

LES PORTS UN NOUVEL ENJEU EN ÉCOLOGIE MARINE

Marc Bouchoucha, Hélène Rey-Valette,
Frédérique Viard, coord.



Les ports, un nouvel enjeu en écologie marine

Marc Bouchoucha, Hélène Rey-Valette,
Frédérique Viard, coord.

Éditions Quæ

Collection Synthèses

*Des contrats dans les filières agricoles,
forêt-bois et halieutiques*

*Dialogue entre le droit, l'économie
et la sociologie*

Magrini M.-B., Aubin-Brouté R.-J.,
Bouamra-Mechemache Z., Marty G.,
Vignes A., coord.
2025, 232 p.

Invasion et expansion

d'insectes bioagresseurs forestiers

*Quels risques pour la forêt française
dans le contexte*

des changements globaux ?

Robinet C., Saintonge F.-X., Tassus X.,
Brault S., coord.
2025, 312 p.

*Agriculture et changement climatique
Impacts, adaptation et atténuation*

Debaeke P., Graveline N., Lacor B.,
Pellerin S., Renaudeau D.,
Sauquet E., coord.
2025, 398 p.

Les mycotoxines

Connaissances actuelles

et futurs enjeux

Oswald I., Forget F., Puel O., coord.
2024, 272 p.

Pour citer cet ouvrage :

Bouchoucha M., Rey-Valette H., Viard F., 2025. *Les ports, un nouvel enjeu en écologie marine*, Versailles, éditions Quæ, 184 p. <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-4176-7>

Les éditions Quæ réalisent une évaluation scientifique des manuscrits avant publication
(<https://www.quae.com/store/page/199/processus-d-evaluation>).

La procédure d'évaluation est décrite dans Prism
(<https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/25780>).

Le processus éditorial s'appuie également sur un logiciel de détection
des similitudes et des textes potentiellement générés par IA.

La diffusion en accès ouvert de cet ouvrage a été soutenue
par l'Ifremer et l'Université de Montpellier.

Les versions numériques de cet ouvrage sont diffusées sous licence CC-by-NC-ND 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex
www.quae.com – www.quae-open.com

© Éditions Quæ, 2025

ISBN papier : 978-2-7592-4175-0
ISBN epub : 978-2-7592-4177-4

ISBN PDF : 978-2-7592-4176-7
ISSN : 1777-4624

Sommaire

Introduction générale. Pourquoi un ouvrage sur les écosystèmes portuaires ? 7

Frédérique Viard, Hélène Rey-Valette, Marc Bouchoucha

Les ports, témoins de l'évolution des sociétés humaines	8
Le tournant de l'appel au développement durable	10
Les ports, au cœur de l'écologie marine urbaine	11
Objectif et organisation de l'ouvrage	12

Chapitre 1. Spécificité des habitats marins portuaires 15

Lucille Sevaux, Elliot Dreujou, Julie Carrière, Marc Bouchoucha

Diversité des ports	15
Caractéristiques physico-chimiques des zones portuaires	18
Les espèces non indigènes, des contributrices importantes de la biodiversité portuaire	28
Pour conclure	29

Chapitre 2. Au-delà des quais : de la mondialisation aux invasions biologiques 33

Amélia Curd, Éric Foulquier

Comment les navires connectent le monde	33
Maritimisation et planétarisation	37
Les navires, des habitats flottants	38
Les <i>hubs</i>	40
Le ballast	42
Le <i>biofouling</i>	45
La lutte contre le <i>biofouling</i>	47
Pour conclure	50

Chapitre 3. Diversité, structure et fonctionnement des écosystèmes portuaires 53

Jean Charles Leclerc, Robin Gauff

Influence de l'habitat portuaire sur les flux écologiques	53
Influence de l'environnement sur les interactions entre espèces	57
Stabilité des écosystèmes portuaires : les espèces non indigènes comme facteurs de perturbations	60

Profil de la biodiversité portuaire : une diversité limitée et une homogénéité marquée ?	62
Pour conclure.....	65
Chapitre 4. Les ports, un creuset d'évolutions induites par l'humain	67
<i>Frédérique Viard, Céline Reisser</i>	
Le port, un environnement singulier propice à l'évolution d'adaptations spécifiques	67
Réponses adaptatives : de la plasticité aux adaptations génétiques.....	69
S'acclimater aux conditions portuaires.....	73
Les ports, témoins d'évolutions adaptatives contemporaines.....	76
Les ports, un <i>melting pot</i> permettant brassage génétique et hybridation.....	80
Pour conclure.....	83
Chapitre 5. Méthodes et techniques d'observation des écosystèmes marins portuaires.....	85
<i>Marie-Pierre Halm-Lemeille, Cécile Massé, Florence Menet, Audrey Bruneau</i>	
Suivis environnementaux en zone portuaire.....	86
Outils pour la surveillance et l'observation en milieu portuaire	91
Apport des sciences participatives et citoyennes.....	102
Pour conclure.....	102
Chapitre 6. Ingénierie écologique en zone portuaire	105
<i>Marc Bouchoucha, Sylvain Pioch</i>	
Les ports, une pression majeure sur les écosystèmes marins	105
Ingénierie écologique et restauration : les concepts.....	107
Quelle ingénierie écologique en zone portuaire ?	109
Succès et limites de l'ingénierie écologique en zone portuaire.....	110
L'ingénierie écologique en zone portuaire, un outil de compensation en milieu marin ?	117
Pour conclure.....	119
Chapitre 7. Biodiversité marine : régulation des usages et sensibilisation des usagers.....	121
<i>Hélène Rey Valette, Florence Menet, Cécile Massé, Éric Foulquier, Coraline Jabouin</i>	
La dimension « régulation des impacts »	122
Incitations, sensibilisation et diffusion de bonnes pratiques.....	128
Pour conclure.....	132
Chapitre 8. Réguler les espèces non indigènes et conserver la biodiversité portuaire par de bonnes pratiques.....	135
<i>Hélène Rey-Valette, Éric Foulquier, Lucille Sevaux</i>	
Perceptions des ports et prise de conscience des effets environnementaux	137

