



# **Infrastructures biomimétiques dans les ports et marinas : un moyen efficace d'accroître la biodiversité marine dans ces milieux fortement modifiés**

Jean-Claude Dauvin

## **► To cite this version:**

Jean-Claude Dauvin. Infrastructures biomimétiques dans les ports et marinas : un moyen efficace d'accroître la biodiversité marine dans ces milieux fortement modifiés. Rencontres de l'Ingénierie Maritime 2024, Builders École d'ingénieurs, Jun 2024, Caen, France. ⟨hal-04705500⟩

**HAL Id: hal-04705500**

**<https://hal.science/hal-04705500v1>**

Submitted on 23 Sep 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# **Infrastructures biomimétiques dans les ports et marinas : un moyen efficace d'accroître la biodiversité marine dans ces milieux fortement modifiés**

**Jean-Claude DAUVIN**

Normandie Univ., UNICAEN, CNRS UMR 6143 M2C, Laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière, UMR CNRS 6143 M2C, 24 rue des Tilleuls, F-14000 Caen, France

Mots clés : ports ; substrats durs ; biodiversité ; écoconstruction

Cette note correspond à une analyse bibliographique de l'évolution de la biodiversité dans des espaces portuaires et des marinas en Atlantique nord-est. Elle dresse un bilan non exhaustif des différentes structures et leurs effets bénéfiques pour la biodiversité de ces milieux portuaires fortement modifiés.

Bien que les aspects de biodiversité aient été négligés lors de la conception et la construction de la plupart des ouvrages portuaires ; les quais, digues, enrochements sont rapidement colonisés par la flore et la faune marine. Le biofouling (salissure) représente aujourd'hui un réel potentiel de biodiversité des substrats durs artificiels. Ceci concourt à l'enrichissement taxonomique des milieux fortement anthropisés comme les milieux portuaires dont l'état écologique est évalué uniquement par la faune des substrats meubles fortement enrichis en vase et en matière organique favorable au développement d'espèces benthiques opportunistes adaptées à ces milieux ce qui aboutit à un diagnostic écologique de qualité médiocre ou mauvaise (Dauvin et al., 2017).

Après une période ignorant les fonctions écologiques des milieux littoraux et estuariens, les aménageurs et ingénieurs de génie civil et maritime prennent aujourd'hui en compte les aspects de biodiversité dans leurs nouveaux aménagements. Ainsi, les nouveaux ouvrages portuaires intègrent dès le début du projet de nouvelles conceptions techniques favorisant le développement de la biodiversité (Souche et al., 2019 ; Salgues et al., 2020). Les pontons portuaires sont aussi des zones propices aux colonisations par de la faune et de la flore (Bouchoucha et al., 2022).

Dès l'immersion d'une structure artificielle, il y a une colonisation rapide du nouveau substrat par des organismes benthiques fixés puis mobiles, les tous premiers stades de colonisation étant

le domaine des microorganismes. La diversité augmente ensuite avec le temps, atteint un maximum un an après les installations puis se stabilise à des niveaux plus bas à la fois pour la diversité et pour les abondances (Dauvin et al., 2021). Les abondances élevées enregistrées quelques mois après la mise en place des structures sont liées aux fortes colonisations par des balanes qui sont des espèces pionnières à la fois dans le domaine intertidal que subtidal (Anderson & Underwood, 1994 ; Lemire & Bourget, 1996 ; Dauvin et al., 2021). Cependant, il est bien connu que la colonisation dépend de l'hétérogénéité de la surface des infrastructures, peu de la nature du substrat type de béton et de sa composition et des autres types de supports, mais de la présence de surfaces lisses ou granuleuses à coloniser (Lemire & Bourget, 1996 ; Paalvast, 2015).

Les conditions environnementales (salinité, température, oxygène dissous, turbidité) contribuent également à des différences de richesse biologique des milieux portuaires. L'analyse de paramètres abiotiques mesurés dans 18 ports et marinas normands en 2019 montrent leur partition en quatre ensembles reflétant l'aspect géographique et hydrologique de la région (Pezy et al., 2022). Les conditions environnementales ne sont donc pas toutes favorables à la colonisation d'espèces marines sténohalines.

De plus, les ports sont connus pour être des lieux privilégiés d'introduction d'espèces non-indigènes (introduites) (ENI) en lien avec le trafic maritime international. Ainsi, les ports normands assurant des transits transmanche ou internationaux (Cherbourg, Ouistreham, Le Havre et Dieppe) (Pezy et al., 2021, 2022) ou anglais localisés à l'entrée de la Manche (Bishop et al., 2015) contribuent à l'introduction des ENI et donc à l'enrichissement de la biodiversité portuaire.

