



HAL
open science

Coûts liés à la dégradation du milieu marin : espèces invasives - Façade Méditerranée

Delphine Node, Marjolaine Frésard, Eric Le Gentil

► To cite this version:

Delphine Node, Marjolaine Frésard, Eric Le Gentil. Coûts liés à la dégradation du milieu marin : espèces invasives - Façade Méditerranée. AMURE - Aménagement des Usages des Ressources et des Espaces marins et littoraux - Centre de droit et d'économie de la mer. 2024. hal-04609166

HAL Id: hal-04609166

<https://hal.science/hal-04609166v1>

Submitted on 12 Jun 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



Espèces non-indigènes invasives

Façade Méditerranéenne

Delphine Node

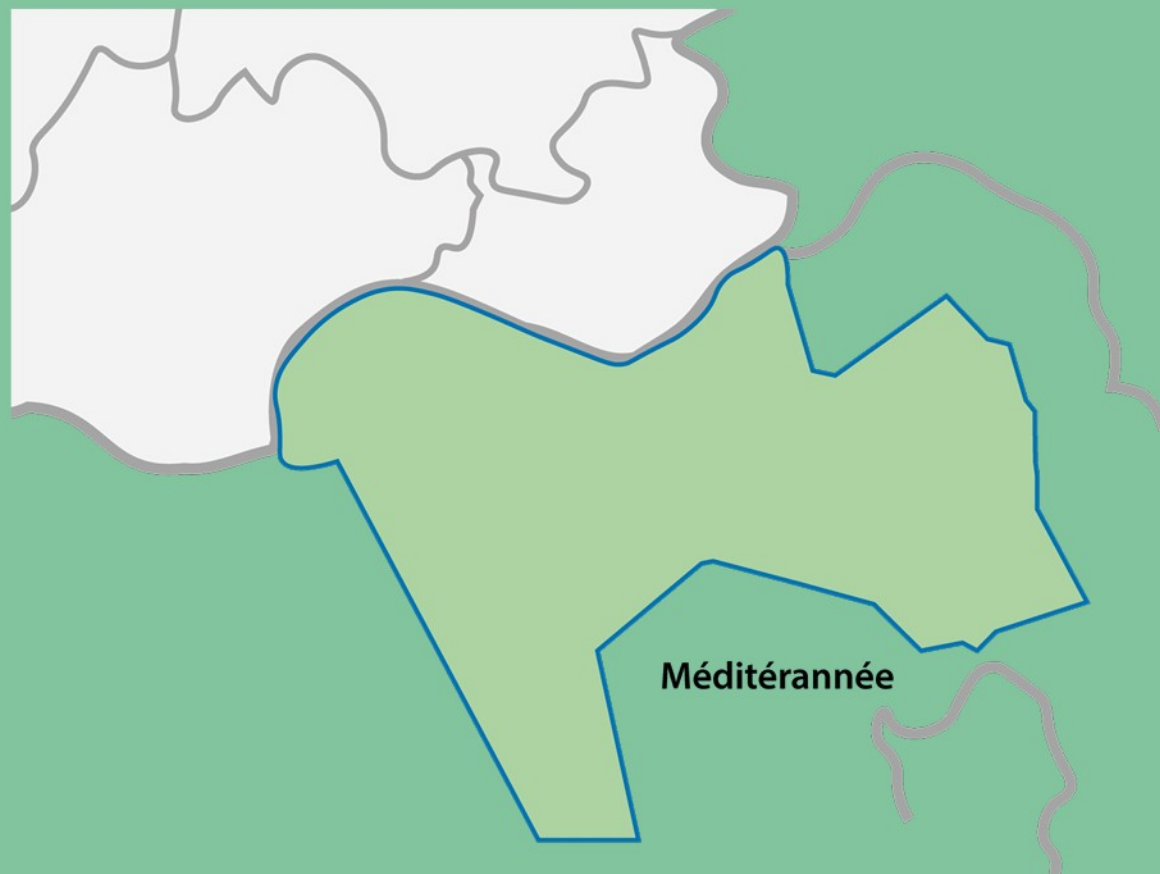
UMR M6308 AMURE, Université de Brest, IUEM, 29280 Plouzané, France

Marjolaine Frésard

UMR M6308 AMURE, Université de Brest, IUT de Quimper, 2 rue de l'Université, 29334 Quimper, France

Eric Le Gentil

IFREMER, UMR AMURE, ZI Pointe du Diable, 29280 Plouzané



Coûts liés à la dégradation du milieu marin : impacts des espèces invasives

Façade maritime Méditerranée occidentale (MED)

Delphine Node

UMR M6308 AMURE, Université de Brest, IUEM, 29280 Plouzané, France

Marjolaine Frésard

UMR M6308 AMURE, Université de Brest, IUT de Quimper, 2 rue de l'Université, 29334 Quimper, France

Eric Le Gentil

UMR M6308 AMURE, IFREMER, IUEM, 29280 Plouzané, France

MESSAGES CLÉS

- Au niveau national, les coûts liés à la dégradation du milieu marin de par la présence d'espèces non-indigènes (ENI) invasives représentent 3 millions d'euros par an en moyenne sur la période 2017-2021.
- Au niveau de la façade Méditerranée (MED), les coûts annuels moyens liés à la dégradation par les ENI s'élèvent à 1,4 millions d'euros (-5,9% par rapport au cycle 2), répartis ainsi : 1,18 millions d'euros pour des actions de suivi et d'information, 28k euros pour des actions de prévention et d'évitement et 195k euros pour des actions de remédiation.
- La méconnaissance des impacts environnementaux des ENI sur la biodiversité marine limite la capacité à évaluer les coûts de la dégradation liée à ces espèces. Les estimations sont vraisemblablement sous-évaluées compte tenu de la collecte de données qui dépend de la volonté des structures sollicitées à transmettre les coûts alloués aux projets qu'ils mènent. Certains coûts ne sont pas pris en compte ici mais sont comptabilisés dans d'autres thématiques du volet coût de la dégradation (« Biodiversité et intégrité des fonds », « Ressources conchyliques », « Questions sanitaires »).
- Comparativement aux autres thématiques de dégradation de l'AES-DCSMM, le risque d'impacts résiduels associés aux ENI invasives est qualifié de « modéré à fort » en France métropolitaine. La situation est similaire sur la façade MED.

1. Introduction

Les espèces non-indigènes invasives sont des espèces allochtones qui sont introduites en dehors de leur écosystème d'origine, s'implantent dans un nouvel écosystème et y prolifèrent

(CDB, article 8h, 1992). Ces espèces, dans le milieu marin, peuvent être animales ou végétales et sont susceptibles de générer des dommages en bouleversant le fonctionnement des écosystèmes (ce qui dégrade les services écologiques rendus), en modifiant les habitats et en menaçant les espèces autochtones, qui peuvent faire l'objet d'usages marchands et/ou non-marchands, et/ou avoir par ailleurs une valeur de non-usage¹.

