approvisionnement que pour des raisons d'incoterm et d'assurance. Les dispositifs de contrôle peuvent ainsi inclure selon le type de marchandise et l'environnement, des informations très variées, telle la surveillance de la température pour la chaîne du froid, les informations nécessaires à la conformité documentaire, aux inspections et aux divers événements jalonnant la chaîne logistique. L'innovation technologique, particulièrement dans l'espace informationnel, est dès lors un facteur de changement et de progrès constant, nécessaire et gage de compétitivité pour améliorer les performances portuaires et la chaîne aval, en atténuant ces points de friction.

De manière similaire, l'introduction d'innovation technologique appliquée au flux physiques et opérationnels des marchandises, peut déverrouiller de nouveaux sauts de performances : c'est l'objet des travaux collaboratifs sur l'étude des ballons dirigeables associés aux environnements portuaires, comme d'autres technologies ont été étudiées au cours des dernières décennies pour diversifier, automatiser, rendre autonome ou décarboner les opérations, directement sur les surfaces portuaires, et sur les surfaces intermédiaires telles les plateformes modales, et enfin sur les surfaces en arrière pays associées à la gestion du dernier kilomètre.

Parmi les tests d'innovation réussis en logistique portuaire, l'électrification, l'automatisation des équipements roulants et de levage testés en Chine, l'introduction de l'intelligence artificielle pour optimiser les flux et ajouter de la prédictivité des volumes, la digitalisation pour connecter les navires au port et anticiper les escales (port de Tanger), ou encore des opérateurs de terminaux tels que DP World usant de nouvelles installations de stockage dont les surfaces sont ajustables pour fluidifier et accélérer les mouvements internes au port (projet BoxBay).

## *Les barrières existantes des systèmes portuaires*

Les ports sont des points d'entrée cruciaux au sein des territoires pour le transport de marchandises. Ils orientent le fret vers les différents réseaux d'infrastructures régionaux, les hubs logistiques intermédiaires, les centres de distribution et les ports secs. Ces plateformes logistiques sont connectées au moyen de corridors de trois principaux types, à savoir aérien, terrestre et maritime, dans des espaces pouvant être denses, aux usages concurrentiels.

La relation port / ville peut ainsi souffrir d'externalités négatives induites par le transfert de marchandises d'un mode à un autre, telles que congestion, pollution, accidentologie, réduction de l'espace public pour le transport collectif, etc. Ces effets peuvent être réduits par des aménagements de différentes natures, infrastructurels (avec la construction de nouveaux ouvrages, ponts, tunnels, périphériques) ou par des politiques ciblées (comme un transport à temporalité imposée, de nuit, ou certains jours).

### ***Des connexions manquantes à l'interface et des transbordements non nécessaires***

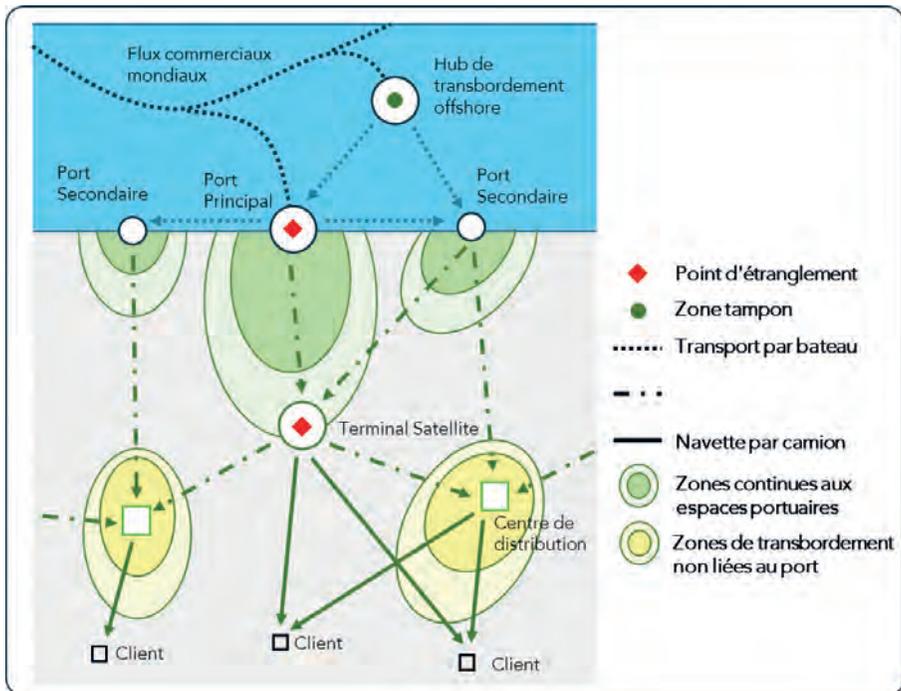
Une première barrière à l'écosystème portuaire et sa capacité à évacuer les flux sera donc l'ensemble de contraintes actuelles et futures provenant de son positionnement sur le maillage territorial et particulièrement urbain. Ainsi le cas de Dakar illustre la limite de coexistence des deux systèmes port / ville, engendrant de forts effets collatéraux neutralisant à la fois les populations et les transporteurs, jusqu'à justifier l'investissement et la construction d'un second port en eaux profondes à 80 km du premier. D'autres exemples, notamment en milieu insulaire avec des enjeux d'espace restreints, seraient aussi éloquents des arbitrages difficiles entre les besoins d'aménagement nécessaire au transport de marchandise, ceux liés à la mobilité collective et douce des personnes, et à la préservation des espaces naturels ultramarins.

Dans ce copartage de l'espace et équilibre entre les priorités immédiates et long termes, l'enjeu d'intermodalité tel que décrit précédemment demeurera dimensionnant sur le long terme pour assurer à l'économie un système logistique performant et moteur de croissance.

La Figure 3 montre l'organisation d'un réseau de transport générique pour le mouvement des marchandises à l'arrivée sur un territoire. On peut constater que de nombreux corridors de liaison font défaut entre les points nodaux du maillage, et surtout l'absence d'une solution réelle point

à point indépendante des autres réseaux amène des chaînes logistiques non optimales, générant intrinsèquement de la perte de productivité et de valeurs.

**Figure 3 : Réseau de transport générique**



Source: Flying Whales, 2023

La présence d'une solution de transport aérien de marchandises reliant les ports aux autres points nœuds du réseau serait bénéfique pour accroître la résilience, l'efficacité et la flexibilité non seulement des écosystèmes portuaires, mais de l'ensemble du réseau de transport de l'arrière-pays qui leur est associé, en optimisant les flux et les réacheminements. Au-delà des co-bénéfices directs sur les chaînes de transport, l'expansion d'un nouveau mode ou corridor aérien permettra de réduire la pression du système port sur le système ville, et de libérer des nouveaux avantages rendus possible par cette hyper-connectivité point à point.

### **Congestion et points d'étranglement**

Les ports, qui sont les principaux points de congestion de la logistique maritime, peuvent rencontrer différents types de congestion tels que l'accès au quai, l'inefficacité de la manutention, et l'accès au port. Le commerce

international de marchandises n'a cessé de croître au cours du dernier siècle. Pour suivre cette tendance et réaliser des économies d'échelle, la taille des navires de marchandises est devenue de plus en plus importante. Cependant, les ajouts d'infrastructures portuaires ont du mal à s'adapter aux mêmes niveaux de croissance des volumes commerciaux et des navires. Par conséquent, le temps et l'espace nécessaires au quai pour accueillir un navire ont augmenté, obligeant souvent les navires à faire la queue au mouillage avant d'être affectés à un quai en capacité de les recevoir. Les niveaux de congestion du côté mer peuvent varier considérablement en fonction du port, de la zone géographique et de la période de l'année.

Certains ports sont également plus affectés par des inefficacités que d'autres, par exemple, les ports africains présentent souvent une congestion structurelle en raison d'un plus faible nombre de mouvements de conteneurs par heure, du fait d'équipement moins modernes, d'une main-d'œuvre moins qualifiée ou d'un état de digitalisation des opérations moins avancé. D'autres inefficacités portuaires sont principalement dues à l'espace. Dans le cas de composants volumineux qui doivent être déplacés d'une partie du port à une autre, les opérations peuvent ralentir considérablement et affecter les performances globales du port.

De manière similaire au côté mer, si l'infrastructure côté terre n'est pas adaptée aux volumes commerciaux ou à la taille des composants, cela peut entraîner une congestion voire une infaisabilité technique de recevoir et véhiculer des composants exceptionnels. Ainsi la congestion, structurelle ou saisonnière, affecte directement la performance financière et l'attrait global du port, amenant les navires à décliner certaines escales pour préférer des trajets parfois plus longs, à la recherche de plannings plus fiables.

### **Perte de marchandises et d'intégrité**

Les ports et les systèmes logistiques sont en concurrence à plusieurs niveaux d'influence (national, régional, cluster) selon leur finalité d'accélérer le développement d'une économie nationale, de déverrouiller l'accès d'arrière pays n'ayant pas accès à la mer pour l'import / export de marchandise, de promouvoir la coopération entre deux économies voisines. Au même titre que les ports, les corridors sont des systèmes dynamiques, affichant des capacités et des performances fluctuantes au cours de l'année. De nombreux organismes ont pour objectif de cartographier cette performance sur un ou plusieurs modes de transports, afin d'améliorer la visibilité et la prévisibilité du transfert des flux.

Par exemple l'USAID, le Centre Africain pour le Commerce, l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine ou encore l'Union Africaine convergent à étudier les corridors prioritaires et stratégiques africains, optant comme

indicateurs standards le nombre de points d'arrêt et de contrôles routiers, les vols ou tentatives d'atteinte à l'intégrité de la marchandise, ou encore les délais supplémentaires et les coûts supplémentaires à prévoir sur chaque segment de route. Pour illustration, on comparera ainsi l'évolution constante des performances des axes routiers Tema / Ouagadougou et Lomé / Ouagadougou, pourtant équivalents en distance (950 km) :

- Depuis Tema (Ghana) : 2,23 points de contrôle par 100 km, 4,17 USD de perte sur marchandise par 100 km, et une moyenne de 21 min de retard par 100 km.
- Depuis Lomé (Togo) : 1,50 point de contrôle par 100 km, 3,33 USD de perte sur marchandise par 100 km, et une moyenne de 16 min de retard par 100 km.
- D'autres observatoires peuvent aussi apporter une vue complémentaire par secteur. Par exemple l'Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture établie le lien entre la qualité des systèmes de transport et logistique et la perte sur production agricole après récolte, pointant des défaillances systémiques occasionnant jusqu'à 30 % de perte de marchandise le long de la chaîne de valeur.
- Ces données sont précieuses pour comprendre les forces et les vulnérabilités des systèmes, établir des stratégies de renfort de certains tronçons, de contournement, ou de complétude, et la planification des investissements associés pour mettre en œuvre ces aménagements. De manière ponctuelle ou permanente, elles permettent de caractériser la pertinence d'adjoindre un réseau aérien complémentaire point à point, apportant un saut de performance spécifique et pertinent par secteur, ou conférant davantage d'agilité au système dans son ensemble.

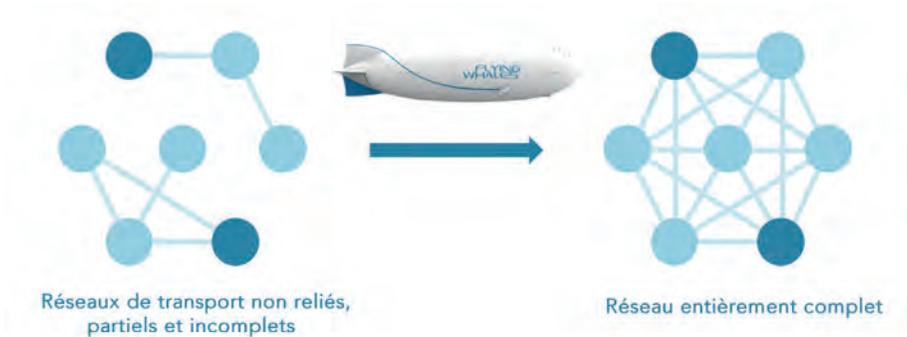
## *Typologie des principaux impacts*

### **Hyper-connectivité**

Dans ce contexte, et dans le cadre de résoudre et/ou atténuer les problèmes mentionnés précédemment, les dirigeables peuvent s'intégrer aux écosystèmes portuaires et aux réseaux de transport généraux, complétant ainsi le maillage avec des corridors aériens rentables qui ne sont actuellement pas possibles avec les hélicoptères en raison de leurs coûts d'exploitation élevés et de leurs capacités de charge faibles. L'adoption de la technologie dirigeable point à point dans le système introduit la notion de réseaux hyperconnectés où tous les points nodaux peuvent être interconnectés à la demande. De plus, les dirigeables offrent la possibilité de survoler les

goulots d'étranglement, en particulier dans des cas spécifiques tels que des marchandises surdimensionnées ou à haute sensibilité temporelle, et assurent la continuité du transport en cas de perturbation des infrastructures terrestres. La figure 4 montre une représentation visuelle de l'impact des dirigeables sur la connectivité du réseau de transport.