Des impacts sur les espèces non indigènes fonction des types et de la taille des ports	140
Des impacts environnementaux fonction des pratiques des usagers.....	142
Pour conclure.....	147
Conclusion générale	149
<i>Frédérique Viard, Hélène Rey-Valette, Marc Bouchoucha</i>	
Références bibliographiques	153
Glossaire	177
Liste des abréviations	181
Liste des auteurs	183
Crédits iconographiques	184

Introduction générale

Pourquoi un ouvrage sur les écosystèmes portuaires ?

Frédérique Viard, Hélène Rey-Valette, Marc Bouchoucha

Les mers et l'océan jouent un rôle fondamental sur les grands cycles biogéochimiques et la régulation du climat. Ils abritent une diversité biologique exceptionnelle, encore largement méconnue, et fournissent aux sociétés humaines des espaces d'occupation ou de circulation pour leurs activités ainsi que de très nombreuses ressources (alimentaires, minérales, etc.). Cependant, depuis le milieu du xx^e siècle, l'expansion des activités humaines en milieu marin s'est intensifiée de manière exponentielle, un phénomène désigné sous le terme d'« accélération bleue », ou *blue growth*, par Jouffray *et al.* (2020).

Les zones côtières, interfaces dynamiques entre la terre et la mer, sont particulièrement soumises au développement des activités humaines et à la construction des infrastructures qui les accompagnent. Parmi elles, les ports occupent une place centrale (Bugnot *et al.*, 2021). Ces infrastructures, séparées des habitats naturels marins par des digues, des brise-lames, des enrochements, etc., fragmentent et remplacent les écosystèmes*¹ côtiers d'origine. Les ports sont néanmoins connectés aux milieux naturels environnants, voire lointains (*via* la navigation des navires qui y séjournent), devenant ainsi des foyers de perturbation* susceptibles d'affecter les écosystèmes marins (Ferrario *et al.*, 2022). Les ports sont également le réceptacle de multiples pollutions, d'origine terrestre ou en lien avec les navires qui s'y abritent ; ces pollutions viennent perturber le milieu et les organismes marins qui y vivent. Ces propriétés font aussi que les habitats portuaires hébergent des écosystèmes marins singuliers, bien qu'encore mal connus et insuffisamment pris en compte dans le cadre des projets de développement des infrastructures portuaires. Ces enjeux sont d'autant plus importants que le nombre de ports et leur distribution géographique se sont considérablement accrus à l'échelle mondiale : les ports forment les nœuds d'un réseau planétaire – des *hubs* maritimes – d'habitats artificiels marins (Bugnot *et al.*, 2021), générant ainsi des dynamiques écologiques et socio-écosystémiques complexes qui méritent une attention accrue.

1. Les termes accompagnés d'un astérisque sont explicités dans le glossaire en fin d'ouvrage. Le renvoi au glossaire est effectué à la première occurrence de chaque nouveau chapitre.

► Les ports, témoins de l'évolution des sociétés humaines

Depuis toujours, les ports s'imposent comme de véritables carrefours, au croisement de dimensions économiques, logistiques, culturelles, humaines, technologiques, énergétiques, géopolitiques, mais aussi écologiques et biologiques, comme nous le développerons dans cet ouvrage. Ils ont été les piliers du développement des grandes civilisations, les moteurs de l'essor de nombreuses métropoles, et les fondements de la plupart des puissances économiques. Centres névralgiques des dynamiques passées et contemporaines, les ports ont façonné l'histoire, tout en étant eux-mêmes modelés par les besoins et les ambitions humaines. Ainsi, dès l'Antiquité, les ports ont constitué des infrastructures économiques et politiques déterminantes, au cœur des empires grec et romain. Cette fonction essentielle s'est poursuivie au Moyen Âge avec le développement des puissances maritimes telles que les empires vénitien et génois au XIII^e siècle (Braudel, 1985). Par la suite, les ports se sont affirmés comme des centres vitaux d'abord dans le cadre du commerce triangulaire, puis comme comptoirs commerciaux qui ont soutenu l'expansion coloniale. La mise en place du libre-échange en 1846 a accéléré ces évolutions, faisant des ports des pôles économiques majeurs, rassemblant diverses activités induites depuis les chantiers navals aux entreprises d'avitaillement, telles des conserveries (ex. : Saupiquet et Cassegrain) ou des biscuiteries (ex. : Biscuiterie nantaise et LU) (Pétre-Grenouilleau, 1997), et plus généralement le commerce des produits issus des colonies, tel le sucre.