Diverses études sur le biofouling des infrastructures portuaires : grattages, prises de photographies ou d'enregistrement vidéo permettant de collecter ou d'identifier les organismes, pose de plaques ou autres supports à coloniser, ont permis de mettre en évidence une forte biodiversité sur les substrats durs portuaires en Normandie (Charles et al., 2018 ; Pezy et al., 2022 ; Vial et al., 2023). Quatre résultats majeurs peuvent être soulignés : 1) colonisation très rapide de plaques immergées ; 2) au bout de six mois à un an la faune des plaques est très diversifiée et présentent de très fortes densités ; 3) outre des espèces de faune fixée comme des bryozoaires, des éponges et des ascidies, il y a beaucoup d'espèces vagiles comme les crustacés décapodes (crabes) et pécarides (puces de mer), et enfin 4) les plaques abritent de nombreuses ENI. Les abondances peuvent être très élevées et dépasser 10000 individus par m<sup>2</sup>.

Diverses expérimentations de colonisation de plaques, éco structures ont été menées dans les ports pour démontrer l'importance de la biodiversité du biofouling portuaire comme sur la

presqu'île de Quiberon (Nord du Golfe de Gascogne) par Lapinski et al. (2022) ou le port de Rotterdam (Paalvast et al., 2022).

L'installation de rockpools (cuvette de pierre en forme de bénitier) afin d'accueillir des organismes ont d'abord été installés en Angleterre puis déployés en 2022 côté français sur la digue extérieure du port de Ouistreham dans le cadre du projet INTERREG MARINEFF. Les cuvettes sont rapidement colonisées à la fois par des espèces de biofouling (balanes, ascidies et ulves) et par des espèces mobiles dont des amphipodes, des crevettes, et des poissons. (<https://www.bournemouth.ac.uk/research/research-action/artificial-rockpools>). Dans les ports situés à proximité des eaux estuariennes chargées en matière en suspension, les cuvettes se remplissent de vase et sont colonisés par des espèces caractéristiques des milieux vaseux (Bone et al., 2022). Ce type de rétention d'eau à marée basse pour créer des mares artificielles (Evans et al., 2016 ; Javel et al., 2023) a été testé de part et d'autre d'une route portuaire à Galway en Irlande (Firth et al., 2016), dans le port de Rotterdam (Palvaast et al., 2022), et dans le port de Brest (Carlier et al., 2022).

Ces structures artificielles montrent de fortes capacités de colonisation en biofouling illustrant la biodiversité des substrats durs portuaires largement ignorée dans des études sur la qualité écologique de ces zones anthropisées.

De nouvelles infrastructures pour favoriser la biodiversité marine ont été construites en Normandie dans le cadre des projets européens INTERREG RECIF puis MARINEFF et CHERLOC. Le projet RECIF visait à valoriser l'utilisation de coquilles broyées de la pétoncle *Aequipecten opercularis* en association avec du béton, dans le développement d'un matériau écologique (Dauvin et al., 2021). En zone intertidale de Luc-sur-Mer une succession écologique a pu être suivie pendant 4 ans (mars 2014-avril 2018) : les parpaings sont d'abord colonisés par des balanes, puis par des hydrozoaires, des ascidies simples, des vers fixés, des ascidies coloniales, des bryozoaires et enfin des éponges. La diversité dépasse la centaine de taxon dont bon nombre d'espèces mobiles de petite taille tels que les amphipodes du genre *Monocorophium* et le tanaïdacé invasif *Zeuxo holdichi* (Dauvin et al., 2021).

Outre l'expérimentation sur l'estran de Luc-sur-Mer, des RA rassemblant des parpaings ont été immergés en 2015 en Rade de Cherbourg (Photo) (VIVIER *et al.*, 2022). Sur ce site, la structure récifale est colonisée par de nombreuses macroalgues.



Photos du récif RECIF (à droite) et d'un block biomimétique MARINEFF (à gauche) immergés en rade de Cherbourg (crédits photos Baptiste Vivier).

Les modules MARINEFF (photo) ont intégré, dès leur conception, une dimension écologique permettant de recréer des habitats pour la vie marine ; ils ont été immergés en rade de Cherbourg en septembre 2020. Un an après leur immersion en septembre 2021, la faune et la flore ayant colonisé les infrastructures RECIF (six ans d'immersion) et MARINEFF rugueux et lisse (un an d'immersion), ainsi que des substrats naturels et blocs de protection ont été étudiés (Taormina et al., soumis). Un total de 382 taxa a été identifié, dont 312 taxa de faune (dominance de crustacés) et 70 de flore (dominance d'algues rouges) ; les substrats naturels se révèlent cependant plus diversifiés que les structures récifales.

