



RÉSEAU ALIEN CORSE
RETA ALIEN CORSICA

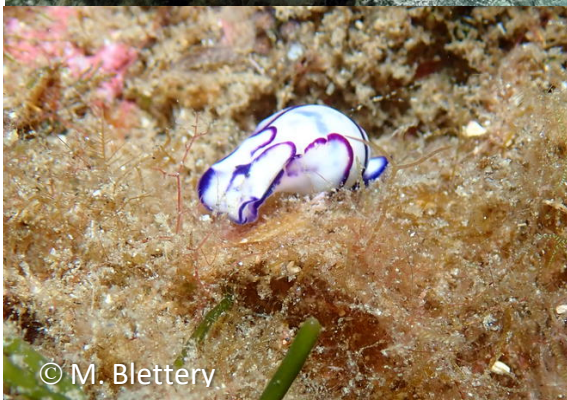
Rapport d'Activités 2022 & 2023



© G. Pergent



© JG. Harmelin



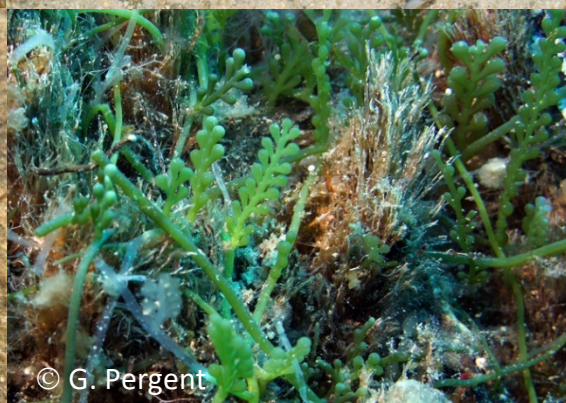
© M. Blettery



© E. Jiroux



© A. Joset



© G. Pergent

Serena ANDRE & Christine PERGENT-MARTINI

Décembre 2023

Réseau Alien Corse

Rapport d'Activité 2022-2023

Étude commandée et financée par :

Office de l'Environnement de la Corse
14 Avenue Jean Nicoli
20250 CORTE

Cette opération s'inscrit dans le cadre du protocole de partenariat entre l'Office de l'Environnement de la Corse, l'Université de Corse Pasquale Paoli et de la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins, relatif au déploiement du « Réseau Alien Corse ».

Responsable scientifique pour l'UCPP :

Dr. Christine Pergent-Martini, MCf, EqEL – UMR 6134 SPE, Université de Corse Pasquale Paoli (UCPP)

Participants pour l'UCPP :

Dr. Briac Monnier – MCf, UMR 6134 SPE, UCPP
Serena André – Ingénieure d'étude contractuelle, UMR 6134 SPE, UCPP

Ce rapport doit être cité sous la forme :

André S., Pergent-Martini C., 2023. Réseau Alien Corse – Rapport d'activités 2022 & 2023. Convention Université de Corse Pascal Paoli, FFESSM & OEC, UCPP 2023-083, Corte : 1-60.

Sommaire

1. Rappel du contexte	1
2. Recensement des signalisations	3
A. Démarche suivie.....	3
B. Résultats de la campagne Mai 2022– Avril 2023	4
C. Résultats de la campagne Mai– Novembre 2023	9
3. Actions de communication	13
A. Communication « grand public »	13
B. Cession de formation des partenaires de la FFESSM	14
C. Approches scientifiques	15
4. Bilan du RAC (2017-2023)	16
5. Synthèse et perceptives.....	22
6. Bibliographie.....	26
7. Annexes	29
A. Annexe 1 : Liste des signalisations retenues et validées sur la période d'étude Mai 2022– Avril 2023	29
B. Annexe 2 : Liste des signalisations retenues et validées sur la période d'étude Mai– Novembre 2023.....	33
C. Annexe 3 : Fiches signalisations créées pour les espèces nouvellement observées.....	35
D. Annexe 4 : Valorisation scientifique des résultats du RAC dans une publication	36

1. Rappel du contexte

Le terme "Espèce Non Indigène" (ENI) fait référence à toute espèce animale ou végétale présente en dehors de son habitat naturel, avec une discontinuité spatiale et non une extension de sa zone d'origine (Guérin *et al.*, 2012). Les ENI peuvent être divisées en deux catégories : celles établies qui se reproduisent dans leur nouvel habitat, sans nécessairement être envahissantes, et les ENI invasives (aussi appelées proliférantes ou espèces exotiques envahissantes - EEE), qui sont des ENI établies dont l'abondance et/ou l'aire de répartition dans leur nouveau territoire augmentent de manière significative et rapide, pouvant même modifier la structure ou le fonctionnement de leur environnement. Une ENI est donc une espèce allogène (ou introduite, exotique, étrangère, non autochtone ou « alien ») observée dans un nouveau biotope (PNUE-PAM-Plan Bleu, 2009).

D'après le rapport de l'IPBES du 4 septembre 2023, plus de 37 000 ENI établies ont été recensées dans le monde, comprenant plus de 3 500 EEE dont les impacts sont documentés. Actuellement, environ 200 nouvelles ENI sont enregistrées chaque année. Ces espèces sont particulièrement préjudiciables sur les îles, où elles sont responsables de nombreuses extinctions et de perte de biodiversité. Les activités humaines continuent de favoriser ces invasions biologiques, et si les tendances actuelles se maintiennent, le nombre d'espèces exotiques devrait augmenter de 36 % d'ici 2050 (IPBES, 2023). En milieu marin, la lutte contre les ENI, s'avère très complexe en raison notamment de la connectivité du milieu. En effet, les courants et autres facteurs peuvent faciliter la dispersion et l'établissement des ENI, rendant ainsi leur contrôle plus complexe. Ces espèces représentent une menace majeure pour la biodiversité marine (PNUE-PAM-Plan Bleu, 2009), car elles accélèrent le déclin des espèces autochtones, provoquant ainsi des pertes et des extinctions de populations, à l'échelle locale, sinon à l'échelle mondiale.

Avec les coûts économiques mondiaux des EEE, qui ont quadruplé chaque décennie depuis 1970, la majorité des pays intègrent des objectifs de gestion des invasions biologiques dans leurs stratégies et plans nationaux pour la biodiversité, dont 74 % sont alignés sur l'Objectif 9 d'Aichi pour la biodiversité (IPBES, 2023). Aussi, cette problématique a été récemment soulignée dans l'objectif 6 du Cadre mondial de Kunming-Montréal visant à réduire les taux d'introduction et d'établissement d'EEE d'au moins 50 %. En France, l'inclusion de descripteurs et d'indicateurs d'ENI dans les instruments politiques (e.g. Convention pour la Diversité Biologique - CBD, 2002 ; Directive Cadre « Stratégie pour le milieu marin » 2008/56/EC ; Règlement UE 1143/2014) a créé des obligations de déclaration au niveau national et déclenché une vague d'activités scientifiques consacrées à leur détection, leur quantification, l'exploration et l'atténuation de leurs impacts (Zenetos & Galanidi, 2020).

La prévention demeure la méthode privilégiée pour faire face aux EEE. Cependant, lorsque la prévention échoue ou n'est pas possible, il est crucial d'instaurer une surveillance et une détection précoce pour réduire à la fois le nombre et l'impact négatif de ces espèces (IPBES, 2023). Le rapport de l'IPBES souligne que ces mesures sont particulièrement essentielles dans les environnements marins et connectés où la propagation des EEE peut être rapide.

C'est dans ce contexte de détection des ENI que le Réseau Alien Corse (RAC) a été initié depuis 2015, à l'initiative de l'Office de l'Environnement de la Corse, en partenariat avec l'Université de Corse Pascal Paoli, la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins de Corse, le Centre d'éducation à l'Environnement « U Marinu ». Le RAC permet :

- Une surveillance de l'ensemble du littoral de la Corse afin de détecter aussi précocement que possible toute arrivée d'ENI,
- Un suivi de l'expansion et de la colonisation des ENI déjà présentes et,
- Une mise à disposition des partenaires de documents visant à les appuyer dans leurs actions d'information et de sensibilisation du public.

Ce rapport constitue le bilan des actions menées dans ce domaine. Il comporte plusieurs parties : une synthèse et une analyse des signalisations sur la période de Mai 2022 à Avril 2023 afin de pouvoir comparer les éléments recueillis avec ceux des années antérieures, et les signalisations recueillies entre Mai et Novembre 2023, ainsi qu'un bilan de l'évolution du RAC depuis sa création en 2017.