**Figure 4 : Amélioration de la connectivité du réseau de transport grâce à l'utilisation des dirigeables**



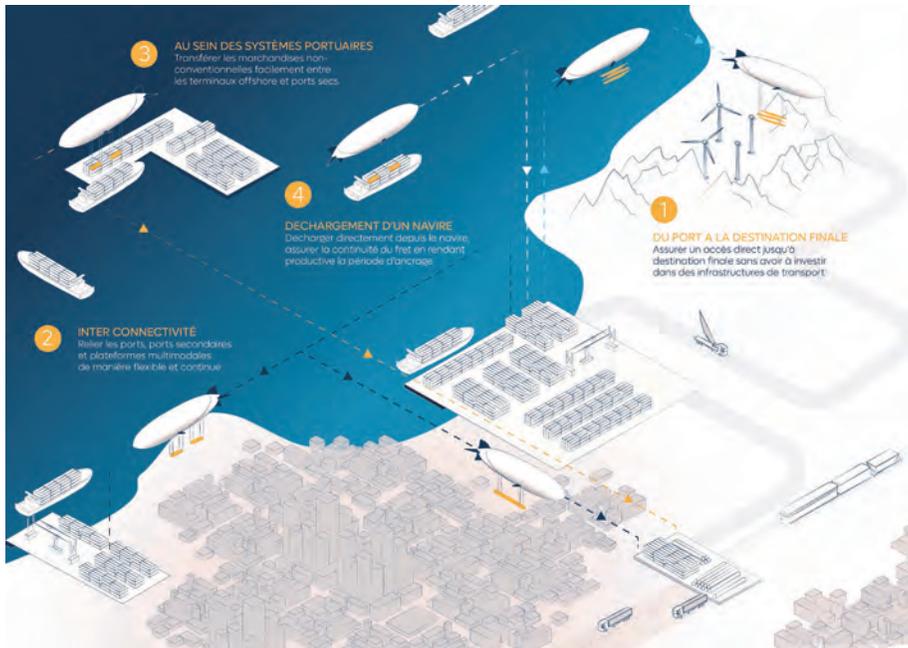
Source : FLYING WHALES, 2023

Dans ce contexte, les dirigeables permettant des opérations en vol stationnaire peuvent jouer un rôle central dans la connectique des chaînes de transport, tant pour l'intermodalité que pour l'interopérabilité, car les points nodaux deviennent tous accessibles depuis les airs permettront soit une optimisation des systèmes multimodaux existants, soit un lien direct, agile et adaptatif vers la destination finale, sans surcoût infrastructurel. Dès lors, un territoire équipé d'un réseau aérien sera plus flexible et davantage capable de faire face à l'évolution des besoins et à une probable intensification des échanges dans le futur, contribuant ainsi à l'attrait et à la compétitivité d'une économie. Les dirigeables modernes, et leur proche remise en service, représentent ainsi un atout déterminant au service de la planification stratégique des états en matière d'infrastructure, avec une activation rendue facile par l'absence de barrière d'adoption (Figure 5).

Le principal défi pour la transition vers cette technologie plus durable et inclusive, et activer les nouvelles chaînes de valeurs qu'elle rend possible, repose alors sur la capacité collective à concevoir une intégration harmonieuse et complémentaire aux systèmes existants<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Les travaux de Martin Calnan (UNESCO, Chair for the Future of Finance, développée avec Alon Rozen au sein de l'Ecole des Ponts & Chaussées Business School à Paris) sont centraux de cette pensée et méthodologie exploratoire, visant à l'invention de nouveaux modèles vers un futur désirable (soutenable et responsable), au lieu de reproduire des modèles connus menant à un futur probable et limité.

**Figure 5 : Schéma montrant l'intégration des dirigeables dans les réseaux de transport maritime**



Source : FLYING WHALES, 2023

## Du port à la destination finale

L'une des principales avantages de l'exploitation des HCAs (Heavy Cargo Airships) est la livraison de point à point pour les cargaisons générales et les cargaisons de projet. En particulier, dans le cas des cargaisons de projet, les dirigeables peuvent surmonter la plupart des obstacles d'infrastructure en aval du port, tels que des ponts avec une hauteur insuffisante, des routes avec des limites de poids inconnues, etc. En intégrant les services de dirigeables dans leur offre de manutention de cargaison, les ports peuvent donc gérer virtuellement n'importe quelle taille de cargaison et assurer la continuité des flux de marchandises jusqu'à la destination finale dans les meilleurs délais et conditions, devenant ainsi plus attractifs aux yeux des propriétaires de cargaisons et des expéditeurs. Cette liaison directe aérienne transforme les chaînes d'approvisionnement fragmentées et multimodales en livraisons directes, améliore les performances des chaînes logistiques, réduit les émissions de carbone et les risques associés. En particulier pour des projets complexes, elle élimine le besoin d'investir dans la création ou l'adaptation d'infrastructures de connexion, accélérant ainsi l'exécution des projets et les éventuels calendriers.

Pour les cargaisons conventionnelles sensibles au temps, la possibilité de déplacer des biens dans un délai de quelques heures de vol change la donne pour de nombreux secteurs : pour l'aide humanitaire avec des équipements d'urgence ou pour le secteur pharmaceutique avec des produits médicaux, par exemple. Il en va de même pour l'industrie de la vente au détail (biens de consommation courante) ou l'industrie lourde (assurant un approvisionnement constant en intrants ou l'exportation de la production vers le marché mondial). Cette offre logistique novatrice (express x décarbonée) crée le maillon manquant entre l'économie mondiale et le marché rural, entre le point d'exportation/importation et les clients ou producteurs. Elle libère par la même occasion les opportunités commerciales et de développement des territoires de manière équitable et inclusive pour toutes les communautés, même les plus difficiles d'accès et isolées.

### **De l'interconnectivité à l'hyper-connectivité**

Les navires suivant les routes commerciales mondiales deviennent de plus en plus grands, les plus grands d'aujourd'hui dépassant les 24 000 EVP, cependant le nombre de ports capables d'accueillir ces géants devient de plus en plus limité, ou nécessite des travaux coûteux pour adaptation. Les navires feeders sont une bonne solution à ce problème par leur taille plus réduite, avec des capacités allant de quelques centaines à quelques milliers d'EVP, qui relient les ports proches en agrégeant ou distribuant des marchandises vers/ depuis les principaux ports régionaux. Les HCAs peuvent offrir un service similaire aux feeders mais avec une vitesse supérieure, une flexibilité en termes d'horaire et de volumes, car la rentabilité est atteinte déjà à partir de quelques dizaines d'EVP.

L'accessibilité et la connectivité d'un port aux autres réseaux de transport (route et rail) sont cruciales et font partie des principaux attributs pour mesurer son attractivité et sa compétitivité. Les ports qui disposent d'infrastructures modernes, bien développées et équipées avec des liaisons de transport efficaces ont plus de chances d'être préférés par les compagnies maritimes et les donneurs d'ordres.

S'il est complexe de planifier au long terme des équipements et infrastructures d'un territoire pour rester performant dans un environnement à dynamiques variables, il est facile au contraire d'adopter cette technologie aérienne point à point du fait de l'absence d'investissement à l'entrée, par rapport à l'ajout d'autres options intermodales (ponts, tunnels, voies ferrées). Pour les dirigeables permettant des opérations en mode stationnaire (comme pour le LCA60T, à 50 mètres au-dessus du sol), les services peuvent être activés facilement (de manière saisonnière ou permanente) ou désactivés selon les besoins, cette intermodalité supplémentaire pouvant fonctionner à la demande.

La technologie devient abordable pour tous les ports, indépendamment de leur maturité et de leur position dans la hiérarchie régionale, dès que le réseau aérien est déployé dans le pays, pour transférer efficacement des marchandises, dans toutes les directions souhaitées, indépendamment des pics saisonniers, de l'état de congestion ville/port, ou des autres réseaux d'infrastructure. Chaque port, souhaitant être le mieux préparé, plus attractif, résilient et durable, peut ainsi utiliser le réseau aérien par dirigeable pour une meilleure intégration et réactivité des dynamiques régionales, créer et étendre ses couloirs aériens stratégiques, et les ajuster selon les conditions du marché, tirer le meilleur bénéfice de l'hyper-connectivité, dans une trajectoire de décarbonation des chaînes de transports.

### **Au cœur des écosystèmes portuaires**

Aujourd'hui, de nombreux ports dans le monde commencent à rencontrer des problèmes liés à l'espace, car la plupart d'entre eux ont déjà exploité toutes les terres riveraines et cherchent un espace supplémentaire vers l'intérieur, lorsque cela est possible. Certains ports acquièrent des terres jusqu'à quelques kilomètres à l'intérieur pour créer des zones de stockage à sec à utiliser lorsque les zones riveraines sont saturées. Par exemple, pour les ports spécialisés dans les pales d'éoliennes ou d'autres manipulations de cargaisons de projet, il peut être un sérieux obstacle de déplacer des marchandises des ports secs vers la zone riveraine et vice versa, tandis qu'il peut être relativement facile de créer un lien aérien avec des dirigeables.

D'autres ports, en revanche, envisagent de construire des terminaux offshore. C'est souvent le cas des ports qui n'ont pas de tirant d'eau suffisant ou qui n'ont aucune possibilité de s'étendre du côté terre. Les dirigeables peuvent créer des ponts aériens entre différentes parties des futurs écosystèmes portuaires, tels des liaisons directes entre les terminaux offshore et les zones de stockage à sec. Dès lors, il devient également possible de considérer sans limitation des surfaces éloignées en nouvelles zones de stockage associées au port, pour les autorités portuaires et/ou les opérateurs portuaires. En ayant accès à un immobilier décentralisé moins cher, de nouveaux volumes peuvent être considérés, générant de nouveaux revenus, ou sur des services complémentaires.

Par exemple, le pont aérien permet une stratégie diversifiée d'association du port avec des tiers experts situés en dehors de son domaine direct, permettant d'augmenter l'offre portuaire : connecter le port à des entrepôts frigorifiques distants, à des zones de transformation et des parcs industriels intégrés, à des ateliers de maintenance spécialisés, en connexion avec des hub multimodaux et des corridors spéciaux (bleus, verts).

## **Au déchargement d'un navire**

La congestion portuaire est l'un des principaux problèmes qui ont affecté la chaîne d'approvisionnement mondiale au cours des dernières années. Si, dans de nombreuses régions du monde, la congestion est une situation temporaire, principalement associée à des périodes particulières de l'année ou à des perturbations soudaines (telles que des catastrophes naturelles), dans d'autres parties du monde, la congestion est un problème structurel. Dans les deux cas, lorsqu'un port est encombré, le navire n'a que deux options : attendre son tour au mouillage jusqu'à ce qu'une place à quai se libère, ou sauter l'escale dans ce port, ce qui oblige une partie de la cargaison à se dérouter. Dans les deux cas, la cargaison est contrainte d'attendre un temps improductif en mer, ce qui entraîne des coûts et une perte possible de valeur de la cargaison. Par ailleurs, les ports encombrés perdent de leur crédibilité et de leur fiabilité aux yeux des clients (transporteurs et transitaires) qui pourraient vouloir éviter ces ports à l'avenir.

Les ballons dirigeables de grande capacité peuvent assurer la continuité des flux de marchandises en cas de perturbations en déchargeant les navires directement en mer et en les livrant directement aux terminaux satellites intérieurs. Ils survolent ainsi les principaux goulets d'étranglement en rendant finalement la chaîne d'approvisionnement plus résiliente et plus résistante aux chocs.