A l'échelle européenne, le règlement relatif aux espèces exotiques envahissantes (EEE) (article 4 du règlement (UE) n°1143/2014²) définit les EEE réglementées à l'échelle européenne. Parmi les 66 EEE listées, uniquement 2 sont des ENI marines. La liste nationale des EEE comprend uniquement les EEE fixées par le règlement européen (articles L411-5 dit de Niveau 1 et L411-6 du Code de l'Environnement³). Le dernier rapport scientifique pour l'évaluation de 2018 au titre de la DCSSM recense 483 espèces non-indigènes marines en France métropolitaine (Massé et Guérin, 2018). Parmi cette liste, 14 espèces à caractères invasif, introduites, ou susceptibles de l'être, sur les façades maritimes de France métropolitaines, ont été retenues pour leur caractère prioritaire afin d'être soumises à réglementation (Pisanu et al., 2020) (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des 14 espèces marines introduites – ou susceptibles de l'être - priorisées selon leurs risques d'invasion (R), ainsi que le score de confiance (C) et de précision (P) des réponses par les experts (n : nombre d'évaluations) (Pinasu et al., 2020)

Espèce	n	Score moyen [Intervalle de crédibilité à 89%]* de		
		Risque (R)	Confiance (C)	Précision (P)
DÉJÀ RÉGLEMENTÉE**				
<i>Eriocheir sinensis</i> H. Milne Edwards, 1853	4	0,90 ^[0,76 ; 1,05]	0,86 ^[0,62 ; 1,10]	0,68 ^[0,46 ; 0,89]
PRIORITE FORTE				
<i>Pterois miles</i> (Bennett, 1828)	3	0,94 ^[0,78 ; 1,10]	1,06 ^[0,78 ; 1,33]	1,47 ^[1,22 ; 1,71]
<i>Rugulopteryx okamurae</i> (Dawson) Hwang, Lee & Kim, 2009	2 ^{***}	0,92 ^[0,73 ; 1,10]	1,09 ^[0,78 ; 1,40]	1,12 ^[0,85 ; 1,39]
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes, 1846)	3	0,85 ^[0,69 ; 1,01]	1,22 ^[0,94 ; 1,49]	0,99 ^[0,75 ; 1,23]
<i>Mnemiopsis leidyi</i> A. Agassiz, 1865	4	0,75 ^[0,61 ; 0,93]	1,23 ^[0,98 ; 1,47]	1,25 ^[1,03 ; 1,47]
<i>Crepidula fornicata</i> (Linnaeus, 1758)	3	0,75 ^[0,58 ; 0,92]	1,22 ^[0,92 ; 1,52]	1,07 ^[0,81 ; 1,32]
<i>Arcuatula senhousia</i> (Benson, 1842)	3	0,61 ^[0,45 ; 0,76]	1,14 ^[0,87 ; 1,41]	0,97 ^[0,73 ; 1,20]
PRIORITE MOYENNE				
<i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896	3	1,03 ^[0,86 ; 1,20]	1,00 ^[0,71 ; 1,29]	0,99 ^[0,73 ; 1,25]
<i>Brachidontes pharaonis</i> (P. Fischer, 1870)	3	0,80 ^[0,64 ; 0,95]	0,87 ^[0,60 ; 1,15]	0,93 ^[0,68 ; 1,17]
<i>Didemnum vexillum</i> Kott, 2002	3	0,75 ^[0,60 ; 0,91]	0,97 ^[0,70 ; 1,24]	1,02 ^[0,78 ; 1,26]
<i>Hemigrapsus sanguineus</i> (De Haan, 1835)	3	0,75 ^[0,59 ; 0,90]	0,97 ^[0,71 ; 1,24]	1,35 ^[1,12 ; 1,57]
EN ATTENTE DE COMPLEMENT D'EXPERTISE				
<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)	2	0,68 ^[0,50 ; 0,86]	0,87 ^[0,56 ; 1,18]	1,21 ^[0,94 ; 1,48]
<i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789)	2	0,63 ^[0,45 ; 0,82]	0,84 ^[0,53 ; 1,15]	1,12 ^[0,84 ; 1,40]
<i>Botrylloides violaceus</i> Oka, 1927	2	0,62 ^[0,43 ; 0,80]	0,78 ^[0,47 ; 1,19]	1,21 ^[0,94 ; 1,49]
<i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato, 1913	2	0,47 ^[0,26 ; 0,68]	0,85 ^[0,48 ; 1,22]	1,21 ^[0,88 ; 1,53]

* 7500 estimations *a posteriori* – à partir de 3 chaînes de 50 000 itérations (Burn-in = 25000, Thinning = 10 ; convergence : tous les $R_{hat} < 1,00$)

** Arrêté du 14 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire métropolitain

*** Espèce n'ayant recueilli que l'avis de deux experts – proposée tout de même à la réglementation en raison de son probable ajout à la liste européenne en 2021-2022

La dégradation du milieu marin occasionnée par les espèces invasives est considérée par rapport aux dommages perceptibles. Ainsi, seules les espèces non-indigènes invasives provoquant

1 Valeur attribuée à un bien ou à un service en sachant qu'il existe, et même si personne ne l'utilise actuellement ni ne l'utilisera dans le futur.

2 RÈGLEMENT (UE) No1143/2014 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1143&from=FI>

3 Article L411-5 ; Niveau 1 : interdiction d'introduction dans le milieu naturel ; Article L411-6 ; Niveau 2 : interdiction d'introduction, de détention, de transport, de colportage, d'utilisation, d'échange, de vente ou d'achat de tout spécimen vivant ; Prévention de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes (Articles L411-5 à L411-7) : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006074220/LEGISCTA000033031225/#LEGISCTA000033031228

des dommages perceptibles sont retenues dans ce travail. Ces espèces font partie des espèces recensées dans l'évaluation 2018 de la pression biologique par les espèces non-indigènes marines en France métropolitaine (Guérin et Massé, 2017). Par ailleurs, les espèces dites « lessepsiennes » et les « migrations » de certaines espèces du fait du réchauffement des eaux ne sont pas considérées dans ce travail, sauf exceptions.

Les mesures mises en œuvre pour lutter contre la présence d'espèces non-indigènes invasives comprennent des mesures de suivi et d'information, des mesures de préventions et d'évitement et des mesures de remédiation des impacts constatés⁴. Ces mesures sont décrites de même que leurs coûts, qui sont en outre estimés quantitativement lorsque les données sont disponibles afin de contribuer à l'estimation globale des coûts de la dégradation du milieu marin (Tableau 2). L'analyse est complétée par une caractérisation des impacts résiduels, impacts persistants malgré les mesures prises pour lutter contre les espèces invasives.

Tableau 2. Typologie des coûts liés aux impacts des espèces non-indigènes invasives

Coûts de suivi et d'information	Coûts des actions d'évitement et de prévention	Coûts des actions de remédiation des impacts constatés
<ul style="list-style-type: none"> ·Coût des mesures de veille écologique d'espèces invasives ·Coût des études scientifiques sur les espèces invasives ·Coût des programmes d'évaluation d'impacts des espèces invasives ·Coût de la recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ·Coût des campagnes de sensibilisation et d'information ·Coût des mesures de quarantaine ·Coût de mise en œuvre des conventions internationales⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> ·Coût des politiques d'éradication de la population invasive ·Coût des politiques de réduction de la taille de la population invasive ·Coût des politiques de stabilisation⁶ à une taille de population invasive

4 Ce travail ne considère pas les phytoplanctons toxiques (par exemple *Ostreopsis ovata* en Méditerranée ou *Alexandrium minutum* sur les façades MEMN, NAMO et SA), malgré leur caractère souvent non-indigène, car ils sont traités dans le chapitre des coûts liés aux « questions sanitaires ».

5 Pour ce qui concerne les espèces non-indigènes invasives, il s'agit en premier lieu de la gestion des eaux de ballast, qui sont une des principales sources d'introduction d'espèces. Leur gestion s'inscrit dans le cadre de la Convention Internationale BWM de l'Organisation Maritime Internationale de 2004, qui est entrée en vigueur le 08 septembre 2017. Au vu de l'échéance de 2024 pour la mise en conformité de toute la flotte et de l'absence de données sur l'état d'avancement, il ne nous a pas été possible d'estimer les coûts supportés par les acteurs privés. Par ailleurs, les problèmes posés par les espèces non-indigènes invasives sont abordés dans les conventions internationales suivantes : Convention de Ramsar (1971), Convention CITES (1975), Convention de Berne (1979), Convention de Bonn (1979), Convention sur la Diversité Biologique (1992) et Convention de Barcelone (1995). Les coûts liés à la mise en œuvre de ces conventions internationales ne sont pas considérés dans ce travail (sauf exception) : il n'a pas été possible à l'heure actuelle de mesurer les coûts dédiés aux problèmes posés par les espèces non-indigènes invasives marines dans les façades maritimes françaises dans le cadre de ces conventions.