L'objectif principal du projet CHERLOC était d'équiper deux sites pilotes intégrant deux types de blocs artificiels (DOUBLE-CUBE et ACCROBERMTMII) à des digues existantes en rade de Cherbourg et dans le port de Ouistreham, à travers des approches d'acceptabilité sociale, d'amélioration de la biodiversité marine et d'ingénierie côtière (Paireau et al., 2023). Placés très haut sur l'estran, au bout d'un an de suivi, les structures de Ouistreham furent très peu colonisées ; en revanche, en rade de Cherbourg, il y a une colonisation rapide en microphytobenthos et par des ulves, broutés par des gastéropodes dont des patelles et des gibbules montrant l'établissement rapide d'un réseau trophique simple entre producteurs primaires et herbivores (Paireau et al., 2023).

L'ensemble de ces études montrent la colonisation rapide et diversifiée des structures immergées dans les milieux portuaires. La diversité du biofouling dépend des zones hypsométrique et bathymétrique dans lesquelles sont installées les structures artificielles ainsi que leur biomimétisme (diversification des habitats).

Les expérimentations de restauration à l'aide d'éco-conception apparaissent généralement opportunistes, au coup par coup, avec peu voire pas de réflexion à l'échelle globale des

territoires (Bouchoucha et al., 2022). Néanmoins, les résultats montrent que les milieux portuaires artificialisés présentent des conditions favorables à la diversité marine notamment à la faune mobile de petite taille qui est souvent ignorée dans les suivis focalisés sur la mégafaune (crustacées et poissons). Enfin, il peut être recommandé de mettre en place des suivis à long-terme (> 5 ans voir 10 ans), permettant de mieux mesurer les gains nets de biodiversité, de diversité structurelle et fonctionnelle y compris le rôle trophique de ces infrastructures écoconçues qui demeure un champ scientifique à explorer.

Je remercie les commentaires et suggestions du relecteur de la première version de cette note qui m'ont permis d'en améliorer le contenu.

### Références bibliographiques

Anderson M.J., Underwood A.J., 1994. Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 184, 217-236.

Bishop J.D.D., Wood C.A., Yunnice A.L.E., Griffiths C.A., 2015. Unheralded arrivals: non-native sessile invertebrates in marinas on the English coast. *Aquatic Invasions* 10, 249-264.

Bone J.R., Stafford R., Hall A.E., Boyd I., George N., Hebert R.J.H., 2022. Estuarine infauna within incidentally retained sediment in artificial rockpools. *Frontiers in Marine Science* 8, 780720.

Bouchoucha M., Carlier A., Curd A., 2022. Les promesses de la réhabilitation écologique en zone portuaire. *Encyclopédie de l'Environnement*. [en ligne ISSN 2555-0950] url : <http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=16919>

Carlier A., Curd A., Drouai G., Gauff R., Tancray A., 2022. Apport écologique d'un projet d'éco-ingénierie sur la digue du nouveau polder du port de Brest. Poster, Les Habitats rocheux intertidaux et subtidaux des façades Manche – Mer du Nord –Atlantique, 16-18 novembre 2022, Océanopolis, Brest.

Charles M., Faillettaz R., Desroy N., Fournier J., Costil K., 2018. Distribution, associated species and extent of biofouling “reefs” formed by the alien species *Ficopomatus enigmaticus* (Annelida, Polychaeta) in marinas. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 212, 64-175.

Dauvin J.C., Bakalem A., Baffreau A., Grimes S., 2017. Benthic ecological Status of Algerian harbours. *Marine Pollution Bulletin* 125, 378-388.

Dauvin J.C., Deloor M., Pezy J.P., Raoux A., Claquin P., Foveau A., 2021. Four years-temporal survey of an intertidal Artificial Reef in the English Channel. *Journal of Marine Science and Engineering* 9, 1174. <https://doi.org/10.3390/jmse9111174>

Evans A. J., Firth L.B., Hawkins S.J., Morris E.S., Goudge H., Moore P.J., 2016. Drill-cored rock pools: an effective method of ecological enhancement on artificial structures. *Marine and Freshwater Research* 67, 123-130.