2. Recensement des signalisations

L'objectif des campagnes de signalisation est de repérer le plus tôt possible l'arrivée de nouvelles ENI sur les côtes corses. Depuis l'établissement du RAC, les méthodes scientifiques et les approches adoptées restent inchangées, et tel que détaillé dans les rapports précédents (e.g. Monnier & Pergent-Martini, 2016 ; Barralon & Pergent-Martini, 2017). Il est toutefois important de noter que des améliorations ont été apportées afin de simplifier la collecte d'informations, d'assurer une meilleure traçabilité des données et d'élargir le groupe d'observateurs (Viel *et al.*, 2019 ; Barralon *et al.*, 2020 ; Barralon & Pergent-Martini, 2021).

A. Démarche suivie

La démarche adoptée est brièvement résumée dans le schéma ci-après (Figure 1) :

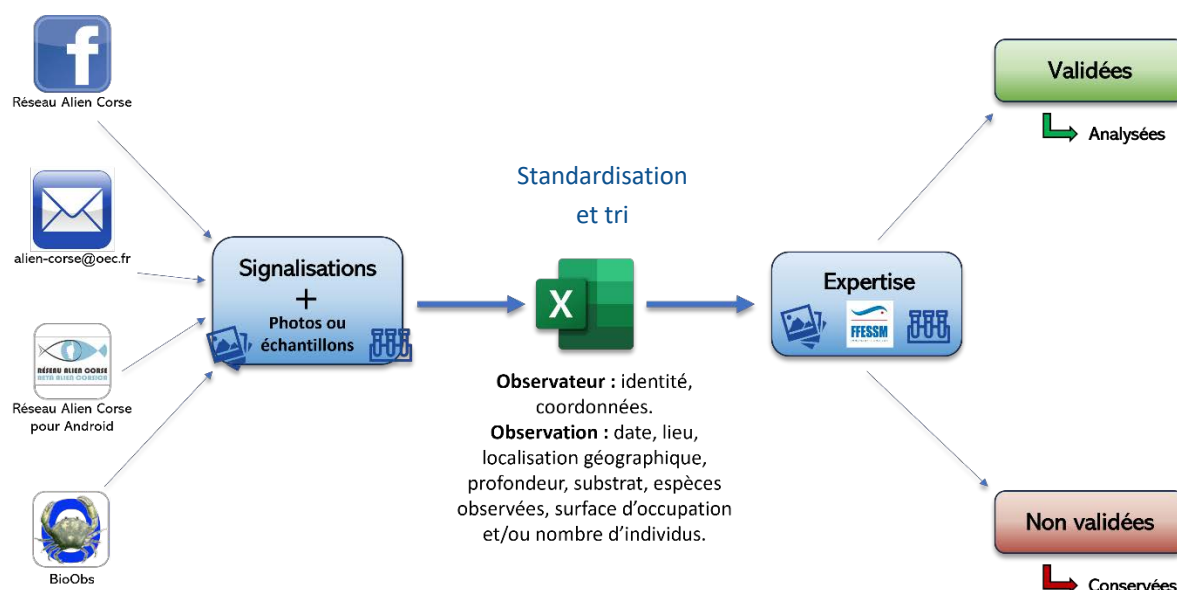


Figure 1 : Illustration de la démarche adoptée lors du recensement des signalisations, comprenant l'obtention des données, la standardisation, le tri et la validation ou non des signalisations.

Lors de signalisations non validées du fait de l'absence de preuve (photographie, prélèvement, validation par une personne qualifiée) de la détermination exacte de l'espèce observée, des échanges sont réalisés afin de préciser les critères morphologiques relatifs à l'espèce observée. En outre, si plusieurs signalements convergent vers une même espèce dans une zone géographique proche, une intensification des observations de la zone est demandée à tous les partenaires du RAC, afin de confirmer éventuellement la signalisation.

Pour éviter une « sur-représentation » des sites régulièrement fréquentés par les clubs de plongée, pour les espèces fixées (principalement des macrophytes), seule la première signalisation est retenue sur la période de recensement (Mai– Avril, Mai– Novembre ou 2017

à 2023 pour la partie bilan), pour une espèce donnée dans un site spécifique (coordonnées GPS identiques). En revanche, toutes les signalisations concernant des espèces mobiles sont prises en compte, car elles peuvent impliquer différents individus.

B. Résultats de la campagne Mai 2022– Avril 2023

Après suppression des doublons, 129 signalisations ont été reçues sur la période Mai 2022–Avril 2023 (Annexe 1), ce qui est comparable à la situation de 2021-2022 (Figure 2). Depuis l'année 2020-2021, c'est-à-dire à l'issue du confinement lié à la COVID-19, les observations sont en augmentation par rapport aux années antérieures à 2020.

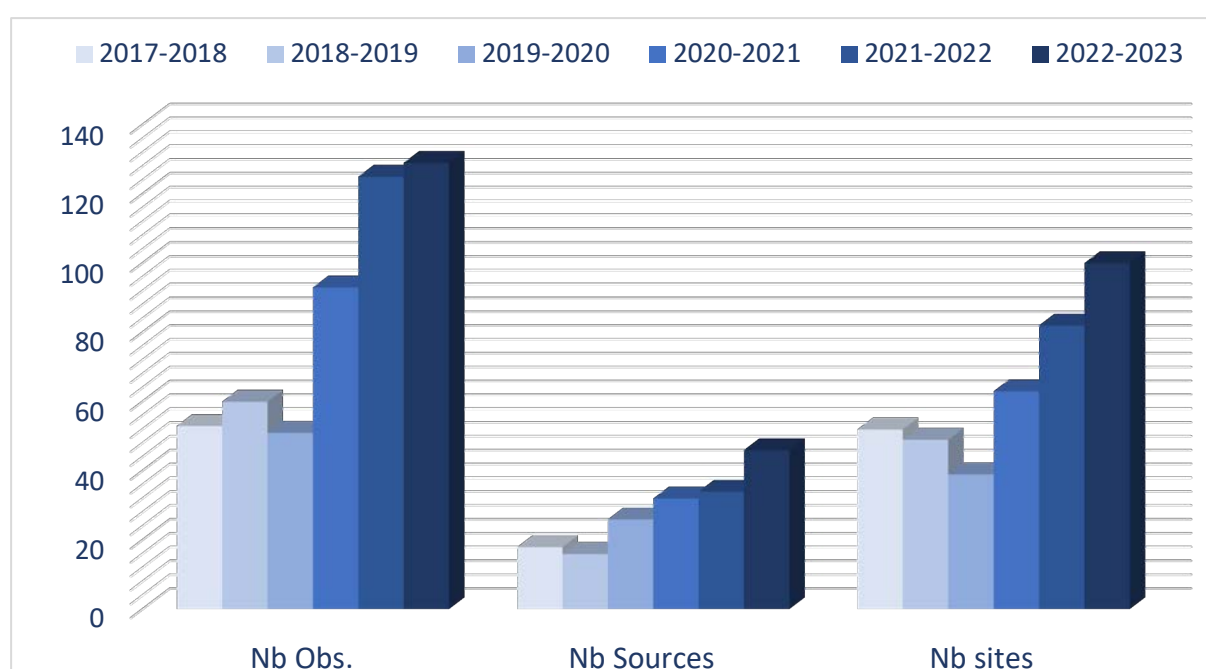


Figure 2 : Évolution au cours du temps du nombre d'observations (Nb Obs.), du nombre d'observateurs (Nb Sources) et du nombre de sites d'observation (Nb Sites) entre 2017 et 2023. Les observations sont annuelles et rapportées à la période Mai année⁻¹ à Avril année en cours.

Le nombre de sources montre une hausse continue et assez marquée par rapport aux années précédentes (Figure 2) avec un total de 45 observateurs. Il en est de même pour le nombre de sites d'observation avec 18 nouveaux sites recensés au cours de la campagne (soit 22 % de plus que lors de la campagne précédente).

La distribution saisonnière des signalisations reste inchangée avec un maximum de signalisations lors de la période estivale (e.g. meilleures conditions météorologiques, fréquentation accrue ; Figure 3). Les mois de juillet et août rassemblent à eux seuls plus de 50 % des observations de la période d'étude. Cette répartition saisonnière s'avère plus marquée que lors de la campagne précédente, avec cependant une valeur assez basse en juin par rapport aux données antérieures mais plus élevée en octobre. De la même manière que

lors de la campagne précédente, une légère augmentation des signalisations est enregistrée aux mois de janvier et février par rapport aux autres mois.