6 Les politiques d'éradication de la population invasive, de réduction ou de stabilisation de la taille de la population invasive sont considérées comme trois types de politiques différentes, qui génèrent chacune des coûts de remédiation des impacts constatés particuliers.

·Coût de l'expertise dans le cadre de la DCSMM		déterminée ·Coût des mesures d'amélioration de la résilience des écosystèmes fragilisés
--	--	--

2. Analyse dans la façade maritime Méditerranée occidentale

Pour la façade maritime Méditerranée occidentale, la dégradation du milieu marin imposée par les espèces invasives, c'est à dire les dommages perceptibles, résulte de la présence de différentes espèces de caulerpes non-indigènes (*Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa cylindracea*), du crabe plat des oursins (*Percnon gibbesi*), du crabe bleu (*Callinectes sapidus*), de la blennie pilicorne (*Parablennius pilicornis*), d'algues rouges non-indigènes (*Aspargopsis armata*, *Aspargopsis taxiformis*, *Womersleyella setacea*), du codium fragile (*Codium fragile*), de cténophores (*Meniopsis leydii*), de poissons-lions (*Pterois miles*), de poissons-ballons (*Lagocephalus sceleratus*), de la calicagère blanche (*Kyphosys sectatrix*), de poissons-lapins (*Siganus spp.*), de poissons-flûtes (*Fistularia commersonii*), de corail scléactiniaire (*Oculina patagonica*), de moules asiatiques (*Arcuatula senhousia*) et de protozoaires parasites (genre *Haplosporidium*). L'analyse devra être étendue par la suite pour considérer d'autres espèces invasives (*Rugulopteryx okamurae*, *Didemnum vexillum*). Présente localement sur l'étang de Thau, *Rugulopteryx okamurae* est une algue qui peut menacer le fonctionnement des écosystèmes et les activités humaines (pêche, conchyliculture) (Pinasu et al., 2020). L'ascidie coloniale *Didemnum vexillum* est établie sur l'ensemble des façades de France métropolitaine et peut représenter une menace pour les activités de pêche. Sa gestion, voire son éradication, ne peut être envisagée qu'à l'échelle locale (Pinasu et al., 2020). Le coût de ces actions de gestion devra également considéré lors de la prochaine évaluation.

Nous présentons les différents coûts associés à ces espèces. L'analyse est qualitative et quantitative lorsque les données sont renseignées. En outre, un certain nombre de mesures de suivi vont bientôt être mises en place dans le cadre du Programme de Surveillance de la DCSMM. Cela concerne (1) les introductions d'espèces non-indigènes par principaux vecteurs, (2) les suivis dédiés au sein des zones à risque et des zones sensibles aux biopollutions et (3) l'état et l'impact des espèces non-indigènes invasives. Ces mesures seront à considérer par la suite pour enrichir les inventaires des quatre types de coûts identifiés (cf. Tableau 2).

Le calcul des coûts annuels moyens par façade a été fait en appliquant la méthodologie suivante :

- Pour le calcul du coût annuel moyen : Lorsque les coûts étaient disponibles sur une période de référence, comprise entre 2017 et 2021, le coût annuel moyen a été calculé en divisant le coût total alloué sur ces années par le nombre d'années de la période de référence. Lorsque les coûts étaient disponibles sur une seule année de la période allant de 2017 à 2021, nous avons considéré que le coût annuel moyen est celui de cette année de référence ;
- Pour la répartition des coûts entre les différentes façades : lorsque le coût concernait une action localisée sur une façade, ce coût a été attribué à la façade concernée. Lorsque

l'action était menée à l'échelle nationale, le coût a été réparti entre les façades en divisant arbitrairement par quatre ce coût.

2.1. Coûts de suivi et d'information

Le coût annuel de l'expertise menée dans le cadre de la DCSMM (conventions entre la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MTES et différents organismes de recherche, notamment l'Ifremer et le MNHN) s'élève à 23,4k euros pour la façade MED (moyenne annuelle 2018-2021). A ce chiffre s'ajoute les dépenses liées au personnel du MTE pour la coordination en lien avec la thématique ENI. Les coûts des salaires annuels du personnel de la fonction publique d'Etat a été estimé à partir des données de l'INSEE (voir Annexe 1), auxquels ont été ajoutés les charges patronales (41%) et « frais environnementaux » (25%) associés. Ce montant est de 8k euros par an pour la façade MED.

L'Office Français pour la Biodiversité (OFB) finance les dispositifs de suivis des ENI dans le cadre du Programme de Surveillance D2 ENI de la DCSMM par l'UMS PatriNat. En ce qui concerne la façade MED, un dispositif de suivi par ADN environnemental a été mis en place dans le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion depuis 2021. Sur la période d'étude, le montant annuel s'élève à 5k euros. Ces suivis ne ciblent pas des ENI en particulier mais étudient l'ensemble des ENI présentes sur le site d'échantillonnage.

Les coûts annuels liés à la coordination nationale de l'OFB pour le suivi des espèces non-indigènes est de 12,7k euros au niveau national, dont 2,7k euros pour la façade MED.

Les coûts de suivi et d'information liés aux espèces invasives concernent les coûts des programmes d'évaluation d'impacts et les coûts des études scientifiques menés sur les caulerpes non-indigènes, le crabe plat des oursins, le crabe bleu, la blennie pilicorne, les algues rouges non-indigènes, les cténophores, les poissons-lions, les poissons-ballons, la calicagère blanche, les poissons-lapins, les poissons-flûtes et les protozoaires parasites.

Un projet CLIM-ECO² ainsi qu'une thèse ont été menés, par l'UMR ECOSEAS de l'Université Côte d'Azur, pour le suivi et l'étude des espèces *Pterois miles*, *Siganus luridus*, *Siganus rivulatus*, *Fistularia commersonii*, *Lagocephalus sceleratus*, *Kyphosys sectatrix* pour un coût annuel global de 38,8k euros sur la période 2017-2021.

Concernant le poisson-lapin (*Siganus spp.*) et le poisson-flûte (*Fistularia commersonii*), un projet ANR, également mené par l'UMR ECOSEAS, représente un coût annuel de 54,8k euros pendant 5 années (2017-2021). Ce projet a pour objectif d'évaluer les relations entre les aires marines protégées et ces espèces envahissantes.

La prolifération de protozoaires parasites (genre *Haplosporidium*) entraîne des mortalités importantes de la nacre (*Pinna nobilis*) depuis 2017, en Méditerranée, et menace la survie de cette espèce. En 2019, le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) a mis en place un plan de sauvegarde de la nacre. Suite à cette invasion, un suivi de la nacre a été mis en place dès 2019 pour un coût annuel 27k euros sur notre période d'étude (2017-2021).

Plus spécifiquement pour la Corse, un suivi, dédié initialement à la caulerpe puis étendu depuis 2015 à 49 des espèces non-indigènes invasives avec le Réseau « Alien-Corse » (principalement *Caulerpa cylindracea*, *Percnon gibbesi*, *Callinectes sapidus*, *Fistularia commersoni*, *Parablennius pilicornis*, *Siganus luridus* & *S. rivulatus*, *Aspargopsis armata*, *A. taxiformis*, *Codium fragile*,

Womersleyella setacea et *Meniopsis leydii*), représente un coût global annuel de 32,9k euros depuis 2015. Ce suivi, initié par l'Office de l'Environnement de la Corse, passe par un partenariat avec l'Université de Corse et le comité régional de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-marins et le CPIE Bastia-Golo-Méditerranée/U Marinu.