Le développement des échanges maritimes a continué de se renforcer grâce à la baisse continue des coûts et des délais du transport maritime. Ce progrès repose à la fois sur des innovations technologiques relatives à la taille et à la vitesse des bateaux ou à la spécialisation des navires, tels ceux frigorifiques en 1868, et sur des avancées organisationnelles et logistiques, telle la conteneurisation, qui représente aujourd'hui 67% du commerce maritime mondial (Frémont, 2019; Miossec et Foulquier, 2024). De nos jours, 90% du commerce international, soit 11 milliards de tonnes de marchandises en 2019 (Frémont, 2021), s'effectuent par voie maritime, mettant les ports de commerce au cœur de la mondialisation. Ce développement s'accompagne d'une course au gigantisme des navires. Leur taille est en effet passée de 180 mètres de long et 24 mètres de large en 1968 à 400 mètres de long et 61 mètres de large en 2019 (Frémont, 2019). Ces navires de grande taille nécessitent l'adaptation des infrastructures portuaires traditionnelles, mais aussi la construction de nouveaux terminaux *offshore* capables de répondre à l'accroissement des besoins.

Si le terme « port » évoque spontanément le commerce maritime ou la pêche, il désigne également une autre catégorie d'infrastructure : les ports de plaisance. Ces derniers sont le fruit de l'essor des loisirs et de l'acculturation maritime des populations occidentales, une évolution que Sirost (2017) qualifie d'émergence de l'*Homo aquens*. Après l'essor du yachting dans la seconde moitié du XIX^e siècle et la création des premières sociétés nautiques, l'usage sportif de la mer se structure progressivement. Initié en 1860 avec la conception de goélettes de croisière, cet usage est popularisé par les courses transatlantiques et les régates au début du XX^e siècle, ainsi que par les écrits de Jack London relatant son tour du monde à la voile (Sirost, 2017). Le développement des ports de plaisance proprement dits ne commence véritablement aux États-Unis que dans les années 1930, avec la construction en 1934 du port de plaisance de Santa Monica à Los Angeles (Devienne, 2017). Ce projet visait à promouvoir l'image d'une ville tournée vers les sports de plein air et à créer une « extension aquatique de la ville ».

Encadré 1. Illustration de l'importance économique des ports par quelques chiffres en France

Concernant les ports de commerce, il existe une partition entre des Grands Ports maritimes nationaux (Haropa Port*, Marseille, Dunkerque, Calais, Nantes Saint-Nazaire, La Rochelle et Bordeaux), qui concentrent 86 % du trafic (Miossec et Foulquier, 2024), et des ports dits « secondaires » (29 en métropole) aux profils juridiques et économiques diversifiés. Ces ports concentrent 73 milliers de tonnes de marchandises par an (sur un total de 390 milliers), avec un transport dominé par les hydrocarbures (36 %), suivi des vrac solides (22 % du total, par exemple minerais, charbon, produits alimentaires) puis des conteneurs (18 % du total). Dans un contexte de mondialisation des échanges, les ports deviennent des « pions dans la chaîne logistique internationale » (Miossec et Foulquier, 2024), bien que la place internationale des ports français reste marginale.

Concernant les ports de pêche, ils regroupent 6 229 bateaux de pêche et 485 millions de tonnes, données qui classent la France en 2021 à la 6^e place des ports de pêche européens (SDES, 2024).

Le transport de voyageurs, jusqu'alors plutôt stable avec 28 millions de personnes par an (dont 18 % de croisiéristes avant 2019), s'est largement dégradé avec la Covid-19 (baisse de 60 %) pour atteindre 11 millions en 2021. Ces flux interviennent principalement en Méditerranée (60 %) (SDES, 2024). Au sein des ports secondaires (50 % des flux de passagers en métropole), Calais est le seul à faire partie des 20 premiers ports européens de transport de passagers.

La dernière enquête réalisée en 2018 par l'Observatoire des ports de plaisance révèle que la France compte 462 ports de plaisance, avec une forte concentration en Bretagne (30 %) et en Méditerranée (26 %), offrant 217 300 emplacements (en progression de 7 % par rapport à 2013). La plaisance privée est l'activité principale (97 %). La grande majorité (68 %) sont de petits ports de moins de 500 emplacements. À noter que, depuis quelques années, des ports à sec se développent, représentant 10 950 emplacements en 2018, pour répondre à l'insuffisance de place dans les ports maritimes de plaisance. La flotte de plaisance est composée de 67 % de bateaux à moteur et de 43 % de voiliers. Au total, le chiffre d'affaires de ces ports s'élève à 430 millions d'euros (Observatoire des ports de plaisance, 2018).