Parmi les 129 signalisations reçues, presque la totalité ont été validées (97 %). Seulement quatre observations ont été omises. Les trois premières concernaient *Plotosus lineatus*, *Fistularia commersonii* et *Siganus rivulatus*, pour lesquelles l'absence de documents photographiques attestant de l'exactitude de la détermination n'a pas permis de les valider.

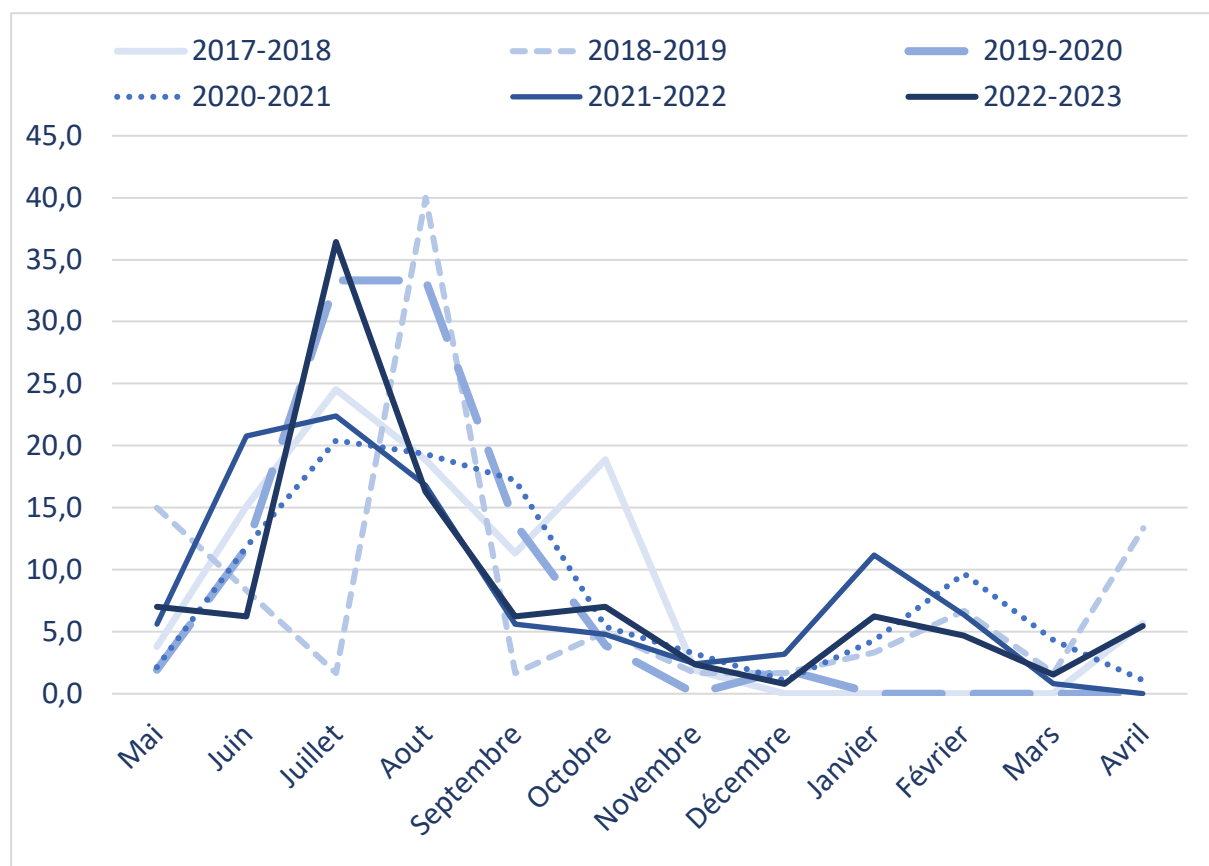


Figure 3 : Répartition des signalisations (en pourcentage) en fonction des mois, entre 2017 et 2023. La répartition des signalisations pour la période 2021-2022 est légèrement différente du dernier rapport (Pergent-Martini et Provost, 2022) en raison de la correction d'une erreur relevée dans ce dernier.

La dernière signalisation non validée concerne *Sparisoma cretense*, (Figure 4) une espèce encore assez rare le long du littoral de la Corse, mais qui n'est pas considérée comme une ENI. En effet, il n'existe pas de discontinuité géographique dans l'aire de répartition de cette espèce autochtone aux eaux chaudes du Sud et de l'Est de la Méditerranée.



Figure 4 : Photographie de *Sparisoma cretense*, espèce non considérée comme ENI (© DORIS).

Sur la période d'étude, seulement huit espèces différentes ont fait l'objet de signalisation (Figure 5).

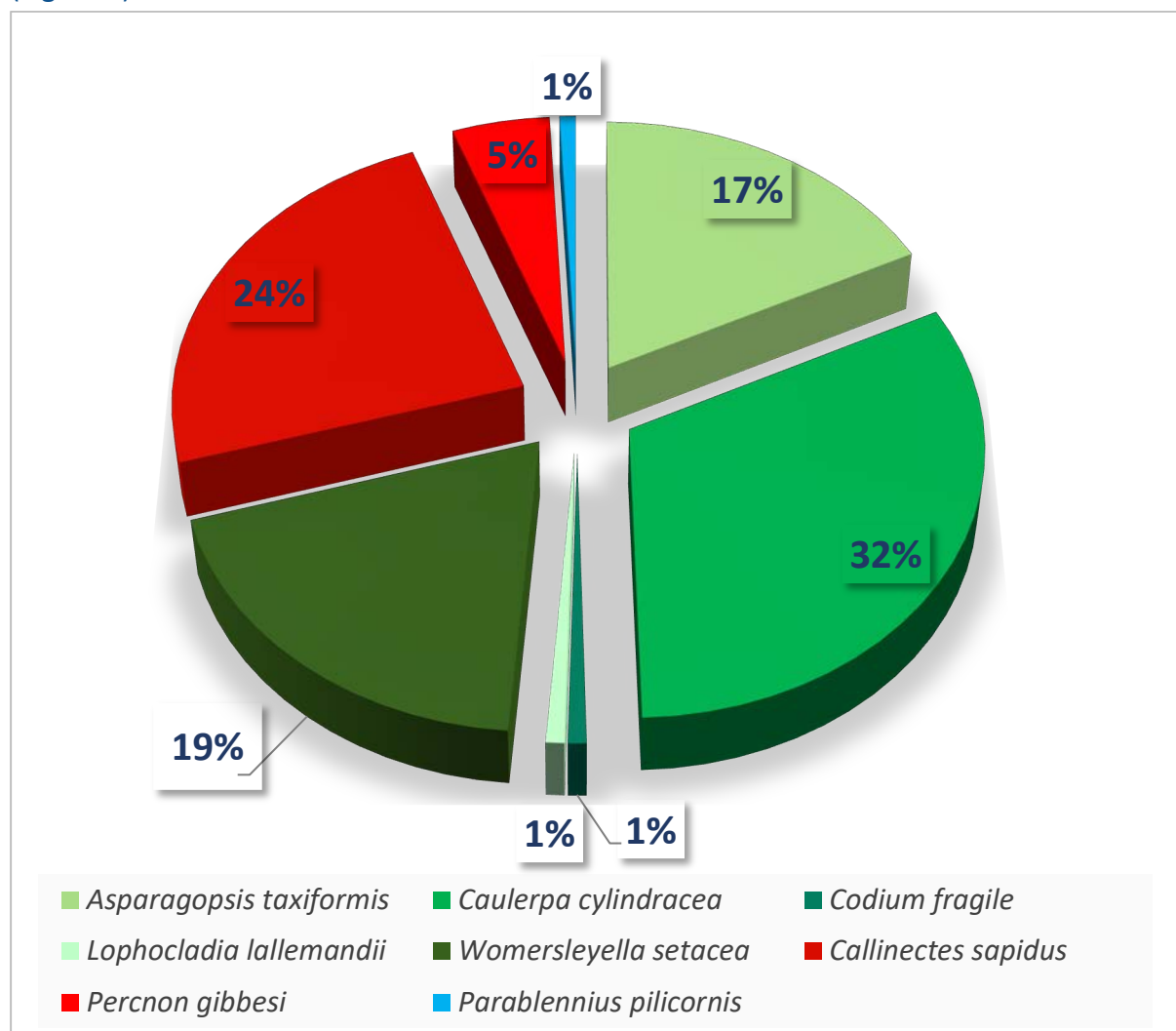


Figure 5 : Répartition des signalisations par espèces, en 2022-2023. Les couleurs sont fonction des grands groupes taxonomiques : les espèces végétales en vert, les crustacées en rouge, les vertébrés en bleu.