Le Laboratoire Environnement et Ressources de l'Ifremer de Toulon mène des actions ponctuelles de suivi des ENI. Aucun projet dédié à ces espèces n'a été mis en œuvre. Suite au signalement du corail scléactiniaire *Oculina patagonica* dans le port de Toulon, 7 plongées ont été réalisées sur ce site entre novembre 2020 et novembre 2021. Les suivis ont été financés sur fonds propres du laboratoire. Seuls les coûts relatifs à la location des moyens nautiques ont été pris en compte ici. Sur la période 2017-2021, le coût annuel moyen de ces suivis est de 1,2k euros. Le coût des chercheurs mobilisés pour ce suivi sont pris en compte par ailleurs dans les coûts globaux de la recherche.

En 2019, le Laboratoire d'écogéochimie des environnements benthiques (LECOB/CNRS-Sorbonne Université) de l'Observatoire Océanologique de Banyuls a publié un article concernant l'arrivée et la prolifération du crabe bleu américain (*Callinectes sapidus*) dans le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion (PNMGL) (Labrune et al, 2019). Un travail de signalisation et de recensement a été réalisé en collaboration avec le PNMGL et l'Université de Perpignan entre janvier 2018 et juillet 2019. Aucun financement, autre que les payes des chercheurs et personnels du PNM, n'ont été mobilisés pour cette étude. Le coût des chercheurs du laboratoire mobilisés pour ce suivi est pris en compte par ailleurs dans les coûts globaux de la recherche. Etant donné qu'il s'agit d'un financement du PNM, les coûts de personnels PNM sont comptabilisés intégralement dans la thématique « Biodiversité et intégrité des fonds ».

BioLit, un programme national de science participative sur la biodiversité littorale, créé et porté par l'association Planète Mer, a pour objectif d'impliquer les citoyens pour suivre l'évolution des habitats et des espèces du littoral. Mené sous la responsabilité scientifique de la station marine du Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN) de Dinard et en partenariat avec des structures d'éducation à l'environnement et au développement durable, des collectivités territoriales, des services de l'Etat, et des gestionnaires d'espaces protégés et de ressources naturelles, le programme cherche à répondre à des préoccupations environnementales concernant la biodiversité du littoral. L'action « Nouveaux arrivants » a notamment pour objectif de créer un réseau d'alerte et de surveillance des espèces marines et littorales introduites, dont certaines à caractère invasif. La part du budget du BioLit consacrée à cette action n'a pu être identifiée. L'ensemble du budget du programme BioLit alloué par l'association Planète mer est pris en compte dans le coût de la dégradation pour la thématique « Biodiversité et intégrité des fonds ».

Le tableau de synthèse (Tableau 3) présente l'ensemble des coûts annuels moyens pour les actions de suivi et d'information pour la façade SA et à l'échelle nationale.

Tableau 3. Bilan des coûts de suivi et d'information pour la façade MED – en euros

Cycle 3 (2017-2021)				
Actions de suivi et d'information	Moyenne annuelle MED	Moyenne annuelle nationale	Période de référence des coûts	Sources
Expertise DCSMM	23 400	95 418	2018-2020	Multiples : MTE, IFREMER
Programme de surveillance	5 000	33 840	2019-2021	MNHN/UMS PatriNat

ENI				
Coordination MTE en lien avec les ENI	8 018	32 070	2018-2020	MTE
OFB	2 657	12 723	2018-2021	OFB
Réseau « Alien-Corse »	32 900	32 900	2018-2021	OEC
ANR	54 780	54 780	2017-2021	Université Côte d'Azur (ECOSEAS)
Projet CLIM-ECO ² + thèse	38 800	38 800		
Suivi de la nacre	27 000	27 000	2017-2021	CRIOBE
Suivi par plongée dans le port de Toulon	1 176	1 176	2017-2021	IFREMER Toulon (LER-PAC)
Programme de surveillance Biolit	Voir thématique « Biodiversité »	Voir thématique « Biodiversité »	X	Planète Mer
Recherche ⁷	990 000	2 210 000	2020	AMURE (voir fiche Recherche)
Projets de recherche hors façade MED	0	132 934	Variable	Multiples
Total	1 183 731	2 671 641		

Une des difficultés a été d'évaluer le coût de la recherche sur les différentes espèces non-indigènes invasives. Cette estimation a été réalisée par une approche globale des coûts de la recherche marine en France. Les effectifs des laboratoires actifs dans le domaine des sciences marines ont été recensés et multipliés par un budget annuel environné par chercheur (coûts de personnels et de fonctionnement) pour obtenir un coût total de la recherche, qui a ensuite été réparti par thème de dégradation au prorata de la production scientifique elle-même estimée via une approche bibliométrique (voir Annexe 2).

Ces estimations ont conduit à une estimation des coûts annuels de la recherche dans le domaine des espèces non-indigènes invasives de 990k euros pour la façade maritime MED⁸.

2.2. Coûts des actions d'évitement et de prévention de la présence des ENI

En l'état actuel de nos recherches, il est difficile d'identifier des mesures d'évitement et de prévention propres à la façade MED. Néanmoins, nous avons pu identifier des actions de prévention portées à l'échelle nationale par le Centre de Ressources des Espèces Exotiques Envahissantes (CDREEE) piloté par le comité de l'UICN France et par l'Office Français pour la Biodiversité. Des actions de partage de connaissances, incluant des formations sur les ENI marines, la mise en ligne de fiches sur les ENI marines, des rencontres transfrontalières autour de la biosécurité du milieu marin ainsi que l'organisation d'un atelier autour des ENI lors du Congrès mondial de la Nature ayant eu lieu à Marseille en 2021, ont été mises en place. Le coût annuel moyen, sur la période de référence 2019-2021, à l'échelle nationale est de 29k euros, soit 7,4k euros pour la façade MED.

⁷ Coût du personnel de recherche lié à la thématique « ENI marines » estimé à partir de l'analyse bibliométrique (AMURE, 2022).

⁸ Du fait du temps nécessaire à la publication d'articles scientifiques, il peut y avoir un décalage entre les coûts estimés ici et les coûts réellement dépensés par les laboratoires en sur la période 2017-2021.

Des projets menés par des associations locales et financés par l’OFB ont également été pris en compte. La CPIE Bassin de Thau a notamment bénéficié, à partir 2021, d’un financement pour la mise en place et le déploiement d’un réseau d’amélioration des connaissances sur les espèces non indigènes (ENI) marines d’Occitanie, à travers une veille citoyenne. Dans le cadre de ce projet, plusieurs structures du réseau Les Sentinelles de la Mer Occitanie organisent une veille citoyenne sur le littoral et en plongée des ENI, planifient des actions de sensibilisation sur la problématique du crabe bleu, mettent en place une analyse expérimentale des coques de navires et la sensibilisation des plaisanciers aux bonnes pratiques et conçoivent des supports pédagogiques. Des coûts ont également été engagés par l’OFB pour l’expertise liée au descripteur « ENI » de la DCSMM. Les dépenses annuelles moyennes de l’OFB pour la façade MED, sur la période 2018-2021, s’élèvent à 20,2k euros. Ces coûts comprennent le coût des ETP de l’OFB pour la coordination et la mise en œuvre de ces actions.

Le coût annuel moyen total (Tableau 4) pour les actions de prévention et d’évitement, sur la période 2018-2021, est de 54,2k euros pour l’ensemble des façades maritimes, dont 27,6k euros pour la façade MED.