# La Civilisation Indigo : une vision des ports au XXII<sup>e</sup> siècle

*César DUCRUET*

*Membre d'honneur*

La Civilisation Indigo  
&

*Directeur de recherche*

CNRS – UMR 7235 EconomiX – Université Paris Nanterre  
Paris  
France

*Rutger de GRAAF*

*Co-fondateur et Membre d'honneur*

La Civilisation Indigo  
&

*Directeur Général*

BLUE 21  
Rotterdam  
Pays-Bas

*Frédéric PONS*

*Co-Fondateur et Président*

La Civilisation Indigo  
Paris  
France

## Introduction

Les hommes ont toujours entretenu une relation et une appétence particulière avec la mer. 60 % de la population mondiale vit dans des zones côtières selon l'UICN. Ce taux devrait passer à 70 % d'ici à 2050. La Civilisation Indigo est un projet international de prospective, de recherche et d'innovation initiée par une organisation à but non lucratif française, et animée par une jeune communauté d'experts pluridisciplinaires engagés.

La Civilisation Indigo vise à imaginer, modéliser, concevoir, simuler et tester de nouveaux modèles écosystémiques harmonieux, dont l'océan est l'hôte et le noyau, pour contribuer à répondre aux futurs enjeux du monde : environnementaux, alimentaires, énergétiques, humanitaires et socio-économiques.

Vivre, habiter et travailler sur les océans : La Civilisation Indigo croit dans la pertinence du concept de « Smart Off-shore Ecosystem ». Créées par et pour ses citoyens et travailleurs ces petites villes océaniques flottantes doivent être non-invasives, modulables, autonomes, écologiques et génératives (récifs artificiels flottants). Intégrées à leur environnement et capables d'alléger la pression exercée sur les terres sans altérer l'écosystème marin local, elles visent à produire de l'alimentation, de l'eau douce et de l'énergie marine de manière renouvelable. Ports d'avenir et lieux de vie réinventés, elles s'avèrent une opportunité, une solution viable d'adaptation et de résilience pour servir les communautés locales, riches ou pauvres, dans la perspective des conséquences liées au changement climatique, telle que la montée des eaux. La mer monte, accueillons-la !

Comment les travaux de La Civilisation Indigo peuvent-ils aider à concevoir et à tester de futurs modèles portuaires à la fois économiquement efficaces, et viables tant d'un point de vue écologique que social ?

### *Les futurs enjeux du monde*

Selon le MIT, 4 conséquences sociétales seraient à prévoir du changement climatique d'ici à 2050 : famine et malnutrition, migrations, conflits et maladies. L'harmonie naturelle de la Nature dont font partie les humains a été rompue. Notre environnement souffre d'une surexploitation de ses ressources renforcée par les conséquences avérées et futures de la surpopulation. La population mondiale sera en croissance de 26 % d'ici à 2050.

En 2050, il sera nécessaire d'imputer 22 millions de km<sup>2</sup> de terres arables supplémentaires pour nourrir la population, soit la taille de l'Amérique du

Nord. Selon l'ONU, les besoins alimentaires doubleraient. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie, la consommation énergétique mondiale augmentera de 68 %, avec une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> de 35 % dans les pays ayant la plus forte croissance démographique.

L'eau est un paramètre écologique et socio-économique des plus sensibles ; elle est tout aussi nécessaire que redoutée. 52 % des humains souffriront d'un accès à l'eau rare (Growing Blue). A ce jour, plus de 2 milliards de personnes vivent dans des pays soumis à un stress hydrique et souffrent du manque d'accès à l'eau potable et à l'assainissement, selon l'Organisation Météorologique Mondiale. Cela pourrait concerner 5 milliards d'individus en 2050. Du fait du dérèglement climatique, le nombre et la durée des sécheresses ont augmenté de 29 % dans le monde depuis 2000, selon l'ONU. A contrario, entre 300 millions et 1 milliard d'individus, selon les scénarii envisagés, verront leur environnement terrestre inondé par la montée des eaux aggravée par la subsidence, l'effondrement des sols. En France, cela concernera environ 1,5 million de personnes réparties au sein de 864 communes identifiées selon le Gouvernement Français. Du fait du dérèglement climatique, les phénomènes d'inondations ont augmenté de 134 % dans le monde depuis 2000, selon l'ONU.

Enfin, l'Économie Bleue semble devenir le nouvel eldorado du capitalisme moderne avec des projections de gains importants tant dans l'aquaculture que des énergies marines renouvelables. Les intérêts économiques en jeu engendreront des tensions géopolitiques dans le monde entier. L'exemple des tensions sino-américaines autour de Taiwan en sont un exemple contemporain. Il semble ainsi évident que l'Homme ira en mer chercher les ressources ou les solutions dont il aura besoin pour s'adapter, vivre, survivre, s'alimenter, s'approvisionner voire se défendre, parfois avec convoitise. Il sera alors crucial de ne pas reproduire les erreurs commises par le passé et de trouver des solutions holistiques, intégrées, justes et viables pour tous les vivants de la Planète.

Dans ce contexte, quelle sera la place, l'organisation, la typologie et les rôles économiques, sociétaux et écologiques des ports de demain ? Comment les travaux de La Civilisation Indigo peuvent-ils aider à se projeter dans un nouveau paradigme de ville portuaire : le « Smart Off-shore Ecosystem » ?

## *A propos des ports au XXI<sup>e</sup> siècle*

Un port est un abri artificiel ou naturel ayant pour finalité l'embarquement et le débarquement de passagers ou de marchandises. Autrement dit, un port peut être caractérisé suivant les principaux paramètres suivants :

- L'échange : marchandises, personnes, cultures, transactions.
- La protection : météo, sécurité des biens et des personnes.
- L'approvisionnement : énergie, alimentation, eau, marchandises.
- Le service : logistique, entretien, réparation, nettoyage, sanitaire, emploi au sein de l'hinterland.
- Pôle socio-économique local (port & hinterland)

Les ports actuels font désormais face à des enjeux majeurs :

- Pollution : le secteur maritime représente 16 % des émissions du fret mondial, mais 70 % des tonnes – kilomètres transportés. Selon l'OMI, la pollution du transport maritime représente 3 % des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Sans changement, ce taux pourrait atteindre 17 % d'ici à 2050.
- Montée des eaux : selon une étude RTI réalisée pour l'EDF l'adaptation des infrastructures à la montée des eaux et leur endommagement pourraient coûter au transport maritime près de 25 milliards de dollars par an d'ici à 2100.
- Saturation spatiale et modale, course au gigantisme tant sur terre que sur mer, concentration des flux par des hubs.
- Désolidarisation du port et des quartiers de vie dans les villes portuaires, changement d'échelle des relations ville-port et étalement de l'urbanisation.

## **Résilience ou adaptation**

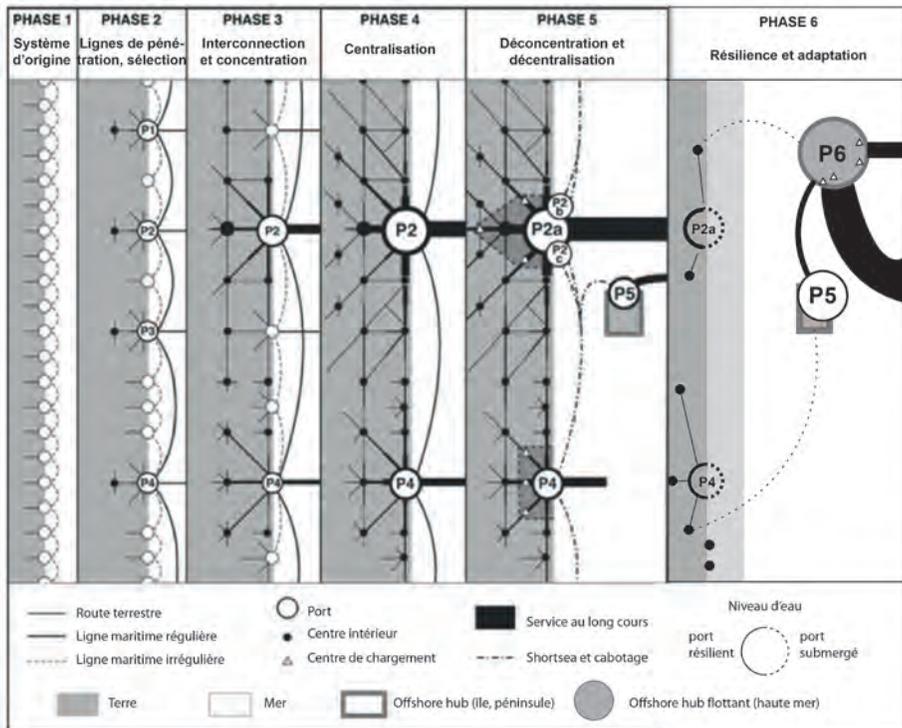
Quelles perspectives pour les ports du futur ? Quelles sont les principaux axes de réflexion ?

La Civilisation Indigo est une solution d'adaptation multi-usages plus que de résilience. Au lieu de contrer l'inexorable, ne peut-on pas embrasser le changement pour imaginer, définir, tester et optimiser des solutions de progrès. Le concept de Smart Off-shore Ecosystem serait l'étape ultime du développement de la ville portuaire sur le très long-terme. Des modèles spatiaux d'évolution d'un « système portuaire régional » furent proposés dès les années 1960 par des géographes pour illustrer l'émancipation croissante d'un port pivot au sein (concentration) puis à la marge (déconcentration) du système :

- Phase 1 : ports dispersés : nomadisme continental, comptoirs anciens, premiers pas des colons.
- Phase 2 : lignes de pénétration et piraterie : sélection portuaire.

- Phase 3 : interconnexion et concentration : hiérarchie, monopole.
- Phase 4 : centralisation : domination d'une porte d'entrée majeure import-export (grande ville multifonctionnelle).
- Phase 5 : déconcentration et décentralisation : offshore hub littoral proche (Yangshan Island pour Shanghai, Maasvlakte 2 pour Rotterdam; Tuas pour Singapour... Jebel Ali/Dubai, Nava Sheva Mumbai).
- Phase 6 : résilience et adaptation : émergence du hub flottant offshore, qui pallie la montée des eaux sur le littoral et se connecte à d'autres hubs flottants plus proches du littoral ; cette phase correspond à la « Civilisation Indigo ».

Figure 1 : Modèles spatiaux d'évolution portuaire



Source : Rimmer 2007 (qui reprend les modèles de Taaffe et al., 1963 ; Rimmer, 1967 ; Hayuth, 1981, 1988 ; Notteboom et Rodrigue, 2005)

Selon les paramètres qui définissent un port Off-shore, quels axes de réflexion peut-on introduire pour le futur ? Comment les Smart Offshore Ecosystem pourraient-ils façonner les ports du futur ?

## L'échange

Dans les circonstances précédemment décrites, il est plausible de projeter le futur de routes commerciales rationalisées et redessinées, avec un maillage de ports de dessertes plus dense qui suivrait 2 scénarios :

- Régionalisation : petits relais offshore interconnectés au maillage dense ;
- Mondialisation : grand relais offshore au maillage faible.

De ces deux scénarii découlent 2 stratégies de développement :

- Spécialisation (gestion en termes de filières et chaînes de valeur, réseau productif) ;
- Économies d'échelle, à l'image des grandes métropoles maritimes ou encore des pôles industriels.

**Figure 2 : Routes maritimes contemporaines. Et demain ?**



Source : B. S. Halpern (T. Hengl ; D. Groll) / [wikimedia commons](#)

Des Hubs logistiques off-shore pourraient alors prendre forme selon :

- Le déploiement d'un réseau de cabotage décarboné desservant des ports secondaires et tertiaires ; ce qui permettrait notamment un désengorgement logistique des arrière-pays et des principaux axes routiers ;
- La création de « trains maritimes transocéaniques » permanents pour relier entre eux les grands hubs off-shore. Cette perspective pourrait même rendre les cargos au long cours obsolètes ;

- La connectivité de certaines plateformes d'éclatement des flux (intra- et interrégionales).

**Figure 3 : Évolution spatio-temporelle envisagée du concept de Smart Off-shore Ecosystem**



Source : Blue 21

## La protection

Un des enjeux majeurs mais encore largement sous-estimé a trait à la protection avec des ports durables qui auront comme impératif de toujours faire mieux en matière écologique et sociétale, sans pour autant obérer le progrès économique. Pour les écosystèmes portuaires les plus avancés en la matière, l'objectif est d'atteindre un bilan carbone neutre, et même à terme, un bilan carbone qui devienne négatif avec notamment :

- Un accueil exclusif de navires à propulsion décarbonée, vélique ou à hydrogène ;
  1. Des pratiques conduisant à une politique zéro déchet rejeté dans la Nature ;
  2. Des opérations avec uniquement des véhicules terrestres électrifiés (manutention, hinterland) ;

3. Le recours systématique au recyclage de chaleur, à l'usage de la biomasse, à l'application des principes fondateurs de l'écologie industrielle ou encore au déploiement opérationnel de « smart grid » ;
4. La production d'O<sub>2</sub> et l'absorption concomitante de CO<sub>2</sub> à travers l'usage de biomatériaux absorbants par exemple ou, quand cela est possible, le développement de récifs artificiels (ex. biomatériau absorbant, récif artificiel).