Les espèces majoritairement signalées (nombre de signalisations) sont, par ordre décroissant, *Caulerpa cylindracea*, *Callinectes sapidus* et *Womersleyella setacea*. Ces trois espèces représentent à elles seules 75 % (avec respectivement 32 %, 24 % et 19 %, soit 94/125) des espèces observées et validées sur la période 2022-2023 avec respectivement 40, 30 et 24 observations chacune. On enregistre une baisse des signalisations de *Caulerpa cylindracea* en pourcentage (32 % contre 45 %) ainsi qu'en nombre de signalisation (40 contre 54) par rapport à la période d'étude précédente. La grande majorité des observations (70 %) sont des signalements d'espèces végétales fixées, ce qui peut être expliqué par la plus grande facilité d'observation et de photographie de celles-ci par rapport à des espèces mobiles.

Si contrairement à la période d'observation précédente aucune nouvelle espèce n'est enregistrée au cours de la campagne 2022-2023, on note cependant une forte augmentation du nombre de signalisations de *Womersleyella setacea* (Figure 6), avec 24 signalisations (19 %) lors de cette campagne (Mai 2022– Avril 2023) contre seulement 10 (8 %) lors de la précédente. A titre de comparaison, on ne disposait que d'une seule observation, non validée, en 2017. Outre l'augmentation de la présence de cette espèce, il semble donc que son identification par les observateurs ait également progressée.



Figure 6 : Observation de *Womersleyella setacea*, en juillet 2022, à Ajaccio, par K. Lerissel.

On enregistre également une très forte augmentation du nombre de signalisations de *Callinectes sapidus*. Celle-ci est en partie due au fait que cette espèce fait l'objet d'un suivi spécifique en milieu lagunaire et que les données, relatives à sa distribution au sein des différentes lagunes de Corse, ont pu être intégrées sur la période Mai 2022– Avril 2023. En effet, 80 % des signalements proviennent du réseau de suivi de l'Observatoire Régional des Zones Humides de Corse (https://orzhc.oec.fr/Action_Callinectes_sapidus_mpage_258.htm). Si *C. sapidus* a, depuis quelques années, colonisé plusieurs étangs de la plaine orientale, l'augmentation des signalisations sur la côte Ouest (secteur de Calvi et Saint-Florent), et le Sud de la Corse (étangs de Figari et de Pisciu Cane), confirme l'extension géographique de l'espèce (pour plus de détail voir Veyssiere *et al.*, 2022). De plus, contrairement à la plupart des autres ENI, ces signalisations, régulièrement issues de captures par les pêcheurs, concernent le plus souvent plusieurs individus. Ainsi la signalisation de la lagune d'Arasu, a permis de dénombrer jusqu'à 50 individus. Les 30 signalisations de *C. sapidus* ne reflètent donc que très partiellement la taille des populations de cette espèce.



Figure 7 : Photographie de *Pinctada radiata* (© DORIS)

Depuis octobre 2022, la présence en grand nombre du mollusque *Pinctada radiata* (Figure 7) a été rapportée en Sardaigne (Garrido Marie communication personnelle ; Fortic *et al.*, 2023).

Il s'agit d'une espèce lessepsienne, dont l'aire de répartition se limitait initialement à la région Indo-Pacifique (golfe Arabo-Persique, Nord-Ouest de l'océan Indien et de la mer Rouge). Considéré comme le plus ancien bivalve lessepsien signalé en Méditerranée (Zenetos *et al.*, 2015), l'espèce a

étendu sa distribution à la majeure partie de la Méditerranée orientale et centrale (Ballesteros *et al.*, 2020). Son importation, dans de nombreuses régions de Grèce à des fins d'aquaculture, au cours du siècle dernier, a contribué à sa propagation et l'espèce est, aujourd'hui, commune en Méditerranée orientale et le long des côtes tunisiennes (Zenetos *et al.*, 2015). Plus récemment, des signalisations ont été rapportées pour l'Ouest de la Méditerranée, en particulier aux Baléares, en Catalogne, Ligurie, Sicile et au Sud de l'Italie (Ballesteros *et al.*, 2020). Concernant la Sardaigne, la première signalisation d'un spécimen isolé date de 2012 (Stasolla *et al.*, 2014). Malgré une observation en Corse (Boudouresque, 1999 ; Goulletquer, 2016), l'espèce n'a pas fait ces dernières années l'objet de signalisation. Cependant, la présence d'une population établie dans les eaux sardes (Fortic *et al.*, 2023) rend probable l'arrivée de cette espèce sur les côtes corses. Il serait donc intéressant d'y porter attention, car il semble que les fortes mortalités de *Pinna nobilis* soient propices à son développement (mêmes traits trophiques et mêmes habitats). En effet, la disparition de *Pinna nobilis*, dans la lagune du Cap Peloro, a permis une colonisation rapide par *Pinna rudis* et *Pinctada radiata*, alors que cette dernière n'avait jamais été observée dans cette lagune avant 2020 (Donato *et al.*, 2021).

La répartition géographique des signalisations est assez similaire à celles des années antérieures, avec toutefois des signalisations plus nombreuses le long de la façade orientale (Figure 8), et de nouveaux sites sur la côte occidentale (Piana, Porto, Scandola et Cargèse). Une large majorité des observations concerne toujours la Corse-du-Sud (presque 77 % soit 96 observations) et le golfe d'Ajaccio (45 % soit 56 observations).

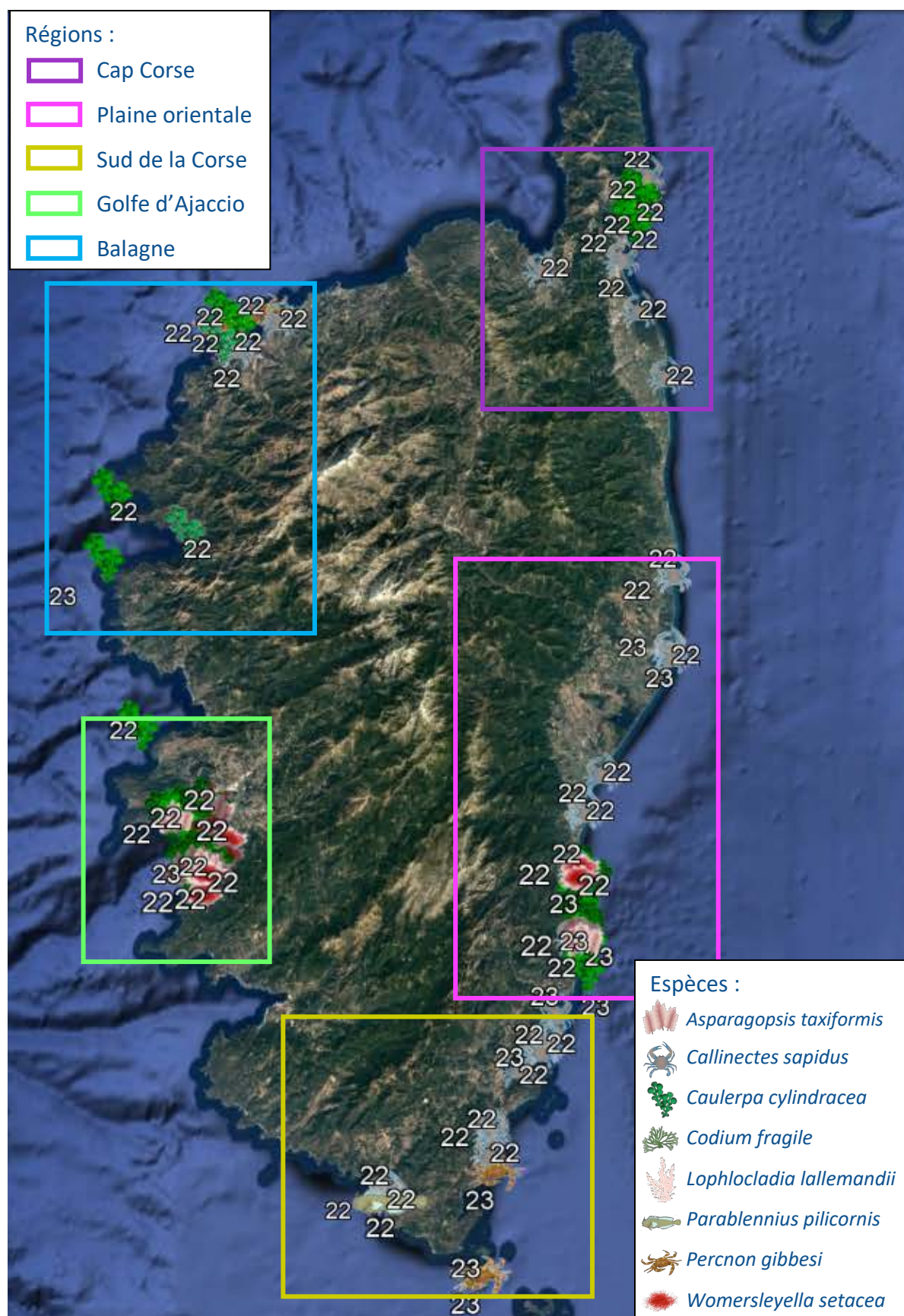


Figure 8 : Répartition des signalisations le long du littoral Corse sur la période 2022-2023.