* Haropa Port regroupe les ports du Havre, de Rouen et le port fluvial des Ports de Paris ; il constitue le premier port français en matière de trafic.

En France, l'expansion massive des ports de plaisance intervient dans les années 1960 (Herbert et Gibout, 2017) et le yachting connaît un véritable élan avec la victoire d'Éric Tabarly lors de la transat en solitaire en 1964. L'adoption de la loi Littoral en 1986 constitue un frein à son développement à partir des décennies suivantes (ODIT France, 2009). Contrairement aux ports de commerce, qui sont des espaces fermés, les ports de plaisance constituent des zones d'interface avec le monde maritime et des espaces attractifs promouvant des imaginaires du monde maritime (Regaud, 2017). Ils participent également « pleinement de l'invention de nouveaux lieux de la ville contemporaine » (Gibout et Herbert, 2017). De fait, les ports de plaisance deviennent un outil et une dimension incontournables de l'aménagement du territoire en zone littorale, avec des investissements immobiliers de proximité générant de nouveaux

espaces de notabilité (Drobenko, 2017), d'importants effets induits de la présence des plaisanciers supérieurs (Chaptal, 2017) et des sociabilités spécifiques, notamment avec les marinas (Herbert et Gibout, 2017).

Qu'ils soient de commerce, de pêche ou de plaisance, les ports accompagnent ainsi les développements des sociétés humaines et de leurs activités économiques (encadré 1).

» Le tournant de l'appel au développement durable

Les ports exercent de multiples pressions sur les écosystèmes marins. Outre les effets de fragmentation et de destruction d'habitats naturels lors de leur construction, tels que les herbiers et les petits fonds côtiers, l'activité des ports génère des effets environnementaux liés au bruit, à la lumière artificielle, aux pollutions diverses affectant la qualité des eaux et des sédiments (peintures *antifouling** – également nommées « peintures antisalissure », rejets des eaux grises et noires), mais aussi la qualité de l'air (améliorée avec l'électrification des ports). Ils ont également des effets sur la biodiversité, en particulier du fait des organismes contenus dans les eaux de ballast et participant au *biofouling** (également nommé « biosalissure ») des coques et des infrastructures portuaires. Depuis 1992, l'intégration des principes de développement durable a progressivement introduit des préoccupations environnementales dans la gestion portuaire, redéfinissant ainsi les enjeux et les perceptions associés à ces infrastructures.

En France, la diversité des statuts et des formes de gouvernance des ports complexifie la prise en compte des enjeux environnementaux. Cependant, des progrès notables sont à signaler. Par exemple, aujourd'hui, 35 % des ports de plaisance disposent d'un service dédié à l'environnement (Observatoire des ports de plaisance, 2018), et 41 % des projets d'investissement portuaires intègrent des problématiques environnementales. Ces investissements, bien que principalement terrestres, incluent la diversification des sources d'énergie (69 %), la préservation de la biodiversité (44 %) et la lutte contre l'érosion (22 %). Des initiatives spécifiques, telles que la gestion des déchets et des épaves, ont également conduit à la création de labels comme celui de « Port propre » et de « Port propre actif en biodiversité ». Les ports de commerce et les navires qui y séjournent sont également l'objet de multiples mesures et directives telles que la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires (ou convention BWM*), qui sera abordée plus en détail dans la suite de l'ouvrage. Plus récemment, la décarbonation du transport maritime est apparue comme une réponse aux défis climatiques, avec des incitations à améliorer l'efficacité énergétique des navires et à promouvoir l'électrification des quais pour alimenter en énergie les navires à quai. Elle est aussi à l'origine de l'émergence de nouvelles opportunités pour certains ports secondaires dont les activités sont liées à l'économie circulaire (Miossec et Foulquier, 2024).

En France, la nouvelle stratégie nationale portuaire identifie les ports comme des accélérateurs de la transition écologique (Ministère de la Transition écologique, 2021). Parmi les 16 objectifs stratégiques, l'objectif n° 11 vise à renforcer la protection de la biodiversité. On soulignera également qu'une mesure (n° 17) de la Stratégie nationale biodiversité 2030 concerne la réduction des impacts des infrastructures de transport sur la biodiversité, avec un volet dédié aux Grands Ports maritimes comprenant une série d'actions visant notamment à améliorer la séquence « éviter-réduire-compenser »

(ERC), à promouvoir l'écoconception des infrastructures portuaires, et à lutter contre les « espèces exotiques envahissantes* (EEE) » – terme réglementaire désignant les espèces non indigènes* (ENI) – ayant des impacts sur l'environnement. L'attention sur ces enjeux est renforcée par le dérèglement climatique en cours, qui impose des actions d'adaptation aux submersions marines et à l'élévation du niveau des mers, y compris concernant les infrastructures portuaires, comme décliné en France dans la Stratégie nationale portuaire.