La fluidité des transports tout au long de la chaîne d'approvisionnement sera optimisée avec, en particulier :

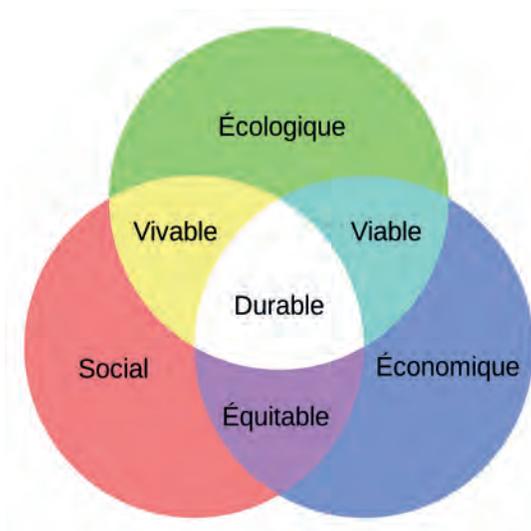
5. Une politique de suivi en temps réel et même selon des protocoles d'anticipation de tous les flux et véhicules dans l'objectif de minimiser (annuler) tous les temps d'attentes ;
6. Une automatisation totale de toutes les étapes du passage portuaire des marchandises et des navires avec la promotion notamment de navettes autonomes décarbonées entre les terminaux et même entre les ports,
7. La mise en place de plateformes intégrées de connectivité multimodale.

Le tout s'inscrit dans des nouvelles règles de gouvernance qui visent, à terme, à bannir les navires ou pratiques polluantes. Cela suscite de profonds ré-aménagements des espaces et territoires qui relient la ville et port. Cette meilleure intégration ville-port peut prendre différentes formes stratégiques et opérationnelles comme le développement de zones dites « buffer » avec des « coulées vertes » qui se caractérisent par une typologie de fonctions et d'usage hétérogène et diversifié. Ces villes portuaires optimisent leurs agencements en compactant les fonctions et les services en devenant toujours plus intelligentes. Elles repensent les mobilités internes, entrantes et sortantes avec des politiques qui encouragent des pratiques plus respectueuses et plus sécurisées (exemple des eco-driving mais des navigations maritimes plus respectueuses de l'environnement via la réduction de la vitesse, le recours aux carburants propres, etc).

**Figure 4 : Ecosystème urbain et portuaire flottant du futur**

Source : Crédit Photo Simon Nummy

En matière de protection, des abris off-shore sont aussi à penser pour permettre de se protéger des aléas climatiques avec des épisodes extrêmes plus violents et plus récurrents. Bien que déjà existant, les ports-refuges ne fonctionnent pas comme pourraient le faire des abris off-shore en capacité de recevoir des navires qui subissent des avaries graves. Dernière possible application sans toucher à l'exhaustivité, l'opportunité de se protéger comme les actes de piraterie qui contraignent la circulation maritime contemporaine dans divers espaces jugés sensibles et/ou géostratégiques (exemples récents des attaques dans le Golfe de Guinée ou encore les détournements de navires/cargaisons). Dernier élément qui peut occuper des bases marines avancées, la problématique de la défense des intérêts souverains et géopolitiques sans parler de la défense de l'environnement. La protection et la surveillance des écosystèmes fragiles ainsi que des territoires marins adjacents constituent d'autres dimensions essentielles à prendre en compte (Figure 5).

**Figure 5 : Vision holistique et écosystémique**

### **L’approvisionnement et les services dérivés**

Les écosystèmes off-shore sont multi-usages avec des pratiques mutualisés qui fonctionnent en interactions dynamiques. Ces petites villes portuaires océaniques disposent de systèmes d’auto-production énergétique écologique avec des capacités de génération d’hydrogène, d’électricité décarbonée et de biocarburants de dernière génération. Ces disponibilités énergétiques constituent les intrants indispensables pour produire en quantité et en qualité une eau douce qui sera issue de processus de dernière génération de désalinisation. Cette eau à disposition, au-delà des besoins vitaux pour ses occupants, sera aussi utilisée pour développer des capacités de production durable d’aliments en mobilisant les techniques les plus avancées de l’aquaculture, de l’algoculture ou encore de l’aquaponie.

Un des effets tangibles indirects de tels déploiements doit considérer à terme les effets bénéfiques de re-génération environnementale des zones portuaires terrestres sans altérer l’écosystème off-shore local. Du fait que ces infrastructures flottantes soient modulables et mobiles, elles deviennent évolutives en fonction de l’expression des besoins et de l’urgence des situations. Elles peuvent devenir des relais sanitaires et techniques flottants, offrant ainsi des solutions d’adaptation inclusive pour les populations des zones menacées par la montée des eaux. Des systèmes archipélagiques ou insulaires du Pacifique sud aux territoires submergés du delta du Gange, les plus fragiles et démunis sont directement concernés par ces relais sanitaires de première urgence.

## En guise de conclusion prospective

Notre vision est que les ports off-shore au XXII<sup>e</sup> siècle seront des écosystèmes autonomes, aux bilans écologique, social et économique positifs, de nouvelles agglomérations océaniques viables, modulables, voire mobiles, et vecteurs de progrès pour les humains et leur environnement. Ils seront des hubs de vie et des relais, à taille humaine et où la qualité de vie primera avec l'ambition d'un impact écologique et environnemental maîtrisé. Ces futures plateformes seront aussi commerciales puisque les productions locales pourront y être transformées et être *de facto* échangées. Ces nouveaux écosystèmes de nature océanique constitueront des laboratoires d'expérimentations avec des unités de recherche off-shore.



## Contributrices Contributeurs



**Michele ACCIARO** is Associate Professor at the Department of Strategy and Innovation of the Copenhagen Business School (CBS), which he joined in January 2022. Previously he has been employed at Kühne Logistics University (KLU) in Hamburg, DNV in Oslo and at the Center for Maritime Economics and Logistics (MEL) of Erasmus University Rotterdam. His research interests are sustainability and innovation, with a particular focus on shipping and ports. He holds a PhD and an MSc in Economics from Erasmus University Rotterdam, and an MSc in Statistics from the University of Rome “La Sapienza”.



**Yann ALIX** est depuis 2011 le Délégué Général de la Fondation SEFACIL, laboratoire d'idées prospectives sur les stratégies maritime, portuaire et logistique. Il a fondé et dirige la collection *Les Océanides* et co-dirige la collection *Afrique Atlantique*. Titulaire d'un PhD de Concordia University (1999) et d'un doctorat en géographie des transports de l'Université de Caen en France, Yann Alix occupe depuis 2019 le poste de Senior Manager au sein du cabinet de conseil Abington Advisory Ad Astra In-Extenso. Yann Alix travaille sur les nouveaux modèles d'affaires dans les chaînes de valeur mondiales et analyse la transformation d'une économie servicielle dans les secteurs du transport maritime et de la logistique portuaire. Il a publié et dirigé près d'une vingtaine d'ouvrages en français, anglais, espagnol et russe.



**Alain BAZILLE** est le quatrième Vice-Président en charge des Infrastructures, des Ports et du Littoral du Département de la Seine-Maritime. Alain Bazille est investi dans la valorisation et le développement des territoires départementaux depuis 1998. Passionné par le milieu des ports, il consacre une énergie et un enthousiasme tout particuliers aux politiques publiques

portuaires et littorales. À partir de 2019, il endosse ainsi les responsabilités de Président du Syndicat Mixte Transmanche, Président du Syndicat Mixte Littoral de la Seine-Maritime et Président de l'Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux – ANPMT. Depuis 2017, il anime également les réflexions stratégiques qui ont abouti, en octobre 2023, à la création du Syndicat mixte des ports de la Seine-Maritime qu'il préside également.



**Pierre CARIOU** est Professeur Senior à KEDGE Business School depuis 2010, Professeur associé à l'Université Maritime Mondiale (Suède) et chercheur invité à l'Université Cornell (USA). Il est associé du Centre de recherche en Global Logistics de Hapag-Lloyd de la Kühne Logistic University (Allemagne). Au préalable, il était en Professeur à l'Université Maritime Mondiale (2004-2010) et Maître de Conférences en

Économie à l'Université de Nantes (2001-2004). Il a participé à de nombreuses études pour des entreprises privés (CMA CGM, Armateurs de France, Louis Dreyfus Armateurs, SOCATRA, SKS Tanker, CMA CGM, Port de Nantes-Saint-Nazaire, Port de Marseille-Fos, Casino, Natixis Bank, Commissariat Général du Plan, Erasmus University of Rotterdam...) et a publié plus de 80 articles scientifiques sur les problématiques de l'économie maritime, de la sécurité maritime et de l'efficacité énergétique du transport maritime.

Il est expert français auprès de l'Organisation Maritime Internationale pour l'évaluation technique des rapports sur les émissions des Gaz à effets de serre et sur l'impact des mesures environnementales sur les industries maritimes et sur les pays. Il est membre fondateur de [www.porteconomics.eu](http://www.porteconomics.eu), il a été Vice-Président de l'Association Internationale des Économistes Maritimes (2014-2016) et Directeur de la Recherche à KEDGE BS (2015-2017).



**Emilie CARPELS** est directrice du projet fluvial pour IKEA France depuis 2022. Elle a évolué dans le domaine de l'immobilier commercial en occupant la fonction de Directrice de projets de développement d'abord au sein du Groupe Casino avant de rejoindre IKEA en 2013.



**Maud CHASSERIAU** est fonctionnaire des douanes françaises depuis 1978 et prochainement à la retraite. Après 20 ans de missions douanières opérationnelles, notamment au Port du Havre, elle accède en 1996 au poste de rédactrice chargée de la législation du transit communautaire et du Plan Douane/Port. Depuis 2008, Maud est en charge de l'Import Control System et de la connectivité entre les systèmes d'information portuaire et douanier à la Direction Générale des Douanes.

Son expertise a été de nombreuses fois sollicitée et l'ensemble de ses contributions a été récompensé par la décoration de Chevalier de l'Ordre du Mérite Maritime en 2011 et Médaille d'Honneur de la Douane en 2019.

Depuis 2014, Maud a développé une forte connaissance des enjeux liés à la facilitation des échanges par la gestion coordonnée des frontières, la modernisation des douanes, des ports et des corridors logistiques en Afrique dans les zones CEDEAO et CEMAC. Elle a activement participé à de nombreux projets aux côtés du cabinet DELOITTE puis du cabinet ORTELIUS, auprès du Port autonome de Pointe Noire (PAPN), du Port Autonome de Cotonou (PAC), des corridors logistiques allant de Douala à N'Djamena et de Douala à Bangui et ceux allant du Port de Dar-es-Salaam à Bujumbura/Gitega via Kabanga/kobero et de Nairobi à Bujumbura via Gasenyi/Nemba et de la Chambre de Commerce de Djibouti. Depuis 2017, elle est conseillère technique opérationnelle de l'Organisation Mondiale des Douanes – Gestion coordonnée des frontières – Etude sur le temps nécessaire à la mainlevée (ETNM – Time Release Study). Elle participe régulièrement à la mise à jour des normes du cadre SAFE et de la gestion des risques.



**Didier CODORNIU** est ancien joueur international de rugby à XV et homme politique français. Dans les années 1980, il est l'un des meilleurs trois-quarts centre du monde malgré son petit gabarit. Après sa carrière de joueur, il commence une carrière politique. En 2001, il devient maire de la commune littorale audoise de Gruissan 2001 puis conseiller régional (président de la commission des sports de la région

Languedoc Roussillon) en 2004. Il est reconduit dans son mandat municipal en 2008 et est tête de liste pour l'Aude de la liste de Georges Frêche aux élections régionales de mars 2010. Il devient alors vice-président chargé des finances de la Région Languedoc Roussillon.

Actuellement, premier Vice-Président de la Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée, il s'est vu confier par Carole Delga, Présidente de Région, les compétences de l'économie maritime et du littoral. Dans ce cadre, il exerce les fonctions de Président du Parlement de la Mer, Président de la SEMOP de Port La Nouvelle et est membre de la Commission Permanente du Conseil de Façade de la Méditerranée. Parallèlement, en juin 2021, Didier Codorniou est devenu également président du Parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée.