Tableau 4. Bilan des coûts de prévention et évitement pour la façade MED – en euros

Cycle 3 (2017-2021)				
Actions de prévention et évitement	Moyenne annuelle MED	Moyenne annuelle nationale	Période de référence des coûts	Sources
Formations CDREEE	7 417	29 668	2019-2021	CDREEE (UICN France/OFB)
AFB/OFB	20 201	24 533	2018-2021	OFB
Total	27 618	54 201		

La Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires (Convention BWM), adoptée en 2004 et entrée en vigueur en 2017, a pour objectif d'établir des règles internationales afin de contrôler le transfert d'espèces potentiellement envahissantes. En vertu de la Convention, les navires qui sont exploités exclusivement dans les eaux sous souveraineté ou sous juridiction française, et le cas échéant en haute mer, sont tenus de traiter leurs eaux de ballast avant de les rejeter dans un nouvel emplacement, afin d'éliminer les micro-organismes ou les petites espèces marines à compter du 8 septembre 2024. Plus de 50 000 navires sont concernées⁹. Il existe différents systèmes de traitement des eaux de ballast (UV, chimique, scellage des eaux de ballast). L'installation de ces systèmes représente ainsi un surcoût pour les armateurs. Il est actuellement difficile de fournir un chiffre sur le coût que représente l'installation de ces systèmes par les armateurs, du fait de l'absence de données sur la part de la flotte déjà en conformité et sur le coût de l'installation d'un système de traitement par navire.

⁹ Ifremer, Communiqué de presse : « [Bonne nouvelle pour la biodiversité : la convention internationale sur les eaux de ballast est entrée en vigueur](#) ». Publié en ligne le 8 septembre 2017.

2.3. Coûts des actions de remédiation des impacts constatés

En l'état actuel du dispositif de gestion mis en place, les coûts de remédiation des impacts constatés des ENI est principalement composé du coût des politiques de réduction de la taille des stocks invasifs.

Pour *C. taxifolia* en Méditerranée Occidentale, le coût annuel moyen avait été estimé à 12,5k euros. Il s'agit du coût annuel moyen des opérations de contrôle (arrachage) de *Caulerpa taxifolia* qui se déroulent chaque année dans le Parc National de Port-Cros. Ce coût s'élève à 120k euros/an (euros courants) si on considère le coût du travail bénévole réalisé par les clubs de plongée. Des données issues du contrat Natura 2000 (financement de l'Etat) révisent ce chiffre initial de 12,5k à 47,56k euros annuels sur la période 2011-2015. Ces dernières données correspondent à des opérations de contrôle de l'invasion (coûts de remédiation) et également à des opérations de surveillance, de prévention et de sensibilisation. Nous avons choisi de les affecter aux coûts de remédiation.

La prolifération de protozoaires parasites (genre *Haplosporidium*) entraîne des mortalités importantes de la nacre (*Pinna nobilis*) depuis 2017, en Méditerranée, et menace la survie de cette espèce. En 2019, le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) a mis en place un plan de sauvegarde de la nacre. La restauration de la nacre représente un coût annuel 45k euros sur notre période d'étude (2017-2021).

Le tableau de synthèse (Tableau 5) présente l'ensemble des coûts annuels moyens pour les actions de remédiation pour la façade MED et à l'échelle nationale.

Tableau 5. Bilan des coûts de remédiation pour la façade MED – en euros

Cycle 3 (2017-2021)				
Actions de remédiation	Moyenne annuelle MED	Moyenne annuelle nationale	Période de référence des coûts	Sources
Opérations de contrôle de la Caulerpe	150 000	150 000	2011-2015	PNPC
AFB/OFB	0	34 275	2018-2021	OFB
Plan de sauvegarde de la nacre	45 000	45 000	2017-2021	CRIOBE
Nettoyage des concessions conchyliques	Voir thématique	Voir thématique	X	X

	« Ressources conchylicoles »	« Ressources conchylicoles »		
Total	195 000	229 275		

3. Impacts résiduels

3.1. Précisions méthodologiques

Les impacts résiduels (IR) sont définis comme les dommages subsistant pour la société, sous des formes diverses¹⁰, du fait de l'existence d'un écart entre la situation présente observée et la situation désirée telle que définie dans les politiques publiques dédiées à une problématique de dégradation spécifique. La démarche de qualification du risque d'IR adoptée repose ici sur l'hypothèse suivante : la probabilité d'apparition d'impacts résultant d'une forme spécifique de dégradation du milieu marin est d'autant plus faible que la politique publique qui lui est consacrée est proche de garantir l'atteinte de la finalité environnementale poursuivie, et inversement.

Cette finalité n'est pas nécessairement équivalente au BEE, objectif réglementaire propre à la DCSMM. Elle est l'expression de l'orientation principale de la politique menée depuis son commencement, entendue ici comme une succession d'énoncés normatifs passés et récents traduisant des choix (supposés) collectifs – le programme politique – qui généralement se matérialisent par la création et/ou la juxtaposition de dispositifs d'action publique orientés vers la résolution du « problème public » considéré (Lemieux, 2009). C'est donc à travers l'analyse des contenus véhiculés par la réglementation qu'il est possible d'une part, d'identifier la finalité politique poursuivie ; et par l'étude de l'effectivité et de l'efficacité des dispositifs de gestion – l'action publique – qu'il est envisagé, d'autre part, d'apprécier le risque d'IR aujourd'hui. Cette analyse ne porte que sur les IR de type 1 et 2, en raison de l'impossibilité d'identifier les IR de type 3, non explicitement pris en compte par les dispositifs existants¹¹.

Le risque d'IR est caractérisé sur la base d'indices synthétiques, variant entre 0 (risque minimal) et 3 (risque maximal), pour chaque critère considéré. Ces indices rendent compte, à la fois, du degré de conformité ou de non conformité vis-à-vis de la finalité politique poursuivie, et de la probabilité d'apparition d'IR par façade aujourd'hui. Après classification des indices sur la base de leur intensité ([0-1[; [1-2[; [2-3]), le risque d'IR est globalement qualifié à travers l'examen du niveau de convergence de l'ensemble des indices produits au moyen de règles de qualification spécifiques.

10 Dommages environnementaux, sociaux, économiques, culturels, ... Par exemple : expression d'un mécontentement chez les usagers du littoral concernant la présence de déchets sur les plages, perte de CA pour les entreprises aquacoles du fait de la mauvaise qualité des eaux côtières, impossibilité de se baigner en raison d'interdictions sanitaires, ...

11 Les IR de type 1, liés à des problématiques prises en compte et assorties d'objectifs concrets mais non atteints, traduisent probablement un déficit d'efficacité des dispositifs existants ; les IR de type 2, liés à des problématiques prises en compte mais non assorties d'objectifs concrets, traduisent probablement un manque d'effectivité des dispositifs existants ; les IR de type 3, liés à l'incomplétude de la prise en compte d'une problématique en termes d'action publique, mettent en évidence de possibles lacunes des dispositifs existants. Les IR de type 3 ne sont pas considérés ici car non identifiables avec la méthode mise en œuvre. Ils n'ont, en effet, pas acquis le statut de « problème public » et sont, à ce titre, hors cadre politique. Il faudrait, pour les identifier, s'intéresser à leur publicisation, en procédant à des analyses textuelles des presses régionales, nationales et des réseaux sociaux notamment (identification des controverses, des conflits, ... rapportés dans les médias au sujet de ces questions non encore considérées par l'action publique).

Cette analyse exploratoire des risques liés au périmètre, à la structure, au fonctionnement et à l'efficacité des dispositifs de gestion est complétée par une deuxième catégorie d'indices, compris eux aussi entre 0 et 3, dont la fonction est de caractériser l'importance relative des populations littorales potentiellement exposées au risque d'IR, en tant qu'usager professionnel et/ou récréatif, ou en tant que consommateur. Ils rendent donc compte, sommairement, de l'importance des enjeux en présence.

Enfin, les qualifications obtenues (risque d'IR, exposition aux IR) pour décrire la situation nationale (FRA) d'une problématique s'interprètent comparativement à celles des autres thématiques de dégradation de l'AES-DCSMM, et celles spécifiques aux façades maritimes s'interprètent au regard de la situation nationale (FRA) de la question environnementale considérée. La méthodologie et les sources employées pour la construction de ces indices, leur interprétation, les limites associées, sont plus précisément présentées dans les annexes des rapports scientifiques.