C. Résultats de la campagne Mai– Novembre 2023

L'acquisition des données sur la période Mai– Novembre 2023 est synthétisée dans la figure 9. Au total, 103 signalisations (Annexe 2) ont été recensées et validées entre début Mai et fin Novembre.

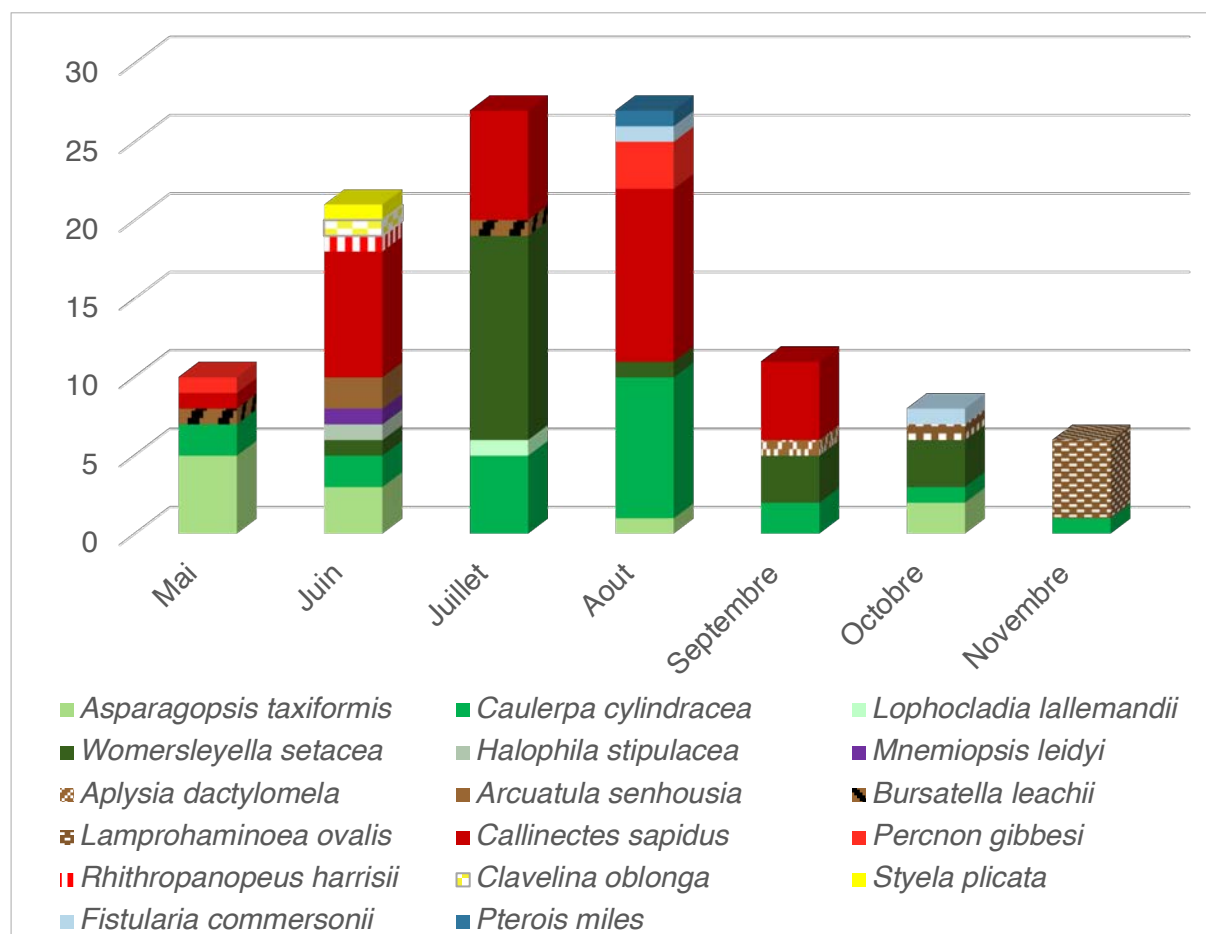


Figure 9 : Histogramme des signalisations par espèces recueillies pour la campagne Mai– Novembre 2023. Les couleurs sont, ici également, en rapport avec les groupes d'espèces, les espèces dans la gamme rouge avec motifs représentent les mollusques.

Au cours de cette fin d'année 2023, il y a eu 6 signalisations non validées. Celles concernant *Callinectes sapidus* (deux signalisations), *Fistularia commersonii*, *Mnemiopsis leidyi* et *Percnon gibbesi*, n'ont pas pu être validées à cause du manque de preuves. Quant à la dernière, il s'agit d'une confusion entre *Pterois miles* et *Dactylopterus volitans*, espèce indigène. Cette confusion avait déjà été faite dans des signalisations antérieures.

Quatre nouvelles espèces ont été signalées au cours de cette année 2023.

- *Bursatella leachii* (Figure 10 A) a été observée pour la première fois en Corse, le 4 mai 2023, dans l'étang de Diana. Appelée aussi lièvre de mer effiloché, ce mollusque gastéropode affectionne les eaux abritées et peu profondes. Il s'agit d'une espèce circumtropicale qui avait rarement été observée près des côtes françaises.

Cependant, sa présence dans l'étang de Diana semble antérieure, car lors d'une autre signalisation, en juillet, plus de 150 individus ont été dénombrés.

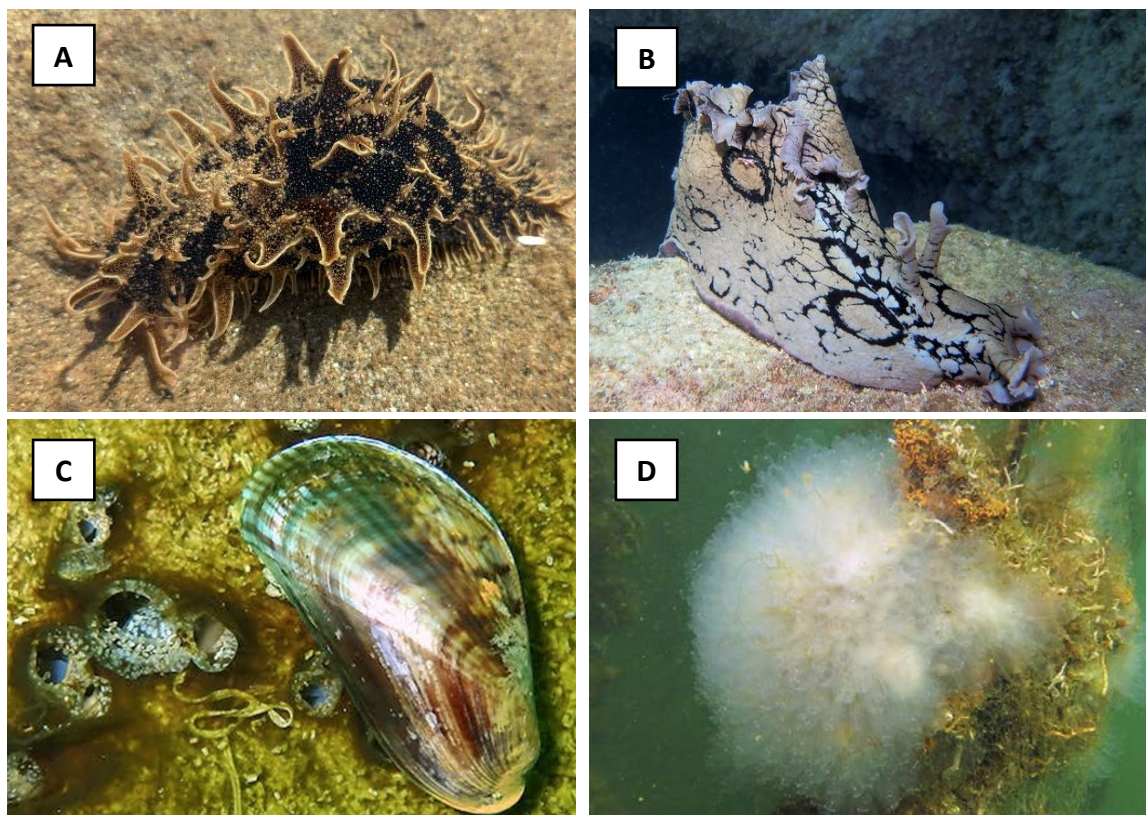


Figure 10 : Photographies des espèces nouvellement signalées dans le cadre du RAC fin 2023 : A. *Bursatella leachii* (© A. Joset), B. *Aplysia dactylomela* (© JG. Harmelin), C. *Arcuatula senhousia* (© F. André) et D. *Clavelina oblonga* (© S. Le Bris).