Malgré ces évolutions, le chemin vers une intégration complète des enjeux environnementaux dans les zones portuaires demeure long et jalonné de défis. D'importantes avancées ont été faites avec le renforcement et les efforts d'harmonisation de la réglementation conduits par l'Organisation maritime internationale (OMI). Cependant, à l'échelle internationale, la mise en œuvre de mesures environnementales est souvent freinée par le recours des armateurs à des pavillons de complaisance (42 % de la flotte mondiale en 2016), principalement sous les pavillons du Panama, du Liberia et des îles Marshall (Frémont, 2019). Du côté des plaisanciers, la situation n'est pas non plus idyllique. Alors que 74 % des ports de plaisance se trouvent à proximité d'aires marines protégées (AMP), ces dernières sont perçues davantage comme une contrainte (46 %) qu'un atout (32 %) par les usagers (Beuret et Cadoret, 2024). En parallèle du renforcement de mesures réglementaires, un véritable travail de sensibilisation reste à faire. Enfin, même lorsque les enjeux environnementaux sont pris en compte, les enjeux liés à la préservation de la biodiversité marine restent tout de même marginalement abordés, avec de surcroît des difficultés pour sa mise en œuvre opérationnelle, par exemple dans le cadre de l'application de séquences ERC, comme nous le préciserons brièvement plus tard.

► Les ports, au cœur de l'écologie marine urbaine

En 2010, plus de la moitié de la population humaine mondiale vivait dans les villes, ce que Day *et al.* (2021) ont appelé la « transition urbaine ». Aussi n'est-il pas surprenant que l'écologie urbaine ait émergé comme un champ scientifique majeur et à part entière pour étudier les processus écologiques au sein des villes. Un des premiers facteurs d'émergence de cette science date des années 1920-1930, pendant lesquelles ont été appliqués des concepts écologiques pour comprendre les structures spatiales urbaines. Dans les années 1990, l'écologie urbaine a gagné en popularité, sous l'impulsion de l'urbanisation croissante et de la reconnaissance du rôle des villes dans les problèmes environnementaux, puis, plus récemment, du fait que les villes ont été considérées comme des socio-écosystèmes intégrés. Mais cet élan des sciences en écologie urbaine a relativement peu intégré la zone côtière, et encore moins les espaces marins. Or, il faut rappeler que ces zones côtières abritent plus de 60 % des 33 plus grandes mégavilles (villes de plus de 10 millions d'habitants) du monde (United Nations Population Division, 2019). De plus, les villes côtières ont les taux de croissance les plus élevés parmi toutes les villes et espaces occupés par les humains. Ainsi, l'ensemble des zones marines urbaines occupent un vaste espace d'environ 15 472 km², le plus souvent dans une bande de 500 m à la côte, et, si on ajoute les espaces marins périurbains (par exemple les plates-formes *offshore*), la superficie couverte atteint 2 millions de kilomètres carrés, soit au total 1,5 % des zones économiques exclusives (ZEE) à une échelle mondiale et 3,2 % de

la ZEE européenne (Airoidi *et al.*, 2021). C'est pourquoi, dès 2006, Bulleri posait la question “*Is it time for urban ecology to include the marine realm?*”², un appel au développement de l'écologie urbaine dans le domaine marin.

S'ils sont indéniablement des *hubs* maritimes, comme nous l'avons souligné plus haut, les ports sont également des lieux d'interface, points de contact entre la ville et la nature, entre la terre et la mer. Ils représentent l'habitat marin urbain par excellence et ils jouent un rôle central au sein des villes côtières en pleine expansion (Bugnot *et al.*, 2021). Les paysages marins urbains sont très diversifiés, car ils présentent un degré de modification très variable par rapport aux habitats naturels. Dans les ports, comme pour les îles artificielles en mer, ces modifications sont poussées à leur paroxysme : les infrastructures artificielles forment le cœur de l'habitat, et le fond marin est altéré de façon permanente (Airoidi *et al.*, 2021). Au cours des deux dernières décennies, l'étude des impacts de l'urbanisation sur les écosystèmes marins est allée croissant, avec une attention particulière portée aux structures de protection côtière et aux infrastructures portuaires. L'étude de ces habitats marins urbains a montré la pertinence du constat de Bulleri, repris plus récemment par Todd *et al.* (2019) : les pressions et les propriétés de l'environnement, le fonctionnement écologique, les processus évolutifs sont singuliers dans ces habitats marins portuaires, ce que nous montrerons au cours de cet ouvrage. Ces constats conduisent à de nouveaux questionnements de recherche, notamment la nécessité d'observation, de compréhension des processus écologiques qui s'y déroulent et d'analyse des perceptions autour de l'objet « port » par les différentes parties prenantes, pour *in fine* une meilleure prise en compte de ces habitats et écosystèmes marins urbains dans les projets de développement des sociétés humaines.