3.2. Qualification du risque d'impacts résiduels

La problématique des ENI invasives ne bénéficie pas d'un fort investissement en termes d'action publique. La réglementation, assez récente, fait face « à la difficulté de régulation et de contrôle de toutes les activités humaines pouvant être causes directes ou indirectes » d'introductions d'ENI (Dutartre et al., 2010). À l'échelle nationale, cette politique poursuit, de manière générale, la finalité suivante : prévenir, contrôler, réduire l'introduction et la propagation des ENI invasives.

Au niveau des dispositifs maritimes et portuaires, seul le transport maritime, vecteur majeur d'introduction d'ENI en France métropolitaine (eaux de ballast et salissures : Massé et al., 2023), est concerné au titre de la convention BWM de l'OMI, dans le cadre du contrôle des navires par l'État du port. Mais les CSN constatent fréquemment que les équipages méconnaissent les exigences de cette convention (Jabouin, 2023)¹². A l'interface terre-mer, il s'agit principalement d'actions d'éradication et de sensibilisation des usagers de la mer et du littoral (voir sections précédentes). D'après Massé et al. (2023) il faudrait, de façon complémentaire, détecter plus précocement les ENI pour éviter qu'elles ne s'établissent durablement mais il n'existe toujours pas, pour l'heure, de système de surveillance dédié en France malgré les obligations européennes (Règlement (UE) n ° 1143/2014)¹³. Dans ce contexte, les nouvelles introductions primaires d'ENI se poursuivent (Massé et al., 2023).

Sur la base de ces différents éléments (tableau 6), le risque d'IR est par conséquent qualifié de « modéré à fort » aujourd'hui en France métropolitaine, comparativement à celui des autres thématiques de dégradation considérées dans le cadre de l'AES-DCSMM. Sur la façade MED, la situation est similaire. Compte tenu de l'ampleur et de la sensibilité des activités professionnelles (aquaculture) et récréatives (pêche de loisir) des populations littorales de cette façade, l'importance des populations exposées est qualifiée de « réduite ». Les dommages résultant de la pré-

12 <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/du-cote-de-la-mise-en-oeuvre-des-conventions-et-directives-internationales-sur-la-gestion-des-eaux-de-ballast-et-des-biosalissures/>

13 Une réflexion est toutefois en cours : voir Thévenot et al., 2022. La création d'un système de surveillance est prévue par la Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes de 2017 et le Plan d'action pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes (2022-2030).

sence d'ENI sont d'ailleurs, semble-t-il, moins perceptibles pour les populations littorales¹⁴ que ceux relatifs aux autres questions environnementales.

Espèces non-indigènes invasives		FINALITE > Prévenir, contrôler, réduire l'introduction et la propagation des espèces non-indigènes invasives	
DIMENSIONS	Critères considérés	Indices - MED	Indices - FRA
Programme politique (1)	Cadre réglementaire (France, UE)	np	↓
	Agenda politique (France)	np	→
Action publique (effectivité)	Dispositifs maritimes et portuaires	●	●
	Dispositifs à l'interface terre-mer	●	●
	Suivi de l'état de l'environnement	●	●
	Contrôle des activités, des usagers	●	●
	Répression des atteintes à l'env.	●	●
Action publique (efficacité)	Réduction des pressions (comportements)	●	●
	Réduction des impacts (milieu marin)	●	●
Problème public	Perceptions, représentations des risques	●	●
Risque d'impacts résiduels (2) >		Modéré, fort	Modéré, fort
Exposition aux risques	Population littorale, à titre professionnel	●	●
	Population littorale, à titre récréatif	●	●
Importance des populations potentiellement exposées (3) >		Réduite	Réduite

(1) Remarque : le programme politique n'est pas considéré pour la qualification du risque d'IR

(2) Classes de risque d'impacts résiduels

- [0-1] : Risque faible
- [1-2] : Risque modéré
- [2-3] : Risque fort

(3) Classes d'exposition au risque d'impacts résiduels

- [0-1] : Populations de taille réduite
- [1-2] : Populations de taille modérée
- [2-3] : Populations de taille importante

Règle de qualification (risque d'impacts résiduels)

Faible	≥ 62,5% des critères sont en "risque faible" ET autres classes ≤ à 37,5%
Faible à modéré	Entre 25% et 62,5% des critères sont en "risque faible" ET en "risque modéré"
Modéré	≥ 50% des critères sont en "risque modéré" ET autres classes ≤ à 25%
Modéré à fort	Entre 25% et 62,5% des critères sont en "risque modéré" ET en "risque fort"
Fort	≥ 62,5% des critères sont en "risque fort" ET autres classes ≤ à 37,5%

Tableau 6 - Qualification du risque d'impacts résiduels et de l'importance des populations exposées à ce risque pour la thématique de dégradation considérée (source : voir rapport scientifique AES-DCSMM)

14 D'après Massé et al. (2023), moins de 2 % des ENI invasives répertoriées ont également des impacts documentés.

4. Synthèse

L'évaluation des différents types de coûts aboutit à un total annuel de l'ordre de 1,4 millions d'euros en moyenne sur la période 2017-2021 pour la façade maritime Méditerranée. Le bilan national atteint pour sa part un montant de près de 3 millions d'euros. La façade Méditerranée concentre ainsi près de la moitié des coûts métropolitains associés aux espèces non-indigènes invasives en milieu marin (48%). Les données précisant la nature de ces coûts sont détaillées dans le tableau 7.

Tableau 7. Synthèse des coûts liés à la dégradation des espèces non-indigènes en milieu marin pour la façade Méditerranée aux cycle 2 (2012-2016) et 3 (2017-2021) - en Euros

Type de projet	Espèce(s) concernée(s)	Coût annuel moyen cycle 2	Coût annuel moyen cycle 3	Evolution entre le cycle 2 et le cycle 3
Coûts de suivi et d'information				
Expertise DCSMM (dont Programme de Surveillance D2 ENI)	Toutes ENI confondues	86 820	28 400	-67%
Coordination MTE ENI	Toutes ENI confondues	X	8 018	Nouveau coût pour le cycle 3
Coordination OFB ENI	Toutes ENI confondues	X	2 657	Nouveau coût pour le cycle 3
Réseau « Alien-Corse »	Initialement caulerpe puis étendu depuis 2015 à 49 des espèces non-indigènes invasives (principalement <i>Caulerpa cylindracea</i> , <i>Percnon gibbesi</i> , <i>Callinectes sapidus</i> , <i>Fistularia commersoni</i> , <i>Parablennius pilicornis</i> , <i>Signanus luridus</i> & <i>S. rivulatus</i> , <i>Aspargopsis armata</i> & <i>A. taxiformis</i> , <i>Codium fragile</i> , <i>Womersleyella setacea</i> et <i>Meniopsis leydii</i>)	27 100	32 900	+21,4%
ANR	Poisson lapin (<i>Siganus spp</i>), Poisson flûte (<i>Fistularia commersonii</i>)	91 300	54 780	-40%
Projet CLIM-ECO ² + thèse	<i>Pterois miles</i> , <i>Siganus luridus</i> , <i>Siganus rivulatus</i> , <i>Fistularia commersonii</i> , <i>Lagocephalus sceleratus</i> , <i>Kyphosys sectatrix</i>	X	38 800	Nouveau coût pour le cycle 3