**Rutger de GRAAF** is an entrepreneur and researcher with more than 15 years experience in climate resilient floating urban development. His mission is to provide floating city technology to hundreds of millions of people who are impacted by climate change and sealevel rise. This needs to happen during this century while achieving positive ecological and social impacts. With his companies DeltaSync and Blue21, the first stepping stones towards this mission already have been achieved with iconic floating construction projects including the Floating Pavilion Rotterdam and Floating Ecohomes, Harnaschpolder Delft, the

Netherlands. More recently, Blue21 was design and technology partner in realizing the Innozowa floating solar project in collaboration with TU Delft. Currently, Blue21 is working on upscaling and mainstreaming floating city technology from 'proof of technology' to 'proof of scale'. This will establish an entirely new field of expertise called 'maritime urbanism' to enable the development of floating neighbourhoods and floating cities globally.

Trained as civil engineer with a MSc and PhD (both finished cum laude) of Delft University of Technology, he expanded his knowledge in various additional fields of expertise resulting in peer-reviewed scientific publications in the fields of technology, sustainability and social sciences. Rutger has been consultant to the Dutch Delta Programme, Topsector Water, City of Rotterdam and international clients from other countries including Japan, China, South-Korea, Singapore, USA and various countries in Europe. From 2011 to 2021, Rutger was applied research professor of water innovation at the Rotterdam University of Applied Sciences. From 2010 to 2015 he was Editor of the Journal of Water and Climate Change of the International Water Association. Rutger is (co) author of multiple international books, book chapters, and peer reviewed journal articles. He published together with Henk Ovink, the Special Envoy for Water of the Netherlands, about the "5 Capacities of Climate resilient Urban Areas". This framework was the foundation of the book *Climate Resilient Urban Areas*, published by Palgrave MacMillan in 2021. International media interviews include the New York Times, Financial Times, BBC World Radio, and Discovery Channel.



**Peter De LANGEN** is the owner and principal consultant of Ports & Logistics Advisory. Peter de Langen is part-time professor at Copenhagen Business School. From 2007 to 2013, Peter worked at Port of Rotterdam Authority (PoR), department Corporate Strategy, from 1997 to 2007, he worked at Erasmus University Rotterdam (EUR). Peter is co-director of the knowledge dissemination platform [www.porteconomics.eu](http://www.porteconomics.eu), develops training events and regularly speaks at industry conferences. He authored >50 peer reviewed articles as well the book 'Towards a better Ports Industry'.



**César DUCRUET** est géographe, directeur de recherche au CNRS et membre du laboratoire EconomiX à l'université de Paris-Nanterre. Ses recherches portent sur les interrelations entre flux et territoires sous l'angle des ports et des réseaux maritimes. Les questions de connectivité, d'emploi, d'environnement, et de santé sont au coeur de ses problématiques actuelles. Il dirige le projet ANR « MAGNETICS » (Maritime Globalization, Network Externalities, and Transport Impacts on Cities) rassemblant une équipe de chercheurs japonais, italiens, espagnols et français. Ses publications incluent de nombreux articles

ainsi que trois ouvrages collectifs sur « Maritime Networks », « Advances in Shipping Data Analysis » et « Port Systems in Global Competition ». Ses coopérations sont surtout à l'international, avec notamment des travaux réguliers avec des chercheurs chinois, coréens, et japonais. Enfin, il a été expert pour un certain nombre d'organisations comme l'OCDE, la Banque Mondiale, l'OMS, et le Korea Maritime Institute. Ses travaux sont accessibles en ligne sur le site hal-shs.



**Cédric ETIENNE** a plus de 25 ans d'expérience dans l'accompagnement des projets de transformation des institutions publiques et des entreprises privées en France, en Afrique Francophone et au Maghreb. De 2012 à 2017, il a occupé le poste de directeur du conseil au secteur public en Afrique Francophone au sein du cabinet DELOITTE. Il a piloté plus de 30 missions en Afrique pour le compte des grands

baillleurs de fonds internationaux tels que le World Economic Forum, l'Union Européenne, l'Agence Française de Développement, la Banque Mondiale, la Banque Africaine de Développement, l'UNICEF, USAID, le Millenium Challenge Corporation (MCC), le Fonds Mondial pour la Santé.

En 2018, il a fondé le cabinet ORTELIUS Conseil, dédié à l'Afrique, spécialisé dans la réforme des administrations publiques et la mise en œuvre de projets pour faciliter les échanges. Cédric est notamment intervenu auprès du Port autonome de Pointe Noire (PAPN), du Port Autonome de Cotonou (PAC), des corridors logistiques allant de Douala à N'Djamena et de Douala à Bangui. Il est aussi intervenu sur divers sujets auprès des Directions Générales des Douanes du Bénin, du Congo, de Côte d'Ivoire, de Guinée, de Madagascar et du Maroc.



**Marie-Marthe FAUVEL** est urbaniste spécialisée dans l'élaboration de stratégies territoriales. Elle a développé une compétence de conception de politiques publiques et développement de projets territoriaux. Affûtée depuis 20 ans dans diverses régions de France et au service de diverses collectivités, son expérience professionnelle lui a permis d'affiner une expertise territoriale qui lui est propre et qu'elle

met au service de l'Association Nationale des Ports Maritimes Territoriaux-ANPMT, depuis septembre 2020, en tant que Déléguée Générale.



**Claudio FERRARI** is Full Professor of Applied Economics at the University of Genoa, Italy. He is the Director of the Ph.D. programme in Marine Science and Technologies. His scientific research is focused on transport economics, transport planning and regional economics, namely with regards to ports and transport infrastructures. He is author of over 160 contributions published in academic journals and books. He

has been involved in many international research programs and consultancy studies on the transport sector.



**Antonio Sebastiano FOIS** is an aerospace engineer with MSc in turbomachinery aeromechanics. After his engineering degree he worked as a research engineer for Siemens Energy before enrolling to the INSEAD Business School, where he obtained an additional business degree. Since 2022, he has been working at FLYING WHALES as a Market Manager. One of his main focuses is to investigate how our airship LCA60T can integrate inside the maritime transport and port ecosystems.



**Salvador FURIÓ PRUÑONOSA** holds a PhD in Industrial Engineering from the Polytechnic University of Valencia and a Master of Science in Ports Management and Intermodal Transport from the Comillas University (ICADE). After six years of experience as Project Director at LOGISTA, the leading logistics operator in Spain, he joined the Valenciaport Foundation in 2004 as Director of Logistics and Intermodality. Since then, he has participated in and directed numerous consulting, research and cooperation projects at national, European and international levels, always related to container logistics, maritime, railway and intermodal transport, trade facilitation, planning and design of logistics platforms, or energy efficiency and environmental management. In 2019, he took on a new responsibility in the Valenciaport Foundation as Director of Innovation and Port Cluster Development, coordinating the technical areas of digital transformation, sustainability, port logistics, safety and security, port-city integration and market intelligence.

Since July 2023, he is also Deputy Director. In addition, he teaches in different master's programs at the Universities of Valencia and Castellón and participates in national and international congresses of transport and logistics. Currently, he is a member of the Executive Group of the ALICE European Technology Platform, chairing the working group about Hubs, Corridors and Synchronomodality.



**Genevieve GIULIANO** is Distinguished Professor of Public Policy and the Margaret and John Ferraro Chair in Effective Local Government at the Sol Price School of Public Policy, University of Southern California. Her research spans relationships between land use and transportation, transportation policy analysis, travel behavior, freight transport, and sustainable transportation.



**Ronan KERBIRIOU** est ingénieur d'études depuis 2012 à l'Université Le Havre Normandie. Il a en charge le développement et le maintien à jour du Système d'Information Géographique (SIG) du projet Devport qui regroupe des données et informations sur le fonctionnement logistique

de la vallée de la Seine et plus largement de l'Europe et sur l'étude de la circulation maritime en exploitant les signaux AIS émis par les navires. Ce SIG est à ce jour valorisé par le biais de partenariats et de collaborations de recherche avec de nombreuses équipes de chercheurs mais également avec des partenaires extérieurs qui sont des acteurs reconnus dans le domaine du transport et de la logistique tel que HAROPA PORT, CIRCOE, la fondation SEFACIL, Port Center du Havre. Dans le cadre de ces collaborations, Ronan Kerbiriou intervient pour la réalisation d'études et propose son expertise pour la connaissance géo-économique du transport maritime et terrestre de marchandises.

Depuis septembre 2022, Ronan Kerbiriou a entamé une thèse de doctorat en géographie sur l'exploitation des données AIS comme nouvelle source d'informations pour étudier le transport maritime au sein du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) sous la direction du Professeur Antoine Frémont et du Docteur Arnaud Serry.



**Jasmine Siu Lee LAM** is Chair Professor at Technical University of Denmark. Jasmine's research interests include maritime and port logistics, sustainability, and risk management. She is also Vice President and Council Member of International Association of Maritime Economists, Associate Editor of journals *Maritime Policy & Management* and *Transportation Research Part D*, as well as serves as the editor/board member of 8 other international journals. She is honoured being among the world's top 0.3% scientists according to a global list published by Stanford University and having received many awards.



**Jean-Pierre LAMBLIN** a exercé diverses responsabilités Opérationnelles et Marketing pour le compte de donneurs d'ordres et prestataires de la Supply Chain Internationale en France et en Asie au cours de plus de 40 ans de carrière. Depuis 12 ans il travaille sur des processus de tour de contrôle multi modales, de calcul et réduction des émissions de la Supply Chain et particulièrement de la décarbonation

des ports. Au travers de ses travaux et en croisant ceux de ports européens, de données réglementaires et d'associations professionnelles, il a mis au point une méthodologie de calcul des émissions, d'énergie, de financement de l'électrification des opérations portuaires et d'évaluation de la création de valeur autour des Eco Systèmes ENR des villes portuaires. Cette méthodologie est proposée aux services IT des ports, des villes portuaires et des collectivités pour évaluer en toute transparence l'impact économique et environnemental de la transition énergétique des opérations portuaires et leur financement à 100% par le marché.



**Florian LANNOU** is commercial director at FLYING WHALES for Africa & Middle East region. From a mechanical engineering background in France, he has spent 15 years in international projects development and management in the energy industry field and non-conventional logistics, in virgin areas and challenging environments with limited resources. With a focus in emerging and fast developing markets, mainly in

Africa, his first years consisted in definition of safe, reliable and cost efficient solutions to deliver industrial projects in time, before seeking to enhance social and environmental impacts. With passionate teams and partners from all horizons, he now prepares the scale deployment of the first African air network by FLYING WHALES LCA60T airships, an unprecedented technology providing equal access to all locations, and those the world economy has left behind. It opens a new era of opportunities, making the sky an ally for Africa to connect its multiple potentials and support its sustainable development. Thanks to its leading partners and experts in their field, FLYING WHALES adapts solutions & services to take the maximum benefits of this disruptive technology for the customers, be it public, institutional or private bodies.



**Mariantonia LO PRETE** est Maîtresse de conférences à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) en géographie et aménagement. Elle est chercheuse au laboratoire « Territoires, Villes, Environnement & Société (TVES - ULR 4477 : <https://tves.univ-lille.fr>) ». Elle s'intéresse à la question environnementale des villes portuaires depuis sa thèse de doctorat en Aménagement et Urbanisme intitulée « Port de commerce

et environnement : une relation en évolution. Ce que nous apprennent les recours contentieux dans les ports français et italiens en mer Méditerranée » (soutenue en 2012 à l'ENPC-Université Paris-Est). Depuis, ses travaux portent sur les questions portuaires, maritimes et littorales notamment sous l'angle des conflits d'usage et d'aménagement au prisme des enjeux environnementaux et de santé. Elle a contribué aux travaux de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur la question de la prise en compte de l'environnement et de la santé dans les villes portuaires. Enfin, M. Lo Prete est membre du comité de pilotage du Groupe de Travail PORT MARitimes (POMAR) du Groupement De Recherche du CNRS Océan et MERs (GDR OMER), et elle est impliquée dans différents projets de recherches tant nationaux qu'internationaux.