► Objectif et organisation de l'ouvrage

La conception de cet ouvrage répond à l'émergence d'une écologie marine urbaine notamment dédiée aux ports. L'écologie, science aux multiples facettes, a été définie par Haeckel en 1866 comme l'étude des relations des êtres vivants avec leur environnement. Depuis, ce domaine a évolué pour intégrer des perspectives plus larges, notamment les processus écoévolutifs (interactions entre processus écologiques et évolutifs, y compris sur des échelles de temps courtes) ainsi que l'étude des socio-écosystèmes (systèmes complexes résultant des interactions entre dynamiques naturelles et sociétales). Ce concept étendu de l'écologie est celui qui a été retenu dans cet ouvrage pour définir l'écologie marine urbaine.

Ce travail a pour objectif de dresser un panorama des enjeux et des connaissances actuelles concernant les écosystèmes marins portuaires. Il s'appuie sur des études issues des sciences de l'écologie, de l'évolution et de l'environnement, mais il intègre aussi des apports issus des sciences humaines et sociales. En effet, les approches interdisciplinaires sont essentielles pour appréhender la complexité des socio-écosystèmes marins urbains.

Cet ouvrage se voulant en premier lieu un ouvrage d'écologie marine, la composante terrestre des infrastructures portuaires, y compris les ports à sec (emplacements hors d'eau), ne sera pas abordée, que ce soit en termes d'impacts des développements et

2. « Le temps est-il venu pour l'écologie urbaine d'intégrer le monde marin ? » (traduction des coordinateurs scientifiques).

des activités portuaires sur les écosystèmes (terrestres) ou de conséquences sur les populations humaines. Il s'écarte aussi volontairement d'une analyse d'impact environnemental pour se concentrer sur la biodiversité marine des milieux portuaires dans ses différentes composantes (infraspécifique, communautés*, écosystèmes), en mettant en lumière les interactions entre les composantes naturelles et anthropiques*. Ces interactions sont particulièrement bien illustrées par les ENI marines, espèces introduites par les activités humaines, au premier rang desquelles figurent la navigation et le commerce maritime. Les ports étant des habitats privilégiés pour ces espèces, nous avons fait le choix de donner une place importante à ces ENI dans les différents chapitres.

Les deux premiers chapitres présentent les éléments qui définissent un port dans ses composantes d'habitat. Le chapitre 1 propose une introduction générale permettant de comprendre ces aspects fondamentaux, alors que le chapitre 2 fait un focus sur une composante essentielle des ports : les bateaux qui les occupent et qui sont à la fois eux-mêmes des habitats, mais aussi des traits d'union entre la terre et la mer. Sont ensuite présentés les processus qui concernent le vivant non humain dans les eaux marines des ports, que ce soit les dynamiques écologiques et écosystémiques (chapitre 3) ou évolutives (chapitre 4). Ces deux chapitres mettent en évidence les spécificités des écosystèmes portuaires en matière de structure, de fonctionnement et d'évolution, tout en soulignant le rôle des ENI dans ces environnements singuliers. En filigrane, cet ouvrage ambitionne également d'ouvrir de nouvelles perspectives pour une meilleure intégration des enjeux écologiques dans la planification, la conception et la gestion des ports, afin de concilier leurs fonctions économiques avec des objectifs de développement durable et de préservation de la biodiversité marine. L'ouvrage se concentre ensuite sur la manière de minimiser l'impact des ports sur les écosystèmes naturels. Des solutions concrètes sont ainsi proposées d'abord dans le chapitre 5, qui présente des méthodes et des outils spécifiques pour observer l'environnement marin portuaire, avant de se focaliser, dans le chapitre 6, sur les actions d'ingénierie écologique, visant à repenser la conception des ports pour réduire leur impact sur la biodiversité marine. Enfin, les chapitres 7 et 8 abordent deux leviers essentiels pour améliorer la qualité environnementale des ports : la gouvernance et les pratiques des usagers et des gestionnaires, qui permettent de mieux appréhender les enjeux socio-écosystémiques propres aux habitats marins portuaires.

Pour réaliser cet ouvrage, dix-sept auteurs, experts dans divers domaines, ont collaboré à la rédaction des chapitres. Au fil de la lecture, le lecteur pourra observer des variations de certains nombres cités par les auteurs, par exemple le nombre de ports, ou la typologie utilisée. Ces différences reflètent les sources mobilisées par les auteurs des différents chapitres, mais aussi la multiplicité des définitions autour du mot « port ». Les ports sont en effet des habitats marins à part entière, bien qu'artificiels, à l'instar des villes dans les milieux terrestres. Mais ils renvoient aussi à des référentiels disciplinaires ainsi qu'à des réalités multiples.

Chapitre 1

Spécificité des habitats marins portuaires

Lucille Sevaux, Elliot Dreujou, Julie Carrière, Marc Bouchoucha

Les ports transforment en profondeur les écosystèmes* naturels et créent des systèmes écologiques singuliers. Comprendre leurs spécificités est essentiel pour anticiper les impacts des activités humaines et favoriser une gestion durable de ces espaces.