Suivi de la nacre	Protozoaire parasite (genre <i>Haplosporidium</i>)	X	27 000	Nouveau coût pour le cycle 3
Suivi par plongée dans le port de Toulon	<i>Oculina patagonica</i>	X	1 176	Nouveau coût pour le cycle 3
Publication suite aux signalements et observations dans le PNMGL	Crabe bleu (<i>Callinectes sapidus</i>)	X	Inclus dans le coût de la recherche ENI et coût des PNM (thématique « Biodiversité »)	Nouveau coût pour le cycle 3
Programme de surveillance Biolit	Toutes les ENI	X	Voir thématique « Biodiversité »	Nouveau coût pour le cycle 3
Thèse + stages	Zooplancton gélatineux (<i>Mnemopsis leidy</i>)	70 000	X	Pas de coût pour le cycle 3
Surveillance annuelle, de prévention et de sensibilisation commune du Pradet	Caulerpe (<i>Caulerpa taxifolia</i>)	5 900	X	Pas de coût pour le cycle 3
Stage de Master 2	Rascasse (<i>Pterois spp.</i>)	2 500	X	Pas de coût pour le cycle 3
Observatoire sur la caulerpe	Caulerpe (<i>Caulerpa taxifolia</i>)	25 000	X	Pas de coût pour le cycle 3
Recherche ¹⁵	Toutes ENI confondues	1 035 996	990 000	-4,4 %
Total actions de suivi et d'information		1 344 616	1 183 731	-12 %
Coûts d'évitement et de prévention				
Formations CDREEE	Toutes ENI confondues	X	7 417	Nouveau coût pour le cycle 3
OFB	Toutes ENI confondues	X	20 201	Nouveau coût pour le cycle 3
Total actions d'évitement et de prévention		X	27 618	X
Coûts de remédiation				
Coût des opérations de contrôle de <i>Caulerpa taxifolia</i> dans le Parc National de Port-Cros	Caulerpe (<i>Caulerpa taxifolia</i>)	150 000	150 000	Coût non réactualisé faute de données
Restauration de la nacre	Protozoaire parasite (genre <i>Haplosporidium</i>)	X	45 000	Nouveau coût pour le cycle 3
Coût de nettoyage des	Huître creuse, crépidule	Voir	Voir	

¹⁵ Coût du personnel de recherche lié à la thématique « ENI marines » estimé à partir de l'analyse bibliométrique (AMURE, 2022).

concessions conchylicoles et de campagnes de lutte (ramassage) crépidule et sargasse	et sargasse	thématique « Ressources conchylicoles »	thématique « Ressources conchylicoles »	
Total actions de remédiation		150 000	195 000	+30%
TOTAL		1 494 616	1 406 349	-5,9 %

Il apparaît délicat de comparer directement l'importance relative des différents types de coûts liés aux ENI du fait :

- de la méconnaissance des impacts environnementaux des ENI, y compris en termes de réduction de la biodiversité marine ;
- de coûts des impacts résiduels de la caulerpe, regroupant les pertes économiques de la pêche professionnelle liées à la réduction des captures et à un surcroît de nettoyage des filets, qui sont exprimés au niveau individuel (coût annuel moyen par pêcheur), et les pertes économiques liées à la réduction des usages récréatifs ;
- de l'absence de données quantitatives pour certains coûts, notamment en raison du fait que la collecte des données soit faite sur la base du volontariat. Le taux de réponse des organismes de recherche menant des projets de suivi en lien avec la thématique ENI est de 73% au niveau national. Ce taux varie entre 50% pour la façade MEMN et 80% pour la façade SA, où il est le plus élevé. Il est respectivement de 60% et 67% pour les façades NAMO et MED ;
- de l'affectation de certains coûts liés aux ENI dans d'autres thématiques de l'AES : « Biodiversité » (PNM, Programme Biolit), « Ressources conchylicoles » (coûts de nettoyage des concessions conchylicoles) et « Questions sanitaires » (coûts du réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY) de l'IFREMER) ;
- des périodes parfois différentes à partir desquelles les coûts moyens ont été estimés.

Il semblerait que l'on soit encore actuellement dans une phase de caractérisation de la pression (cf. mise en place progressive de suivis dans la cadre du Programme de Surveillance) et non de mise en place d'actions de gestion de cette pression.

5. Remerciements

Nous tenons à remercier A. Barcelo (Parc National de Port-Cros), J. Donini (Office de l'Environnement de la Corse), S. Planes (CRIOBE), V. Raybaud (ECOSEAS, Université côte d'Azur), C. Massé (UMS PatriNat), E. Sarat (UICN France) pour leurs apports sur les caractéristiques et montants des travaux de recherche sur les espèces invasives marines sur la façade MED.

6. Références

Dutartre A., Mazaubert E., Spiegelberger T., 2010. Évaluation critique des politiques publiques mises en œuvre pour gérer les espèces envahissantes. *Sciences Eaux & Territoires* 2010/3, pages 140 à 145.

Guérin L., Massé C. (2017) « Evaluation 2018 de la pression biologique par les espèces non indigènes marines en France Métropolitaine », Muséum National d'Histoire Naturelle (UMS 2006 Patrimoine Naturel), stations marines de Dinard et d'Arcachon, France.

Labruno C., Amilhat, E., Amouroux, J. M., Jabouin, C., Gigou, A., Noël, P. (2019). The arrival of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), in the Gulf of lions (Mediterranean Sea). *BioInvasions Records*, 8(4), 876-81.

Lemieux V., 2009. *L'étude des politiques publiques: les acteurs et leur pouvoir*. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 3^{ème} édition revue et augmentée, 201 pages.

Massé C, Guérin L. (2018). Evaluation du descripteur 2 « espèces non indigènes » en France métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM. MNHN (UMS Patrimoine Naturel). Stations marines de Dinard et d'Arcachon. 141 pages.

Massé C., Viard F., Humbert S., Antajan E., Auby, I., Bachelet G., Bernard G., Bouchet V.M.P., Burel T., Dauvin, J.-C. et al., 2023. An Overview of Marine Non-Indigenous Species Found in Three Contrasting Biogeographic Metropolitan French Regions: Insights on Distribution, Origins and Pathways of Introduction. *Diversity*, 15:161. <https://doi.org/10.3390/d15020161>

Pisanu B., Massé C., Thévenot J., Bachelet G., Bierne N., Curd A., Guérin L., Gouillieux B., Labruno C., de Montaudouin X., Nowaczyk A., Pezy J.-P., Raybaud V., Viard F., Vincent D., Souquière A. (2020). Proposition d'espèces non indigènes pour les façades maritimes du territoire métropolitain à soumettre à réglementation. Note technique, non publiée. UMS Patrimoine Naturel, 18 p.

Thévenot, J. Pisanu B & Wroza, S. 2022. Surveillance des espèces exotiques envahissantes en France et en outre-mer. PATRINAT, Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel, Paris, 62 pages + annexes.

7. Annexes

Annexe 1. Estimation du salaire brut moyen pour la fonction publique d'Etat et territoriale (source : INSEE¹⁶)

Salaires bruts mensuels (en EQTP) pour un taux de charges patronales de 41% et des frais d'environnement de 25%.

Année de référence	Fonction publique d'Etat (ministères et établissements publics)	Fonction publique territoriale
2017	5 202 €	3 928 €
2018	5 295 €	4 017 €
2019	5 345 €	4 084 €

Annexe 2. Méthodologie de l'analyse bibliométrique réalisée pour l'estimation des coûts de la recherche (AMURE : voir fiche Recherche)

1- Calcul du budget total :

Le calcul du budget total de la recherche publique est présenté dans la fiche « Recherche Publique » du chapitre utilisation de nos eaux.

Le budget national de la recherche marine est estimé à 650 millions d'euros.

2 – Répartition du budget total par thème de dégradation et par façade

Pour cette répartition nous nous sommes appuyés sur une analyse bibliométrique. Nous avons effectué une recherche sur Web of Science des publications portant sur le milieu marin et avons restreint ce champ avec des mots clés correspondant à chaque thème¹⁷. Ce qui nous permet de calculer une clé de répartition du budget par thème. En appliquant les règles suivantes :

- Une publication présente dans plusieurs thèmes est répartie entre eux ;
- Exception pour le thème biodiversité, son poids est attribué aux autres thèmes ;
- Exception pour les publications communes entre Organismes pathogènes microbiens et Ressources Conchylicoles, leur poids est attribué au thème ressources conchylicoles.