**Florian MANET** is currently national coordinator for cyber crime investigation within the national Gendarmerie Cyber Command (COMCYBERGEND). He was successively head of regional and national criminal investigations service between 2015 and 2022. As head of the French maritime criminal investigations unit, he investigates in particular on the maritime security- safety matter. He notably develops

an renewal approach on tackling maritime serious organized crime (illegal fishing, cybercrime, international narco-trafficking, trafficking in human beings, migrants smuggling, terrorism) in coordination with administrative stakeholders and others investigations services. He initiated in 2017 an operational action plan dedicated to crimes related to illegal fishing leader in the frame of the Europol EMPACT (European Multiapproach Platform Against Criminal Threat) 2018 -21 project. His current research focuses on the impact of organized crime upon the maritime chain of values. Florian MANET is particularly interested in the connection observed between the criminal organizations based on the continental illicit markets and the port – maritime ecosystem. He is the author of an entitled « le crime en bleu, essai de thalassopolitique » (« The crime in blue, thalassopolitic essay ») published in April 2018. Florian MANET is a regular lecturer at Rennes School of Business and the Political Sciences Institut of Rennes. Graduated of Army Officer Academy of saint Cyr (1998) and War College (2011).

**Matt McCULLOCH** est un expert distingué dans le domaine de l'ESG (environnement, société et gouvernance) et de la décarbonisation avec 26 ans d'expérience. En tant que directeur chez Norda Stelo, il conçoit et met en œuvre des stratégies pour aider les organisations à atteindre leurs objectifs de neutralité carbone tout en optimisant leur performance ESG. Ses responsabilités englobent la gestion des initiatives d'émissions nettes nulles, la prise de décisions



liées à la technologie concernant les émissions de gaz à effet de serre (GES), l'utilisation de la plateforme de gestion d'actifs Stelar pour améliorer la performance des actifs, l'évaluation de la performance ESG et GES, et la promotion de la résilience climatique dans les infrastructures. Au-delà de son rôle chez Norda Stelo, monsieur McCulloch reste activement impliqué dans des organisations dédiées au développement durable et à l'innovation technologique. Matt McCulloch siège au conseil d'administration de Foresight, occupe le poste de directeur du conseil d'administration de l'Academy for Sustainable Innovation, et est Ambassadeur auprès de l'Energy Futures Lab.

**Jonas MENDES CONSTANTE** is a port development executive with a strong focus on unlocking the growth potential of ports globally through the design and implementation of innovative international strategies. He boasts extensive senior-level experience in the ports and logistics industry, where he has led and developed projects for multilateral development banks, governments, port authorities, and private companies in Latin America and Europe. His portfolio includes significant projects in over 20 countries, encompassing port strategy, market intelligence, port management, innovation, and digital transformation in ports.

Since 2015, he has been serving as a senior consultant and project director for the

Valenciaport Foundation in Spain. He is a PhD in Finance and Economic Development, MSc in Strategy and Innovation, Master in Logistics and Port Management, and two university degrees: Computer Science and Business Management. Additionally, he shares his expertise by teaching Innovation and Digital Transformation applied to Ports in master's programs in Europe and Latin America.

**Mikaa MERED** est un analyste français, un auteur primé et un conférencier



spécialisé dans la géopolitique et la géoéconomie du changement climatique, avec un accent particulier sur les affaires polaires et l'énergie de l'hydrogène. Après avoir consacré plus d'une décennie aux problématiques pluridisciplinaires de l'Arctique et de l'Antarctique et avoir exploré les liens entre la conservation polaire et les solutions locales d'énergie, Mikaa Mered se concentre sur

la géopolitique émergente de l'énergie hydrogène à l'échelle mondiale. Il enseigne à Sciences Po (campus de Paris et du Havre), à HEC Paris, à l'École de guerre, à l'Université polytechnique Mohammed VI (UM6P, Maroc) et pour le réseau World Hydrogen Leaders. Mikaa Mered est l'auteur de l'ouvrage « Les Mondes Polaires » édité aux Presses universitaires françaises en 2019, 528pp) et il prépare deux autres ouvrages à paraître sur les marchés de l'hydrogène énergie et la géopolitique.

**Pino MUSOLINO** is the President of the Port Authority of the Central-Northern



Tyrrhenian Sea (ports of Civitavecchia, Fiumicino, and Gaeta) since December 2020. Since February 2023, President of MEDPorts, the association representing European, North African, and Middle Eastern Mediterranean ports. Previously Pino MUSOLINO served as President of the Port Authority of the Northern Adriatic Sea (Venice and Chioggia) from 2016 and later as Special Commissioner until December 2020.

Holds over a decade of experience in international shipping, having worked extensively in Antwerp and Singapore, both in private consultancy firms and in-house for shipping companies. Born in Venice, graduated in Law from the University of Bologna with a specialization in Maritime Law. Completed a Master degree LLM in International Commercial and Maritime Law at the University of Wales (Swansea), followed by a Certificate in International Politics at St. Antony College, Oxford, and a Certificate in Business Sustainability Management at Cambridge.

Currently, Pino MUSOLINO is also Adjunct professor in Sustainable Economics at the University of Tuscia and a lecturer in Maritime Law at the University of Bologna.



**Theo NOTTEBOOM** est Professeur d'économie portuaire et maritime. Il est professeur "North Sea Port" à l'Institut Maritime de l'Université de Gand et professeur à la Faculté de commerce et d'économie de l'Université d'Anvers et au Antwerp Maritime Academy. Il a auparavant occupé les postes de professeur et d'expert étranger dans les universités maritimes de Dalian et de Shanghai, en Chine, et MPA Visiting Professor à Nanyang Technological University à Singapour. Il est vice-président (2022-en cours) et ancien président (2010-2014) de l'association internationale des économistes maritimes (IAME). Il est co-fondateur et co-directeur de Portnomics.eu et membre du comité des risques et de la résilience de International Association of Ports and Harbors (IAPH). Il a publié de nombreux ouvrages sur les ports et l'économie maritime et est co-auteur du livre *Port Economics, management and Policy* (Notteboom, Pallis & Rodrigue, 2022, Routledge). Il est l'un des économistes maritimes les plus cités au monde. Theo Notteboom a été impliqué en tant que promoteur ou co-promoteur dans plus d'une centaine de programmes de recherche académique sur des sujets liés à l'industrie portuaire et maritime et à la logistique.



**Baptiste OLIVIER** est responsable projet chez CIRCOE (Centre de conseil et d'innovation en logistique). De formation ingénieur en logistique, il est spécialisé dans la gestion de flux, les études d'impact carbone et le report modal. Ayant occupé un poste de chef de projet logistique au sein de Sysco France, il a pu développer sa connaissance sur les entrepôts et étudier leur fonctionnement. Dans un second temps, en intégrant les équipes de CIRCOE, il a pu augmenter ses compétences dans le domaine de la multimodalité, se former à la réalisation de bilan carbone et l'utilisation des nouvelles technologies dans le domaine de la logistique.



**Jacques PAQUIN** est détenteur d'un MBA et d'un baccalauréat en administration des affaires de l'Université Laval. M. Jacques Paquin cumule plus de trente années d'expérience dans l'analyse des systèmes de transport, l'étude des trafics portuaires, l'évaluation et la conception de services de transport maritime et intermodaux. Impliqué dans le premier programme d'études collégiales en logistique à l'Institut maritime du Québec (IMQ), il en a assumé la coordination et y a enseigné la logistique jusqu'en 2001. Il a également travaillé à la création de l'option transport maritime de la maîtrise en gestion des ressources maritimes de l'Université du Québec à Rimouski, où il a enseigné la gestion portuaire et l'économie maritime. Il a par la suite été nommé à la direction générale d'Innovation maritime, un centre de recherche appliquée en technologie maritime qu'il a contribué à créer, de même que le Centre de Formation et

de Recherche en Transport maritime et intermodal (CFoRT), qui a depuis été intégré à Innovation maritime.

Il fait partie de l'équipe du Port de Trois-Rivières depuis 2007 et il est le maître d'œuvre du service de développement des affaires tel qu'on le connaît aujourd'hui. Après avoir collaboré à l'élaboration et la mise en œuvre du plan de modernisation du port Cap sur 2020, il joue une fois de plus un rôle clé dans le déploiement du nouveau plan de développement Cap sur 2030. M. Paquin occupe actuellement les fonctions de vice-président Exécutif et se concentre principalement sur les dossiers stratégiques du Port.



**Bárbara POLO-MARTÍN** a un doctorat en géographie, aménagement du territoire et gestion de l'environnement (2020) par l'Université de Barcelone (UB). Actuellement, elle occupe un poste comme chercheuse postdoctoral en Géomatique dans le projet Magnetics et accumule 8 années d'expérience universitaire, avec des liens professionnels avec différentes universités. Durant cette période, Bárbara

Polo-Martín a participé à des tâches liées à la recherche, à l'enseignement et aux innovations pédagogiques. Bárbara Polo-Martín s'est spécialisée dans la recherche géographique, dans les domaines de la cartographie, la géomatique, l'analyse spatiale et l'aménagement du territoire.



**Frédéric PONS** est l'instigateur et Président de l'ONG La Civilisation Indigo ([www.indigocivilization.world](http://www.indigocivilization.world)). Il souhaite contribuer au progrès et à un monde plus harmonieux. Selon lui, l'océan sera une boîte à outils extraordinaire pour répondre aux défis futurs de la Nature dont fait partie l'Humanité. L'Homme ira en mer pour trouver des solutions impérieuses et répondre à ses besoins, alimentaires ou

énergétiques notamment. Il s'y installera progressivement pour travailler et vivre. Dans cette perspective, comment travailler et vivre en symbiose sur et avec les océans pour le bien de tous les vivants de la Planète ? Au cours de son parcours professionnel de près de 25 ans dans le marketing, la stratégie et l'Executive management, il a développé et lancé avec succès des projets internationaux innovants pour de grandes marques internationales dans des environnements aussi différents que la Tech, le luxe ou le sport. Entrepreneur et philanthrope, il dédie désormais la majeure partie de son énergie à ce projet avant-gardiste de recherche interdisciplinaire et d'expérimentation.



**Robin POTÉ** est Directeur de CIRCOÉ (Centre de conseil et d'innovation en logistique). De formation ingénieur en robotique, il intervient depuis plus de 20 ans auprès des entreprises et des institutionnels pour le développement de projets d'innovation en logistique. Sa connaissance du financement public des projets et son expertise en logistique

lui permettent d'intervenir sur des projets variés allant du développement logiciel à la mise en œuvre de nouveaux process. Robin Poté est expert national sur des projets de recherche en transport et il a assuré la direction du pôle de compétitivité Nov@log. Il a notamment piloté les projets suivants : réponse à l'appel à projets « pôle de compétitivité », accompagnements de projets de start-up, missions pour le Ministère du développement durable, participation à des travaux de normalisation, installation d'un site logistique pour l'industrie pharmaceutique ou encore l'installation de d'îlots robotisés sur les usines automobile de Douai, Poissy, Palencia, Valladolid.



Ingénieur général des Ponts, des Eaux et des Forêts, **Stéphane RAISON** est directeur général et président du directoire HAROPA PORT. Il est également vice-président de l'Union des ports de France (UPF) et de l'International Association of Ports and Harbors (IAPH). Après avoir occupé différents postes opérationnels au service des collectivités puis dans le domaine du développement durable, Stéphane

Raison débute sa carrière maritime au sein du ministère des Transports au poste de chef du service Maritime et des Risques aux Sables d'Olonne (Vendée). En 2009, il rejoint le port de Dunkerque en qualité de directeur de l'Aménagement et de l'Environnement puis de suppléant de la directrice générale. Il pilote notamment le projet d'installation du terminal GNL. De 2012 à 2014, il conduit la réforme du port de la Réunion dont il est directeur général ; il développe le projet de hub pour conteneurs de la France dans l'océan Indien. En 2014, il rejoint à nouveau le port de Dunkerque en qualité de président du directoire. En novembre 2020, il est chargé par le Premier ministre de finaliser la fusion des ports du Havre, de Rouen et de Paris au sein d'un établissement unique, HAROPA PORT. Ce projet, considéré comme le plus important dans le domaine maritime et portuaire en France et en Europe, est finalisé le 1<sup>er</sup> juin 2021, date à laquelle Stéphane Raison est nommé directeur général et président du directoire HAROPA PORT.



**Harison RAKOTONIRAINY** est diplômé de l'École Nationale des Ponts et Chaussées et de l'Institut National des Télécommunications. Il cumule huit ans d'expérience en finance dont six ans en financement de projets d'infrastructure et est titulaire du premier niveau de la certification Certified PPP Professional®. Harison est expert financier et chef de projet au sein d'Axelcium où il participe

à diverses à la structuration et à la mise en œuvre de diverses transactions relatives à des projets d'infrastructures (ports, aéroports, routes, transports urbains, énergie, salubrité, eau potable, etc.) principalement en partenariats publics-privés. A titre d'exemple, Harison intervient dans le cadre de la mise en concession de divers terminaux portuaires en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale.