Ce chapitre présente les principales caractéristiques des habitats portuaires qui les distinguent des habitats côtiers naturels. Les chapitres suivants approfondiront les aspects biologiques, notamment la diversité et l'évolution des écosystèmes, ainsi que les méthodes de recherche et de conservation déployées pour assurer leur préservation.

► Diversité des ports

Même si elle semble de premier abord assez évidente, la définition d'un port ou d'une zone portuaire n'est pas simple, et le nombre de structures comptabilisées comme étant des ports dans le monde varie considérablement d'une étude à une autre. Dans cet ouvrage, nous considérons qu'un port est une zone côtière anthropisée pouvant accueillir des navires. Les ports sont gérés par une autorité portuaire, et de nombreux acteurs en sont les utilisateurs : plaisanciers, industriels, pouvoirs publics, citoyens, etc. (Carrière *et al.*, 2024). Chaque port comprend une zone portuaire, correspondant à une région terrestre et maritime sur laquelle les organisations administrant le port exercent une responsabilité légale (voir chapitre 7). La partie marine des zones portuaires est généralement composée d'une mosaïque de secteurs anthropisés, voire totalement artificialisés, et, dans certains cas, d'espaces relativement naturels. La zone portuaire de Sept-Îles, par exemple, premier port minéralier d'Amérique du Nord situé au Québec, est constituée de plusieurs infrastructures portuaires incluant des quais en eaux profondes et une marina, ainsi que d'une région naturelle composée de la baie et de l'archipel de Sept-Îles, pour une superficie totale de plus de 200 km².

La suite de ce chapitre sera consacrée aux particularités des espaces marins portuaires fortement anthropisés.

Types de ports

Les zones marines portuaires sont influencées par les activités qui se déroulent au sein des ports, et donc dépendant du type de port concerné. Il existe en effet une grande diversité de types de ports à l'échelle du globe, avec des configurations locales particulières et des réalités géographiques uniques. Afin de mettre en évidence des similarités, il est possible de les classifier en fonction de plusieurs critères.

Administration

Selon les pays, les ports peuvent être gérés directement par l'État ou par des autorités locales (tableau 1.1). Le mode de gestion induit des spécificités d'aménagement, de stratégie de développement et des parties prenantes impliquées, entraînant des différences significatives dans leur fonctionnement (Foulquier, 2024). Par exemple, un port commercial pourra choisir d'inclure dans sa gouvernance un certain nombre d'administrateurs issus des industries qui y opèrent, tandis que les gouvernements pourront axer la stratégie de développement portuaire en fonction des réalités de leur territoire (lien avec les réseaux industriels existants, besoin de défense, etc.). À cette diversité s'ajoutent également les ports privés, propriétés d'entreprises ou de particuliers, qui répondent à des besoins spécifiques d'exploitation.

Tableau 1.1. Classification des zones portuaires selon le type d'administration. Exemple de la France et du Canada.

Type de port	Description
Port privé	Installations gérées par des groupes privés tels que des entreprises, des industries ou des groupes indépendants.
France	
Grand Port maritime d'État	Port géré directement par le gouvernement, sous la tutelle des ministères des Transports et de l'Économie. Il en existe actuellement 11 aussi bien en France métropolitaine que dans les territoires d'outre-mer.
Port décentralisé autonome	Port administré par les collectivités territoriales et les groupes départementaux. Plus de 500 sont répartis sur le littoral français, incluant ports de plaisance, de commerce et de pêche.
Canada	
Port public fédéral	Port géré par le gouvernement fédéral sous la tutelle de Transports Canada, qui y supervise les opérations. Plusieurs types peuvent être décrits en fonction de leur envergure (tableau 1.2).
Port public provincial	Port administré par l'un des gouvernements provinciaux du Canada, gérés par des ministères provinciaux chargés des transports.
Administration portuaire	Groupement de partenaires publics, privés et d'utilisateurs responsables d'installations portuaires locales. Un conseil d'administration est généralement en place pour encadrer la prise de décision. Il existe 17 administrations portuaires réparties sur toute la façade maritime canadienne.

Activités réalisées

Une classification des ports peut se faire en fonction des activités qui y sont réalisées. Ces activités sont liées aux navires qui y sont accueillis et aux installations présentes (Morvan, 2014).

Les ports de commerce se caractérisent par des installations spécifiques pour le transbordement et le stockage de marchandises. Ils comprennent des terminaux de vrac adaptés à la manutention de marchandises solides, telles que les céréales et les minéraux, ainsi que de marchandises liquides, comme les produits pétroliers et chimiques. Ces infrastructures assurent une connectivité efficace avec les industries locales et sont conçues pour minimiser les risques de contamination. Les ports de commerce incluent également des terminaux de conteneurs, équipés de grues et de zones de stockage pour la gestion de caissons standardisés, ainsi que des *hubs* multimodaux, facilitant le transfert vers d'autres modes de transport. La plupart des ports de commerce, comme les ports militaires, sont majoritairement composés de quais verticaux, optimisés pour le chargement et le déchargement de navires de grande taille.