- Un deuxième mollusque gastéropode a été signalé, pour la première fois dans le cadre du RAC, en Septembre 2023 : *Aplysia dactylomela*, ou lièvre de mer ocellé (Figure 10 B). Longtemps considéré comme espèce circumtropicale et subtropicale, il a été montré que les individus de l'Indo-Pacifique étaient en fait, une espèce différente. Cette espèce apparaît sur DORIS comme présente en Corse en Juin 2020 (Pêpe *et al.*, 2023, in DORIS¹), mais l'observation n'avait pas été reçue au niveau du RAC.
- *Arcuatula senhousia* (Figure 10 C), ce mollusque bivalve a été signalé cette année dans l'étang de Biguglia. Nommé « moule verte asiatique », cette espèce est originaire du Pacifique Ouest et est observée en Méditerranée depuis 1900, elle s'est ensuite propagée en Sardaigne et sur les côtes françaises. Pouvant avoir un caractère très envahissant dans certains endroits comme dans les étangs de Thau

¹ DORIS : <https://doris.ffessm.fr/>, consulté le 1^{er} décembre 2023.

² BioObs : <https://bioobs.fr/blog/fiche-espece/1258/>, consulté le 1^{er} décembre 2023

ou de Berre, elle se trouve sur liste noire des espèces envahissantes en milieu marin (*Arcuatula senhousia* 2022, in BioObs²). Du fait de sa petite taille, elle n'a pas d'intérêt commercial.

- Enfin, la dernière espèce nouvellement signalée est une ascidie : *Clavelina oblonga* (Figure 10 D). Cette espèce préférant les eaux turbides et saumâtre, est observée en Méditerranée depuis de nombreuses décennies, notamment dans les lagunes et étangs littoraux du bassin occidental. Elle est parfois présente en grande quantité comme au niveau de l'étang de Thau. L'espèce est originaire de l'Atlantique Ouest (Sud-Est des Etats-Unis et Caraïbes) et s'est probablement propagée par les eaux des ballasts et la conchyliculture. D'après DORIS, cette espèce est observée depuis des dizaines d'années en Corse et notamment dans l'étang d'Urbino avec, par exemple, une prolifération importante durant l'été 2007 (André et Le bris, 2021, in : DORIS) ; cependant aucune signalisation n'avait été recueillie par le RAC jusqu'à présent.

Cette année, on enregistre également le signalement d'*Halophila stipulacea*, de *Rhithropanopeus harrisii* (sur le même site que la signalisation de 2021) et de *Lamprohaminoea ovalis*, mais également de *Fistularia commersonii* et de *Styela plicata* (sur le même site également que lors des signalisations précédentes).

De même on remarque en cette fin d'année, une augmentation des signalisations de *Lamprohaminoea ovalis* ou Haminoé ovale avec une signalisation en Octobre et six en Novembre, alors que l'espèce a été observée pour la première fois dans les eaux françaises de Méditerranée (Bastia), en 2021. Il s'agit d'une espèce lessepsienne, vivant généralement entre 1 et 12 m de profondeur, mais qui a déjà été observée jusqu'à 30 m en Méditerranée. Les variations de couleurs de cette espèce sont assez importantes (Figure 11) allant du blanc au vert en passant par le jaune et cela avec plus ou moins de transparence. D'après les signalisations du RAC, le morphe pourpre est plus généralement observé en Corse mais les deux morphes ont aussi pu être observé lors d'une même plongée. De nombreuses observations les signalent par deux en accouplement (Figure 11 droite).



Figure 11. Photographies de *Lamprohaminoea ovalis*, le morphe pourpre à gauche (© M. Blettery), le morphe classique au centre (© P. Bourjon), et deux individus en accouplement à droite (© D. Buron).

3. Actions de communication

A. Communication « grand public »

Au cours de la période d'étude (Mai 2022 à Novembre 2023), plusieurs actions de communications ont été réalisées à destination du grand public.

Elles concernent la finalisation (relecture et correction) d'une série de fiches destinées à l'identification, par des non spécialistes, des ENI déjà présentes ou susceptibles d'arriver prochainement sur le littoral de la Corse. Ces fiches, produites dans le cadre d'un stage de master GILVHA l'an dernier (Pergent-Martini et Provost, 2022) visent à remplacer les livrets utilisés jusqu'à présent. L'objectif est en effet, de fournir des données sur des ENI nouvellement signalées, mais aussi de disposer d'un format plus pratique et moins onéreux à actualiser.

Dans cette optique de nouvelles fiches ont été produites (Annexe 3) pour les espèces nouvellement signalées cette année : *Bursatella leachii* et *Aplysia dactylomela*.

L'ensemble de ces fiches sont consultables en version numérique, sur le site internet de l'université

(https://eqel.universita.corsica/article.php?id_site=34&id_menu=0&id_rub=901&id_cat=0&id_art=4643&lang=fr).

Sur ce même site, la liste des espèces présentes en Corse et des cartes permettant de visualiser la présence des ENI déjà observées le long du littoral de la Corse ont été mises à jour (https://eqel.universita.corsica/article.php?id_site=34&id_menu=0&id_rub=901&id_cat=0&id_art=4649&lang=fr).

De nouvelles informations (Figure 12) ont été postées sur la page Facebook, pour rappeler les comportements à adopter face à une ENI.



Figure 12 : informations publiées sur la page Facebook du RAC.

Un atelier, lors de la Fête de la Science, à Corte, en Octobre 2023 a été organisé. Des activités ludiques ont été effectuées pour des scolaires de niveaux primaires et collèges (Figure 13). Un nouveau jeu a été créé et testé lors de cet atelier.



Figure 13 : Illustration de l'atelier de la Fête de la Science à Corte, le 12 Octobre 2023.

Dans le cadre d'action de sensibilisation de la Brigade bleue, nouvelle unité du Comité Régional des Pêches Maritimes et Elevages Marins (CRPMEM) de Corse, des flyers sont réalisés afin d'informer sur les ENI de Corse (Figure 14).

Ces flyers sont distribués à tous les usagers de la mer (principalement les pêcheurs) par cette équipe qui se déplace sur l'ensemble du littoral Corse.



Figure 14 : Extrait du flyer sur les ENI, distribué par la Brigade Bleue du CRPMEM. © Charlotte Gerbaud.

B. Cession de formation des partenaires de la FFESSM

De même que l'an dernier, une session de formation pour les encadrants des clubs de plongée a été organisée par la FFESSM de Corse, les 21 et 22 Octobre 2023 à la station océanographique de Calvi (Figure 15). Durant cette formation, des présentations ont été effectuées pour sensibiliser (présentation du RAC, de ses objectifs et des principaux résultats), former à l'identification des ENI mais aussi proposer des outils pour la récolte de données et répondre aux questions des partenaires. Des plongées ont ensuite permis une mise en situation, afin d'identifier des ENI.



Figure 15 : Illustration de la session de formation FFESSM, à Calvi, au mois d'Octobre 2023.

C. Approches scientifiques

Afin d'être intégrées aux données nationales, les signalisations du RAC ont été transmises aux correspondants nationaux en charge du rapportage sur les ENI, dans le cadre de la Directive Cadre Stratégie Milieu marin.