Harison RAKOTONIRAINY est particulièrement impliqué dans l'élaboration de modèles financiers, d'outils de régulation financière, dans le développement de documents de diagnostic et d'étude et dans la conduite de sessions de renforcement de capacité à destination des responsables d'administrations publiques ayant vocation à intervenir sur des projets en PPP. S'agissant de la promotion des PPP, notamment en Afrique, Harison est intervenu dans le développement de la PPP Academy, une initiative promouvant la professionnalisation des PPP sur le continent à travers l'éducation et le renforcement de capacité.



**Alain H. RASOLOFONDRAIBE** est un économiste senior, ancien Gouverneur de la Banque Centrale de Madagascar, et expert dans les domaines des finances privées et publiques, de la banque centrale, de la gouvernance des institutions publiques et des relations avec les institutions financières de développement.

Entre 2000 et 2020, il a joué un rôle essentiel au sein du gouvernement de Madagascar, d'abord en tant que conseiller principal des ministres responsables des départements économiques, puis en tant que Conseiller économique du Président de la République. Il a occupé le poste de Président de la plus grande banque privée nationale, puis est devenu Gouverneur de la Banque Centrale de Madagascar. Il a également présidé le premier comité PPP de Madagascar, contribuant ainsi à l'élaboration de l'architecture juridique et institutionnelle du pays dans ce domaine spécifique. Son expertise dans les relations avec les partenaires techniques et financiers bi et multilatéraux ainsi qu'avec les banques privées l'a amené à conduire plusieurs missions de négociation et de recherche de financements internationaux.

Alain RASOLOFONDRAIBE possède une expérience diversifiée, ayant également présidé des fonds nationaux destinés l'un à la protection de la biodiversité malgache et l'autre à la promotion du secteur privé. Enfin, il est lui-même investisseur privé dans le secteur agricole. Après avoir rejoint Axelcium en 2021 où il pilote divers projets relatifs aux finances publiques et à la promotion des investissements, Alain RASOLOFONDRAIBE contribue au développement de la PPP Academy, une initiative promouvant la professionnalisation des PPP sur le continent à travers l'éducation et le renforcement de capacité, et ce dans la continuité de ses activités de promotion des PPP.



**Emma RECCO** est directrice de la stratégie et du développement pour IKEA France depuis 2019, et titulaire d'un mandat de directrice générale. Elle est notamment responsable des directions de l'Expansion, du Développement Durable, de la Transformation et de l'Innovation. Elle a intégré IKEA en 1996 à la fin de ses études, et a occupé divers postes dans les

Ressources Humaines, avant de prendre des fonctions opérationnelles avec la direction du magasin de Toulouse. En 2014, elle a rejoint le siège social pour diriger l'immobilier et l'expansion avant de prendre son poste actuel.



**Roberto RIVAS-HERMANN** holds a Ph.D. in planning and development from Aalborg University, Denmark (2015), and was a postdoctoral researcher (2016-2019) at Nord University Business School, Norway. He is currently an associate professor at the Department of Marketing, Organization and Management, and a researcher at the Centre for High North Logistics, Nord University (Bodø, Norway). His teaching encompasses logistics and environmental planning related to Arctic maritime infrastructure, international internships, Arctic logistics, and research methodology.

Dr. Hermann's research primarily focuses on Arctic port infrastructure development, the environmental impact of shipping in the Arctic, and logistics solutions that support economic activities in the region. His broader areas of expertise include discourse analysis, international cooperation, sustainable development, innovation, and maritime economics. He has also contributed towards integrating entrepreneurship into sustainability education through problem-based learning, which is a notable aspect of his academic contributions.

His project portfolio is diverse, covering topics like greening the maritime industry in the Arctic, public policies related to the circular economy, sustainability education, and the internationalization of higher education. From 2022 to 2025, Dr. Hermann is the work package leader of a project titled «Development of Arctic maritime logistics and intermodal sea-land transport connections: Implications for the Barents Euro-Arctic Region,» funded by the Research Council of Norway. Through his work, Dr. Hermann aims to address some of the pressing challenges faced by the Arctic region, particularly in the realms of maritime infrastructure and environmental sustainability.



**Macário ROSARIO** has degrees in Business Economics, MSc in Transportation, PhD in Transportation Systems, Habilitation (DSc) in Civil Engineering. She is Professor and Researcher in Transportation, Vice President of the CERIS - Institute for Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Coordinator of CESUR - Center for Urban and Regional Systems and Director of the Master in Transport Planning and Operations, at the Department of Civil Engineering, Architecture and Georresources at Instituto Superior Técnico (IST) Universidade de Lisboa ([www.ist.eu](http://www.ist.eu)). She is member of the Scientific Council of several Master and PhD courses at IST and also professor at the Faculty of Applied Economics of the University of Antwerp in Belgium ([www.uantwerpen.be](http://www.uantwerpen.be)). She is member of the Scientific Council of the Chair BNPParibas at the University of Antwerp.

From 2010 to 2016 she was a member of the Executive Board of Directors of the Center of Excellence for Research on “BRT- ALC Bus Rapid Transit – Across Latitudes and Cultures” ([www.brt.cl](http://www.brt.cl)) with head office in Santiago do Chile Simultaneously with her academic and corporate activity she has occupied the following international positions: former Vice-President of the Scientific Council of WCTRS and current Chair of International Relations at the World Conference on Transportation Research Society ([www.wctrs.org](http://www.wctrs.org)), co-founder of the PANAMSTR – Panamerican Society for Research in Transportation and Council Member of the European Association of Transport (AET). She supervises a significant number of PhDs and has several journal publications and books, both as author and editor, and also a frequent speaker at international events. She is also Editor-in-Chief of the Elsevier journal “Case studies for Transport Policy”



**Athena ROUMBOUTSOS** is a Professor at the Department of Shipping, Trade and Transport, University of the Aegean. She is a Dipl. Eng. from the National Technical University of Athens (1986) and holds a PhD in Reservoir Eng. from Heriot Watt University, UK (1988). She has worked as a consultant and project manager for the public and private sector in more than 15 countries for 20 years before joining the University

in 2005. Her research interests in Public Private Partnerships include risk analysis & management, procurement and contract management, stakeholder management, change management and innovation, transport infrastructure evaluation, accountability and entrepreneurial responsibility, entrepreneurship, alliances and strategies, game theory and models. Awards and Distinctions include: Elected President of the COST Action TU1001 Public Private Partnerships in Transport: Trends & Theory (2010-2014); Hellenic State Scholarships: 1979-1987, Bodossaki Foundation Scholarship: 1987-1988; US Patent 5383122 “Method for analyzing pressure buildup in lowpumping rate wells”. She teaches Project Management, Risk Management, Entrepreneurship, Change management and Business Management. She the director of the MSc in Shipping, Transport and Int. Trade for the term (2022-2024).



**Mahnam SAEEDNIA** is an Assistant Professor at the Faculty of Civil Engineering and Geosciences at TU Delft. Previously, she was R&D project lead at Siemens Mobility (Hacon Ingenieurgesellschaft mbH). Mahnam’s area of research addresses current challenges of freight transport sector, specifically in the domains of operations and energy transition. To achieve this, she utilizes techniques such as agent technology, distributed optimization, discrete events simulation, and AI.



**Mama Astou SENE** a un master Exploration Informatique des données et décisionnel à l'Université Sorbonne Paris Nord en 2021. Actuellement, elle occupe un poste comme d'ingénieur d'étude en analyse des données dans le projet Magnetics. J'ai rejoint le laboratoire Economix en avril 2022. Durant cette période, il a participé à des tâches liées à la recherche, maintenance d'application informatique et l'analyse statistique des données.



**Arnaud SERRY** est Maître de Conférences en Géographie à l'Université Le Havre Normandie, spécialisé en géographie des transports maritimes, coordinateur de la stratégie nationale de recherche portuaire. Ses thèmes de recherche actuels sont centrés sur trois axes principaux : le transport maritime en mer Baltique, des travaux sur l'axe Seine via l'angle de l'adaptation des acteurs de l'économie maritime, portuaire et logistique aux aléas de la mondialisation et des travaux plus globaux consacrés au transport maritime notamment en lien avec l'utilisation de technologies modernes dans le monde maritime (AIS, GNL...). Arnaud Serry est Consul honoraire de la République de Lituanie en Normandie.



**Christa SYS** is professor applied economics at the University of Antwerp. She currently is holder of the BNP Paribas Fortis chair on transport, logistics and ports and promotor of the Chair Dennie Lockfeer, hosted at the Department of Transport and Regional Economics. Until October 2013, Christa Sys was scientific director of the Research Centre on Freight and Passengers flows. Next, she is course co-ordinator for the courses 'Maritime Economics and Businesses' and 'Maritime Supply Chain' at the Centre for Maritime and Air Transport (C-MAT). She also teaches at the Faculty of Business and Economics. Her educational activities focus on (operational aspects of) maritime transport, maritime economics and logistics & transport (Dutch program). Her research centres on maritime economics and co-operation and competition in shipping.



**Laurent THORRANCE** est un Expert Financier, Economiste et Ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) et du Conservatoire National des Arts & Métiers (CNAM). Après avoir acquis une expérience professionnelle dans le secteur public en tant qu'Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat au Ministère des transports, il a fondé en 2001 AXELCIUM, un cabinet d'ingénierie financière spécialisé dans l'analyse financière, la modélisation, la structuration de projets en partenariat public privé et la régulation dans le secteur des infrastructures (Transport, Energie & Environnement et Equipements Publics) principalement en Afrique sub-saharienne.

Fort de ses connaissances et de son expérience reconnues, avec plus de 130 références-projets à travers une trentaine de pays, Laurent THORRANCE assiste tant les entités publiques (Gouvernements, Bailleurs de fonds internationaux,) que les entités privées (opérateurs portuaires, ferroviaires,...) dans la réalisation de leurs projets. Il les accompagne dans les phases d'étude de faisabilité, de transaction et de levée des fonds nécessaires à la réalisation des Projets. Laurent THORRANCE intervient également dans la promotion des PPP à travers le monde et plus particulièrement sur le continent africain. Il est membre fondateur de A NEW ROAD, premier think tank dédié aux dettes et au financement des économies africaines. Laurent est également régulièrement invité en sa qualité d'expert pour intervenir lors d'évènements majeurs relatifs aux infrastructures et aux investissements publics à travers le monde (MEDEF, Forum des Infrastructures, AIVP, AGPAOC, etc.). Laurent est également à l'origine de l'initiative PPP Academy, une entité promouvant la professionnalisation des PPP sur le continent à travers l'éducation et le renforcement de capacité, et ce dans la continuité de ses activités de promotion des PPP, en Afrique mais également en Asie Centrale.



**Thierry VANESLANDER** is a professor at the Department of Transport and Regional Economics of the University of Antwerp. He is currently course co-ordinator for the courses 'Port Economics and Business' at C-MAT, and 'Transportbedrijfseconomie' and 'Maritieme en Havenconomie' at the Faculty of Business and Economics. His research focuses on business economics in the port and maritime sector, and in hinterland transport and urban logistics. He furthermore is chair of the SIGA2 Maritime and Ports and topic area manager Transport Modes within WCTR, and chair Freight & Logistics at ETC.



**Yann WICKERS** est le Directeur Général du port de Port-la Nouvelle où est en cours un projet d'expansion massif représentant le plus gros investissement portuaire entrepris en France depuis 25 ans et où la croissance du port sera portée principalement par de nouvelles activités liées à la transition énergétique (hydrogène vert, développement éolien offshore). Après des études d'économie à l'Université Grenoble Alpes ainsi qu'à l'Universitat Autònoma de Barcelona, et l'obtention de deux masters spécialisés de l'Institut Portuaire d'Enseignement et de Recherche du Havre, Yann Wickers a rejoint le groupe Bolloré où il a occupé divers fonctions à l'international, que ce soit en Afrique, en Asie ou encore au Moyen Orient dans les domaines des infrastructures, de la logistique, des projets industriels et du Oil&Gas.

Il rejoint le projet d'extension portuaire de Port-la Nouvelle en mai 2021 pour prendre la Direction Générale de la nouvelle société concessionnaire du port.