Firth L.B., Browne K.A., Knights A.M., Hawkins S.J., Nash R., 2016. Eco-engineered rock pools: a concrete solution to biodiversity loss and urban sprawl in the marine environment. *Environmental Research Letters* 11,094015.

Javel F., Gauff R., Curd A., Carlier A., Droual G., Bouchoucha M., De Vogüe B., Mangialajo Luisa, Thibaut T., Puissant C., Le Lan C., 2023. Plus-value écologique des cuvettes rocheuses artificielles intégrées aux ouvrages maritimes : premiers retours d'expérience en Atlantique et Méditerranée. 13èmes Assises Port du futur & Journées Méditerranéennes de l'AIPCN. 25-27 octobre 2023, Sète.

[https://www.portdufutur.fr/sites/portdufutur/files/fichiers/2023/12/JMed23\\_27\\_A5\\_Javel.pdf](https://www.portdufutur.fr/sites/portdufutur/files/fichiers/2023/12/JMed23_27_A5_Javel.pdf)

Lapinski M., Perrot M., Sauleau P., 2022. Can port concrete infrastructures be optimized to promote algal and macrofaunal colonisation in the marine intertidal zone? Case study of Port Haliguen (Brittany, France). *IOP Conference Series: Materials Sciences and Engineering* 1245, 012001.

Lemire M., Bourget E. 1996. Substratum heterogeneity and complexity influence micro-habitat selection of *Balanus* sp. and *Tubularia crocea* larvae. *Marine Ecology Progress Series* 135, 77-87

Paireau O., Cunge E., Giraudel C., Mouaze D., Raoux R., Charbonnelle M., Van Paemelen R., A. Gutierrez A., Baumbach M., Dauvin J.C., P. Claquin P., M. Deloor M., Pezy J.P., 2023. The CHERLOC project: an experimental case study of marine structures combining engineering and biodiversity. *Prodeedings of the ICE Coasts, Marine Structures and Breakwaters*, Apr 2023, London, United Kingdom, 15 pp.

Paalvast P., 2015. The role of geometric structure and texture on concrete for algal and macrofaunal colonization in marine and estuarine intertidal zone. In: *Proceedings of the RECIF Congress on Artificial Reefs: From Materials to Ecosystems*, ESITC, Caen, France, 2015; Boutouil M., Leboulanger S. (Eds), 77-84.

Paalvast P., Wolf R., Faasse M., 2022. Effectiveness of ecomodules in increasing aquatic biodiversity and bioproductivity in a port environment. *IOP Conference Series: Materials Sciences and Engineering* 1245, 012005.

192 Pezy J.P., Baffreau A., Rusig A.M., Mussio I., Raoux A., Dauvin J.C., 2021. Non-Indigenous  
193 species in marine and brackish waters along the Normandy coast. *BioInvasions Records* 10,  
194 755-774.

195 Pezy J.P., Raoux A., Boisserie R., Dauvin J.C., 2022. Enhancing marine coastal biodiversity in  
196 Normandy: towards a new species signalling network using Artificial Structures. *IOP Materials*  
197 *Sciences and Engineering*, 1245, 012007.

198 Salgues M., Pioch S., Souche J.C., De Weerd K., 2020. L'écoconception maritime : une  
199 révolution pour les maitres d'ouvrages. *Revue Paralia* 13, 1-18.

200 Souche J.C., Pioch S., Salgues M., De Weerd K., Agostini A., Hayek M., 2019. De la  
201 conception à l'éco-conception des ouvrages maritimes : intégrer la nature au projet  
202 d'aménagement maritime. *Revue Paralia* 12, 1-26.

203 Taormina B., Leclerc J.C., Rusig A.M., Navon M., Deloor M., Pascal Claquin P., Dauvin J.C.  
204 (soumis). Diversity and structure of epibenthic communities across subtidal artificial hard  
205 habitats in the Bay of Cherbourg (English Channel). *Biofouling*.

206 Vial M., Caplat C., Costil K., Gueune H., Agogue J., Gissat L., 2023. Sessile communities in  
207 under-pressured coastal ecosystems: the case of French harbours in the English Channel. *Coast*  
208 *Caen 2023, Compilation of abstracts*, p 46.

209 Vivier B., Dauvin J.C., Navon M., Chasselin, L., Deloor, M., Rusig, A.M., Mussio, I., Boutouil,  
210 M., Salaun, J., Claquin, P., 2022. Diversity, structures assemblages and production of benthic  
211 communities on artificial reefs, a comparative case study in the English Channel. *IOP*  
212 *Conference Series: Materials Science and Engineering* 1245, 01203.