En parallèle ces données ont permis de contribuer à la publication réalisée par la communauté scientifique nationale sur cette thématique ENI (Massé *et al.*, 2023 ; Annexe 4). L'objectif de cet article est de fournir un inventaire de référence actualisé des ENI avec leurs données associées (taxonomie, origine, voie d'introduction, premier signalement et statut) le long de l'ensemble du littoral français. L'étude se concentre sur les espèces pluricellulaires eucaryotes, présentes dans les trois régions marines françaises (Méditerranée occidentale, Golfe de Gascogne et Mers du Nord). Au total, 342 ENI, dont 42 cryptogéniques, sont répertoriées comme ayant été introduites depuis le 13^{ème} siècle sur les côtes françaises. La majorité des espèces sont originaires de la zone tempérée du Pacifique Nord et sont introduites depuis les années 1970 (intensification du commerce maritime). Ce travail met en évidence le nombre important d'ENI en Méditerranée occidentale (zone française la plus impactée) et souligne la possible accentuation de ce phénomène d'invasion biologique dans les années à venir en raison du réchauffement climatique.

Une publication relative aux signalisations de *Bursatella leachii* a été réalisée, et est soumise pour publication à la revue « Estuarine, Coastal and Shelf Science ». Il s'agit d'une revue scientifique sur les sciences de la mer, qui se concentre sur les régions côtières allant des estuaires jusqu'au bord du plateau continental, publié par Elsevier.

Enfin, en octobre, une mission scientifique, visant à investiguer les opportunités en matière de coopération régionale entre la Corse et la région de Bodrum (Turquie) a offert l'occasion de présenter le RAC et les documents de sensibilisation produits par les scientifiques, aux homologues turcs.

4. Bilan du RAC (2017-2023)

Les données récoltées jusqu'à présent permettent de proposer un bilan de l'évolution du RAC depuis 2017. L'évolution générale annuelle cumulée du nombre d'observations et de sites (Figure 16) est calculée sans tenir compte des données redondantes sur l'ensemble de la période (2017 – 2023), c'est-à-dire que les observations d'espèces fixées, déjà signalées sur le même site (doublons comportant les mêmes coordonnées GPS pour la même espèce) sont supprimées. Le nombre de sources différentes cumulées est, quant à lui, calculé avant suppression des doublons, ce qui permet de conserver l'information du nombre total de participants.

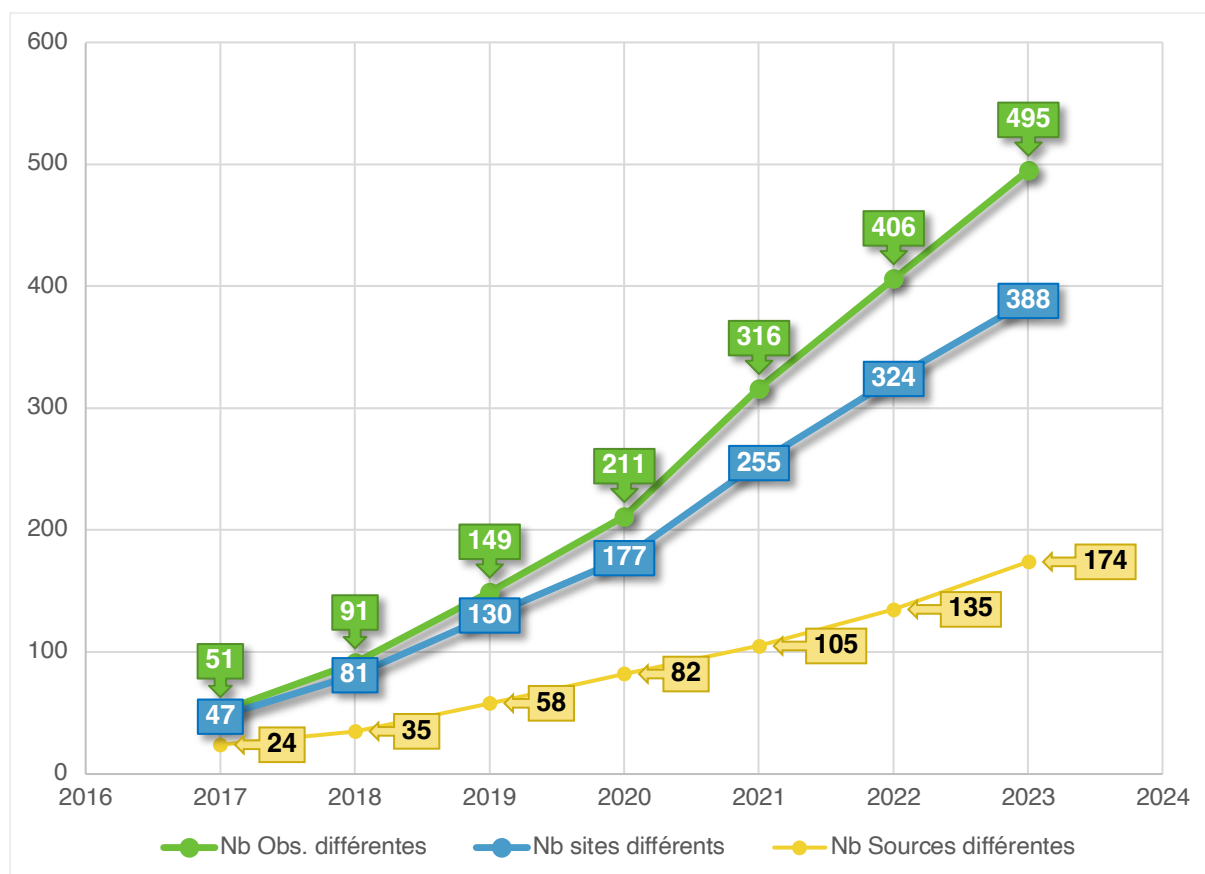


Figure 16 : Évolution au cours des années du nombre total d'observations différentes (Nb Obs. différentes), du nombre total de sites d'observation différents (Nb Sites différents) et du nombre total d'observateurs différents (Nb Sources différentes) entre 2017 et 2023.

Le graphique (Figure 16) montre une augmentation du nombre total de données avec à ce jour, 495 signalements différents dans 388 sites. On note que le nombre de sites évolue moins fortement que le nombre d'observations, ce qui indique que plusieurs ENI peuvent être présentes conjointement sur un même site. Cet écart est plus marqué à partir de 2021. Concernant le nombre de sources, 174 participants sont identifiés avec une progression plus

limitée que celle relevée pour les deux autres paramètres. Ceci confirme une relative stabilité des observateurs.

La comparaison des nouvelles données recueillies chaque année (Figure 17) montre que l'augmentation des observations n'est pas régulière, avec un pic au cours de l'année 2021 en termes de nouvelles observations et de nouveaux sites. On constate aussi, à partir de l'année 2021, une légère baisse de nouvelles signalisations, avec néanmoins un nombre de nouvelles sources qui continue d'augmenter ces trois dernières années, avec par exemple cette année 39 nouveaux observateurs. Ceci pourrait traduire un tassement des observations, c'est-à-dire que les observateurs signalent de moins en moins des espèces déjà signalées au préalable et qui sont devenues « communes ».