# Table des matières

Préface : Theo Notteboom .....	09
Chapitre éditorial : Yann Alix - Fondation SEFACIL .....	13
Grand témoin : Stéphane Raison - HAROPA PORT .....	25

## PARTIE 1 : Opération

<b>Chapitre 1 - L' AIS comme outil d' intelligence scientifique, économique et stratégique .....</b>	<b>47</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>48</i>
<i>AIS : des données à haute valeur scientifique, économique et stratégique .....</i>	<i>49</i>
<i>Un outil d' aide à la décision et d' intelligence économique .....</i>	<i>51</i>
<i>Conclusion .....</i>	<i>59</i>

<b>Chapitre 2 - Nouveaux concepts logistiques et problématiques technologiques en Arctique : questionnements sur les opérations portuaires .....</b>	<b>63</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>64</i>
<i>Une approche méthodologique .....</i>	<i>66</i>
<i>Cinq catégories de concepts logistiques émergents et ses applications dans l' Arctique .....</i>	<i>67</i>
<i>L' adoption sectorielle et la répartition géographique des études sur les concepts et technologies logistiques émergents .....</i>	<i>75</i>
<i>Les conditions arctiques exerçant une influence sur l' adoption de concepts logistiques émergents .....</i>	<i>78</i>
<i>Les intérêts potentiels de l' adoption des concepts logistiques émergents .....</i>	<i>80</i>
<i>Conclusion .....</i>	<i>82</i>

<b>Capsule professionnelle 1 - Pour une gouvernance innovante au service des énergies vertes et durables .....</b>	<b>89</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>90</i>
<i>Genèse d' une gouvernance originale : de la décentralisation nationale au positionnement de la Région dans la gestion de l' autorité du port de Port-la-Nouvelle .....</i>	<i>90</i>
<i>Port-la-Nouvelle : laboratoire d' expérimentation en matière de gouvernance .....</i>	<i>95</i>
<i>Port-la-Nouvelle : quand l' éolien exige d' apprendre ensemble .....</i>	<i>96</i>

<b>Capsule professionnelle 2 - Solutions de transport intelligentes et écologiques pour une gestion « douce » des pré et post-acheminements : approche collective et collaborative en bord de Seine .....</b>	<b>101</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>102</i>
<i>Les ambitions vertueuses de ce projet multimodal .....</i>	<i>105</i>
<i>Un projet précurseur .....</i>	<i>104</i>
<i>Les enjeux autour du report modal et les conditions de la réussite .....</i>	<i>109</i>
<i>Le report modal de IKEA : une réussite qui va créer des émules ! .....</i>	<i>111</i>

<b>Capsule professionnelle 3 - Avantages ESG et climatiques d' une gestion améliorée des données dans les ports. Gestion de la performance des actifs portuaires : création de valeur et prévention des risques grâce à des pratiques améliorées de gestion des données .....</b>	<b>113</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>114</i>
<i>L' état actuel de la gestion des données dans les ports .....</i>	<i>115</i>
<i>Meilleures pratiques pour la gestion de l' information sur les actifs .....</i>	<i>117</i>
<i>Indicateurs pour la gestion des données ESG .....</i>	<i>119</i>
<i>Avantages d' une gestion améliorée des données .....</i>	<i>121</i>
<i>Tableau de bord intégré de Stellar : Renforcement de la capacité de prise de décision basée sur les données dans les ports .....</i>	<i>125</i>
<i>Étude de cas : Amélioration de la prise de décision au sein d' une autorité portuaire .....</i>	<i>125</i>
<i>Conclusion : Tracer la voie vers un avenir durable grâce aux opérations portuaires axées sur les données .....</i>	<i>128</i>

<b>Capsule professionnelle 4 - La conduite du changement en milieu portuaire : retours d'expériences africaines pour une transformation des opérations, des pratiques et des mentalités</b> .....	<b>131</b>
<i>Introduction : le changement n'est pas toujours pour maintenant</i> .....	132
<i>Se doter d'une stratégie et d'un portefeuille de projets : condition indispensable mais non suffisante</i> .....	133
<i>Quelques principes et outils méthodologiques pour une conduite du changement réussie</i> .....	138
<i>En guise de conclusion : la conduite du changement dans les ports plus que jamais indispensable</i> .....	144
<i>« la révolution ZLECAF »</i> .....	144

## PARTIE 2 : Innovation

<b>Chapitre 3 - Les (éco)systèmes d'innovation dans les ports : une analyse comparative des ports de Rotterdam et de Valence</b> .....	<b>147</b>
<i>Introduction</i> .....	148
<i>Les (éco)systèmes d'innovation</i> .....	149
<i>Un cadre analytique pour les écosystèmes d'innovation portuaires</i> .....	150
<i>Conclusions</i> .....	164

<b>Chapitre 4 - Une typologie de l'innovation de service : cartographie des innovations liées au port</b> .....	<b>171</b>
<i>Introduction</i> .....	172
<i>Méthodologie</i> .....	173
<i>Définition de l'innovation</i> .....	175
<i>De la revue de la littérature à une typologie conceptuelle de l'innovation maritime et portuaire</i> .....	177
<i>Application et validation de la typologie à des cas d'innovation liés au secteur maritime et portuaire</i> .....	184
<i>Conclusions et suggestions de recherches futures</i> .....	189

<b>Capsule professionnelle 5 - Comment l'Association MEDPORTS peut co-construire de nouvelles intelligences régionalisées ? Le cas des deux rives continentales de la mer Méditerranée</b> .....	<b>197</b>
<i>L'Association MEDPORTS : réinventer le modèle de coopération portuaire régionale à l'échelle du bassin méditerranéen</i> .....	198
<i>L'Association MEDPORTS : travailler de concert entre des autorités portuaires dites « émergentes » avec d'autres dites « avancées »</i> .....	199
<i>MEDPORTS Association : anticiper pour mieux se projeter et être encore plus intelligent de manière collective</i> .....	203

<b>Capsule professionnelle 6 - Des calculateurs d'émissions aux réglementations et politiques tarifaires : décider par et pour l'intelligence portuaire</b> .....	<b>207</b>
<i>Introduction</i> .....	208
<i>Calcul des émissions portuaires</i> .....	209
<i>Calcul des émissions des voitures</i> .....	212
<i>Part des émissions portuaires dans les émissions globales</i> .....	213
<i>Calcul de l'énergie</i> .....	215
<i>Bénéfices des calculateurs d'émissions portuaires</i> .....	216
<i>Calcul des investissements portuaires dans l'électrification des opérations portuaires</i> .....	219
<i>Les différents scénarios de financement des investissements</i> .....	221
<i>Création de valeur</i> .....	224
<i>Conclusion</i> .....	229

<b>Capsule professionnelle 7 - L'ANPMT : Comment faire Intelligence Collective au profit de l'écosystème portuaire français ?</b> .....	<b>231</b>
<i>Introduction</i> .....	232
<i>L'ANPMT : Un pur produit de l'intelligence collective</i> .....	232
<i>Donner à voir et à comprendre le port territorial</i> .....	239
<i>Contribuer à la transition de l'écosystème portuaire français</i> .....	245
<i>Conclusion</i> .....	252

<b>Capsule professionnelle 8 - L'intelligence artificielle et la blockchain au service de la décarbonation du transport</b> .....	<b>253</b>
<i>Analyse de l'existant</i> .....	254
<i>Les potentiels offerts par la Blockchain et les Smart Contracts</i> .....	257

<i>Les bénéfices de la solution</i> .....	260
<i>Conclusion</i> .....	262

## PARTIE 3 : Projection

### **Chapitre 5 - Environnement et santé dans les villes portuaires : quelles données pour une analyse comparative au niveau mondial ? .....265**

<i>Introduction</i> .....	266
<i>L'articulation entre territoire portuaire-environnement et santé : vers une intelligence plus globale et englobante ?</i> .....	269
<i>Vers une typologie mondiale des régions portuaires</i> .....	271
<i>Principaux résultats</i> .....	274
<i>Discussion : quels facteurs l'intelligence portuaire doit-elle prendre en compte pour favoriser l'intégration de la santé dans le développement portuaire ?</i> .....	280
<i>Conclusion</i> .....	282

### **Chapitre 6 - Les ports face au défi hydrogène-ammoniac : 8 défis et facteurs clés d'intelligence stratégique à surveiller, maîtriser et anticiper .....287**

<i>Introduction</i> .....	288
<i>Une révolution volatile et un secteur en proie à plus de questions que de réponses</i> .....	289
<i>Les huit défis portuaires : un de moins que les sept Apkallu mais moitié plus que les travaux d'Hercule !</i> .....	292
<i>En conclusion, le couple hydrogène-ammoniac est un changement de niveau paradigmatique</i> .....	307

### **Capsule professionnelle 9 - Des Académies du Partenariats-Publics-Privés pour une intelligence collective et partagée au service du développement des pays en émergence.**

#### **Vision projetée ouest-africaine .....311**

<i>Introduction : pourquoi les PPP peuvent être vecteurs d'intelligence collective ?</i> .....	312
<i>Le vecteur portuaire et les PPP : une construction collaborative de l'investissement et des opérations sur le long terme</i> .....	315
<i>Un outillage méthodologique adaptable selon les situations</i> .....	318
<i>La PPP Academy : conscientiser les élites politiques et renforcer les capacités des élites publiques</i> .....	325

### **Capsule professionnelle 10 - Bataille d'intelligence : les réseaux internationalisés de cybercriminalité vs les coordinations stratégiques des communautés portuaires.....329**

<i>Introduction</i> .....	330
<i>Le défi numérique de l'infrastructuration des espaces maritimes</i> .....	330
<i>Le port, refuge numérique ou lacune dans la cuirasse du commerce international ?</i> .....	334
<i>Le spectre d'un chaos économique global ?</i> .....	339

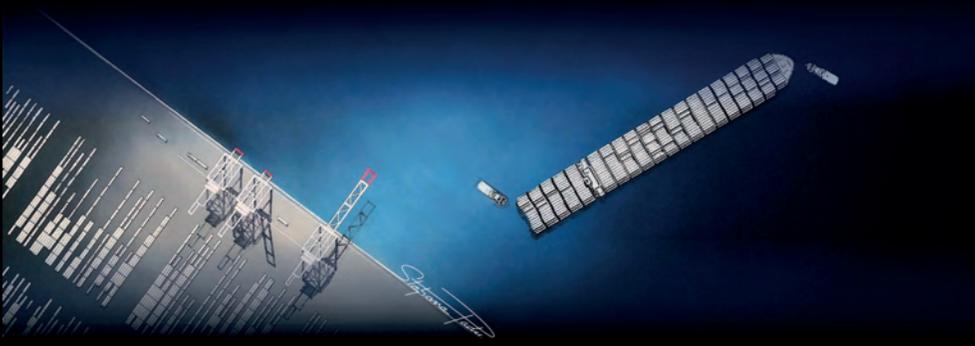
### **Capsule professionnelle 11 - Les dirigeables du XXI<sup>e</sup> siècle : produire une intelligence collective sur une disruption majeure.....347**

<i>Introduction : Flying Whales, une entreprise industrielle pour une solution de transport révolutionnaire</i> .....	348
<i>Flying Whales est un catalyseur d'intégration économique et de transition énergétique</i> .....	349
<i>Caractéristiques et avantages des dirigeables comparés au transport aérien traditionnel de marchandises</i> .....	351
<i>Valeur ajoutée, différenciation, concurrence et positionnement</i> .....	352
<i>Le dirigeable et son intégration dans les chaînes de transport maritime</i> .....	354
<i>Les barrières existantes des systèmes portuaires</i> .....	357
<i>Typologie des principaux impacts</i> .....	360

### **Capsule professionnelle 12 - La Civilisation Indigo : une vision des ports au XXII<sup>e</sup> siècle.....367**

<i>Introduction</i> .....	368
<i>Les futurs enjeux du monde</i> .....	368
<i>A propos des ports au XXI<sup>e</sup> siècle</i> .....	369
<i>En guise de conclusion prospective</i> .....	377

### **Contributrices, Contributeurs .....379**



# L'INTELLIGENCE PORTUAIRE

## OPÉRATION – INNOVATION – PROJECTION

Sous la direction de :  
Yann Alix, Pierre Cariou & Jacques Paquin

*Dans un monde contemporain où l'incertitude s'impose comme un marqueur durable, miser sur l'intelligence de toujours mieux travailler ensemble constitue une priorité stratégique pour les communautés portuaires les plus audacieuses.*

*Ce huitième tome de la collection « Les Océanides » aborde l'intelligence portuaire par une analyse d'anticipations opérationnelles, d'initiatives innovantes et de projections prospectives. Didactique, cet opus conjugue les connaissances académiques et les savoir-faire professionnels pour mettre en perspective combien l'intelligence portuaire demeure plurielle et écosystémique.*

Illustrations de couverture : Stéphane PADU. Tous droits réservés.

Donateurs de la fondation SEFACIL :



Avec le soutien exceptionnel de