Les ports de pêche sont dotés de zones de débarquement et d'installations de réfrigération, essentielles pour la conservation des produits frais issus de l'industrie de la pêche et de l'aquaculture.

Les ports de plaisance offrent des aménagements pour le stationnement de navires privés, incluant des services tels que le ravitaillement en carburant et des espaces de réception pour les plaisanciers et les touristes. Contrairement aux ports de commerce, les ports de plaisance présentent des structures horizontales, comme des pontons flottants, qui facilitent l'accès et le stationnement des petits navires.

Les ports militaires sont équipés d'infrastructures spécifiques pour soutenir les forces d'action navales, comprenant des installations de maintenance et des zones d'entraînement, garantissant l'efficacité opérationnelle des actifs militaires. Ils se caractérisent par un accès extrêmement contrôlé et limité.

Envergure du port

Une autre classification peut être réalisée en fonction de l'envergure du port et de son inscription dans le territoire (tableau 1.2). La taille d'un port est liée aux réalités socio-économiques locales, aux types d'activités présentes, à l'état de connexion au réseau de transport de marchandises, à son histoire ainsi qu'à la stratégie de gestion et de développement des administrateurs.

La sévérité de l'impact anthropique* sur les écosystèmes est étroitement liée à la taille et aux caractéristiques des zones portuaires. Plus celles-ci concentrent une diversité d'activités, plus celles-ci sont soumises à diverses pressions, plus la probabilité d'impact sur l'écosystème marin augmente (Halpern *et al.*, 2019).

La notion d'habitat marin portuaire

En écologie, il est utile de définir des unités environnementales partageant des caractéristiques similaires, afin de réduire la complexité des écosystèmes et d'analyser des tendances partagées face à un changement environnemental (Costello, 2009). De nombreux travaux ont ainsi cherché à délimiter des zones géographiques en se basant sur leurs caractéristiques environnementales, telles que les variables physico-chimiques des habitats ou la structure des communautés* biologiques.

Les habitats marins portuaires se caractérisent par des critères structurants, qui jouent un rôle essentiel dans la mise en place des communautés biologiques. Ces critères intègrent divers aspects, notamment les composantes physiques (comme

Tableau 1.2. Classification des zones portuaires selon leur envergure. Exemples en France et au Québec.

Type de port	Envergure	Fonctions caractéristiques	Exemples
Ports locaux ou de proximité	Petite, principalement dédiée aux activités locales	Plaisance, pêche artisanale, activités touristiques; fonction souvent identitaire et culturelle pour le territoire; interactions fortes avec la population locale et l'économie de proximité	<i>France</i> : Sanary-sur-Mer, Collioure, Barfleur, Douarnenez-Tréboul, Camaret-sur-Mer, Case-Pilote (Martinique) <i>Québec</i> : Carleton-sur-Mer, Gaspé, Port-Alfred, Blanc-Sablon
Ports régionaux/secondaires	Moyenne, avec une influence régionale	Activités de pêche plus industrialisées, transport régional de marchandises; soutien à l'économie régionale (zones industrielles, activités maritimes, services portuaires); parfois multi-usages : pêche, commerce, plaisance, réparation navale	<i>France</i> : Sète, La Rochelle, Port-Vendres, Bayonne, Saint-Malo <i>Québec</i> : Matane, Gros-Cacouna, Baie-Comeau, Havre-Saint-Pierre
Grands Ports maritimes/ports internationaux	Envergure très grande avec une portée nationale et mondiale	Échanges de marchandises à très grande échelle (conteneurs, vrac, hydrocarbures); rôle structurant dans l'économie nationale et internationale; zones industrialo-portuaires majeures	<i>France</i> : Marseille, Le Havre, Dunkerque, Guyane, Martinique, Guadeloupe, Port-Réunion <i>Québec</i> : Sept-Îles, Montréal, Québec, Saguenay, Trois-Rivières

la bathymétrie*, l'hydrodynamisme* et le substrat), chimiques (telles que la qualité de l'eau et la contamination chimique) et biotiques (comprenant les macrophytes* et la macrofaune). Chacun de ces éléments influence directement la dynamique des communautés biologiques présentes dans les habitats portuaires, faisant de ces derniers des habitats uniques.

Dans la suite de ce chapitre, nous détaillerons les différents critères et leurs spécificités par rapport aux espaces naturels, afin de mieux comprendre leur impact sur la biodiversité et la gestion des habitats marins portuaires. Cette analyse permettra d'éclairer les enjeux associés à la conservation et à la gestion durable des écosystèmes marins dans le contexte portuaire. Comme précisé en début de chapitre, les habitats terrestres sont exclus de cette analyse.

» Caractéristiques physico-chimiques des zones portuaires

Des structures artificielles qui créent des microhabitats uniques

La première caractéristique de la quasi-totalité des ports dans le monde est la présence de structures artificielles qui pourront servir de substrats pour la colonisation et le développement des organismes marins.