Nationale	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine)	18462
Macrodéchets	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("solid waste" OR debris OR trash OR plastic OR rubbish OR garbage OR macrowaste OR macro-waste OR "macro waste" OR litter OR "waste material") NOT TS=("genetic*" OR "paleo*" OR "phenotyp*") NOT SU=(Geology)	547

¹⁶ Données accessibles via : [En 2018, le salaire net moyen dans la fonction publique baisse de 1,0 % en euros constants - Informations rapides - 81 | Insee](#) ; [En 2019, le salaire net moyen dans la fonction publique est stable en euros constants - Informations rapides - 080 | Insee](#)

¹⁷ Recherche bibliométrique effectuée le 13/04/2023.

Micro-polluants	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(pollution OR contamination) AND TS=(micropollutant* OR micro-pollutant* OR contaminant* OR chemical* OR metal* OR pesticide OR herbicide OR residues OR medicine OR drugs OR fungicide OR antifouling OR "endocrine disruptors")	576
Pathogènes	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(pathogen* OR germs OR virus OR "e. coli" OR "Escherichia coli" OR "Enterococcus" OR "ASP toxin*" OR "PSP toxin*" OR "DSP toxin*" OR "harmful alg*" OR phycotoxin* OR biotoxin* OR "algal *toxin*" OR neurotox*)	764
Marées noires et rejets illicites	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(spill OR spills OR "accidental pollution" OR "accidental discharge*" OR "accidental effluents" OR "illicit pollution" OR "illicit discharge*" OR "illicit effluents" OR "oil slick*" OR "chemical slick*") NOT TS=(radionuclid*)	92
Espèces invasives	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("invasive species" OR "alien species" OR "non-native species" OR "exotic species")	194
Ressources halieutiques	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(fisher* OR fishing OR halieutic) AND TS=(landing* OR biomass OR recruitment OR stock OR management OR effort OR yield* OR quota* OR mortalit* OR gear* OR metier* OR métier*)	1259
Ressources conchylicoles	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(oyster* OR mussel* OR shellfish*)	648
Introduction d'énergie et perturbation hydrologiques	(CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(modification OR perturbation OR disturbance) AND TS=(hydrodynamic OR hydrological OR temperature OR salinity) AND TS=(environment* OR ecology*)) OR (CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(impact OR pressure) AND TS=(sound OR electromagnet* OR acoustic OR heat OR sonar) AND TS=(environment* OR ecology*))	252
Biodiversité et intégrité des fonds	(CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(biodiversity OR habitat* OR ecosystem* OR species)) OR (CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(modification OR perturbation OR disturbance OR integrity OR pressure OR impacts OR damage) AND TS=(seabed OR seafloor OR soft-bottom OR hard-bottom) AND TS=(environment* OR ecology*))	6909
Eutrophisation	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(eutrophication OR hypertrophication OR "green tide*" OR "marée verte*" OR "green alg*" OR ((nitrate OR phosphate OR "organic matter") AND (excess OR hypoxia OR anoxia OR "algal bloom*")))	384

Cette analyse nous permet de construire une clé de répartition du budget par thème de dégradation :

Macro-déchets	Micropolluants	Organismes Pathogènes	Marées noires et rejets illicites	Espèces non indigènes	Ressources halieutiques
---------------	----------------	-----------------------	-----------------------------------	-----------------------	-------------------------

		Microbiens			
2,18%	2,52%	3,35%	0,45%	0,85%	6,13%
Ressources conchyliques	Introduction d'énergie	Biodiversité	Eutrophisation	Aucun	
2,70%	1,14%	24,12%	1,69%	54,87%	

Nous obtenons donc un budget par thème de dégradation. Qui sont ensuite répartis par SRM pour chaque thème de dégradation grâce à une autre analyse bibliométrique construite de la même manière.

Nationale	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine)
MEMN	CU=(France) AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("north sea" OR channel OR "Hauts-de-France" OR seine OR "pas-de-calais" OR normand* OR Picard* OR somme OR manche OR Calvados OR "le havre" OR Boulogne OR dunkerque OR Cherbourg OR saint michel OR Calais OR Boulogne OR "Normano-Breton Gulf" OR saint malo OR chausey OR seine)
NAMO	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("bay of Biscay" OR channel OR Brittany OR "north atlantic" OR "celtic sea*" OR iroise OR Brest OR vilaine OR armor OR finistère OR saint michel OR saint brieuc OR Morlaix OR nantes OR Lorient OR Morbihan OR vendee) NOT TS=(arctic OR polar)
SA	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=("bay of Biscay" OR atlantic OR Aquitaine OR charent* OR "basque country" OR loire OR Gironde OR Garonne OR Bordeaux OR "cantabrian sea" OR arcachon OR lande* OR "golfe de gascogne" OR arcachon) NOT TS=(antilles OR caribbean* OR america OR indian OR baltic OR pacific OR arctic OR polar)
MED	CU=France AND TS=(ocean OR littoral OR coast* OR marine) AND TS=(mediterran* OR corsica OR camargue OR riviera OR rhone OR languedoc OR provence OR herault OR "golfe of lion") NOT TS=(adriatic OR egean OR maghreb) NOT TS=(lagoon* OR laguna*)

Comme pour la répartition par thème, nous obtenons une clé de répartition du budget par SRM.

	Eutrophisation	Biodiversité et intégrité des fonds	Hydrodynamisme et introduction d'énergie	Conchyliculture	Ressources halieutiques	Espèce Non Indigènes	Marées noires et rejets illicites	Organismes pathogènes	Micropolluants	Déchets
France	67,7%	69,6%	65,1%	65,1%	62,3%	59,8%	75,0%	80,5%	67%	64%
MEMN	8,8%	4,2%	4,9%	6,5%	7,3%	7,3%	7,2%	3,0%	3%	7%

NAMO	9,7%	5,5%	5,7%	7,7%	7,0%	7,0%	6,7%	5,0%	4%	5%
SA	7,9%	9,7%	10,3%	10,5%	12,0%	7,8%	4,7%	4,6%	8%	7%
MED	6,0%	11,1%	14,0%	10,2%	11,5%	18,0%	6,3%	6,9%	18%	17%

3. Synthèse

Macro-déchets	
MEMN	970 000
NAMO	760 000
SA	1 020 000
MED	2 350 000
Total	5 100 000

Micro-polluants	
MEMN	570 000
NAMO	610 000
SA	1 360 000
MED	2 870 000
Total	5 410 000

Espèces non-indigènes	
MEMN	400 000
NAMO	390 000
SA	430 000
MED	990 000
Total	2 210 000

Ressources halieutiques	
MEMN	2 890 000
NAMO	2 780 000
SA	4 780 000
MED	4 580 000
Total	15 030 000

Biodiversité et intégrité des fonds	
MEMN	6 540 000
NAMO	8 640 000
SA	15 140 000
MED	17 400 000
Total	47 720 000

Eutrophisation	
MEMN	970 000
NAMO	1 060 000
SA	870 000
MED	660 000
Total	3 560 000

Pathogènes microbiens	
MEMN	660 000
NAMO	1 100 000
SA	990 000

Marées Noires et rejets illicites	
MEMN	210 000
NAMO	200 000
SA	140 000

MED	1 500 000
Total	4 250 000

MED	190 000
Total	740 000

Ressources conchylicoles	
MEMN	1 140 000
NAMO	1 350 000
SA	1 840 000
MED	1 780 000
Total	6 110 000

Hydrodynamisme et introduction d'énergie	
MEMN	360 000
NAMO	420 000
SA	770 000
MED	1 040 000
Total	2 590 000