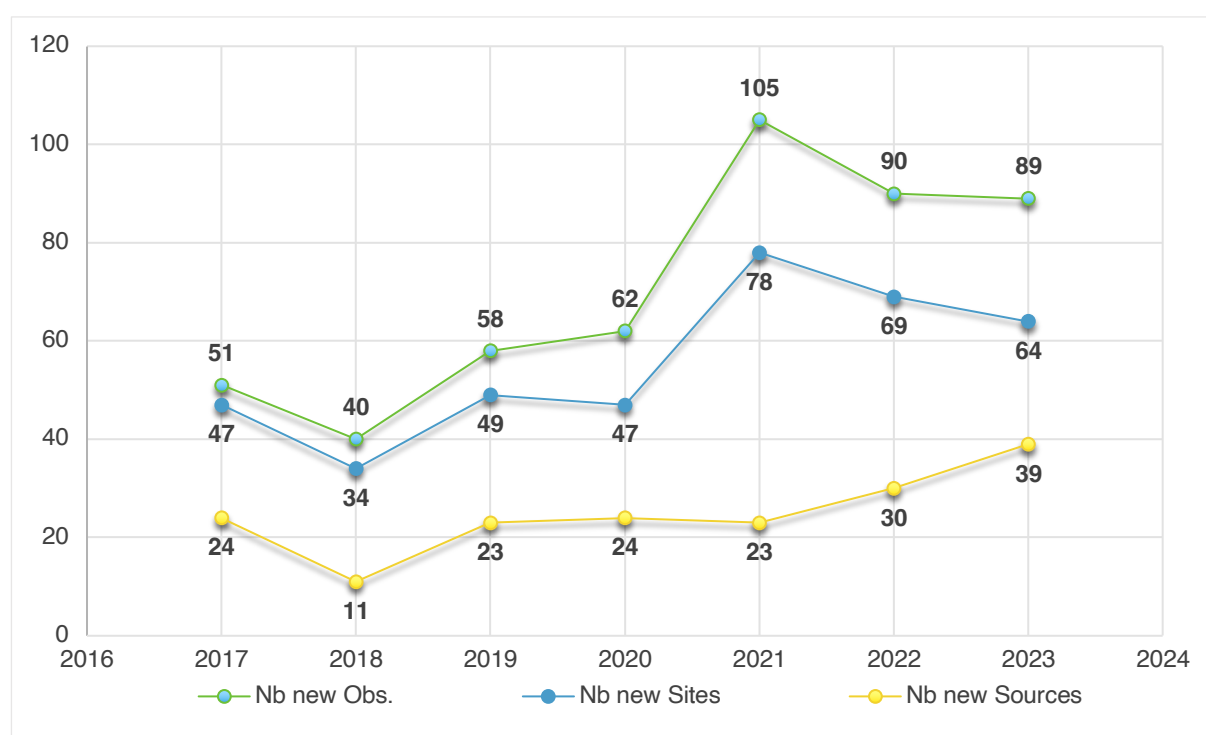


Figure 17 : Évolution au cours des années du nombre de nouvelles observations (Nb new Obs.), du nombre de nouveaux sites d'observation (Nb new Sites) et de du nombre nouveaux observateurs (Nb new Sources) entre 2017 et 2023.

Si on s'intéresse aux espèces signalées, durant cette période, 20 ENI différentes ont été observées et validées (Figure 18).

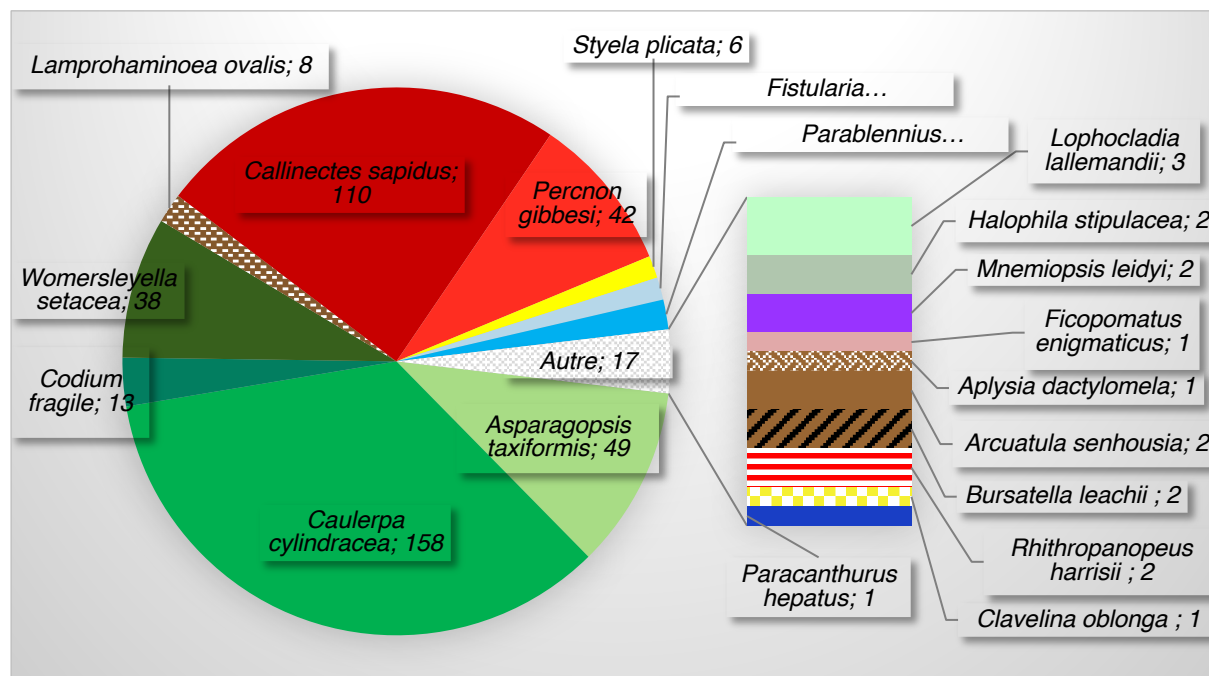


Figure 18 : Répartition du nombre de signalisations validées par espèces, entre 2017 et 2023.

Les cinq espèces les plus observées (Figure 19) sont *Caulerpa cylindracea* (158 observations), *Callinectes sapidus* (110), *Asparagopsis taxiformis* (49), *Percnon gibbesi* (42) et *Womersleyella setacea* (38). Là encore si on regarde le nombre d'observations différentes annuellement (Figure 19), on observe des écarts importants avec peut-être une baisse des nouveaux signalements de *Caulerpa cylindracea* et d'*Asparagopsis taxiformis* depuis 2021. Toutefois, il semble peu probable, tout au moins concernant *Caulerpa cylindracea* qu'elle soit moins présente sur le littoral de la Corse au regard des observations rapportées. Pour ce qui concerne *Callinectes sapidus*, les signalisations sont en augmentation avec cette année encore 37 nouvelles observations de l'espèce (Figure 19). Ceci confirme l'expansion de cette espèce en Corse avec une colonisation de nombreux étangs et de plus en plus de signalisations sur la côte Ouest, mais également une plus grande prise en compte de cette espèce, avec un site dédié, des actions de sensibilisation ciblées, liée au fait que le développement des populations est assez récent (en comparaison avec *Caulerpa cylindracea*), mais aussi une certaine facilité d'observation de cette espèce (capture par des pêcheurs professionnels et amateurs, observations par des baigneurs ou identification de carapaces échouées par des promeneurs).

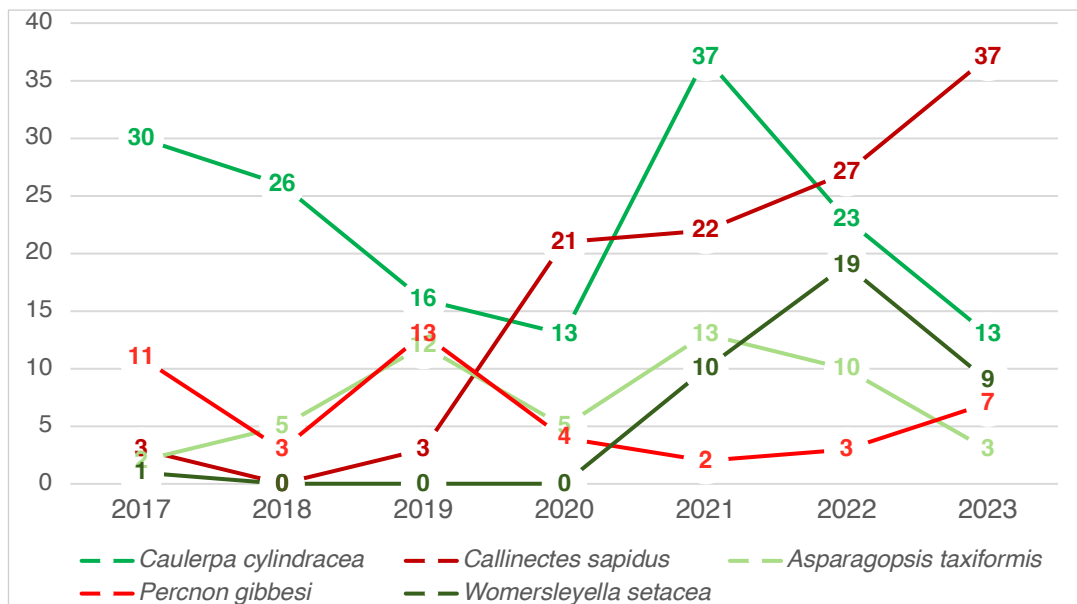


Figure 19 : Évolution au cours des années du nombre d'observations différentes pour chacune des cinq espèces les plus signalées entre 2017 et 2023.

Depuis 2018, de nouvelles ENI sont observées chaque année (Figure 20), avec de la même manière que pour le nombre de nouvelles observations et de sites, avec des valeurs maximales en 2021 où six nouvelles ENI ont été signalées. Cette année, est la deuxième année comportant le plus de nouvelles espèces signalées avec les quatre espèces décrites précédemment (Figure 10 ; Campagne Mai– Novembre 2023).

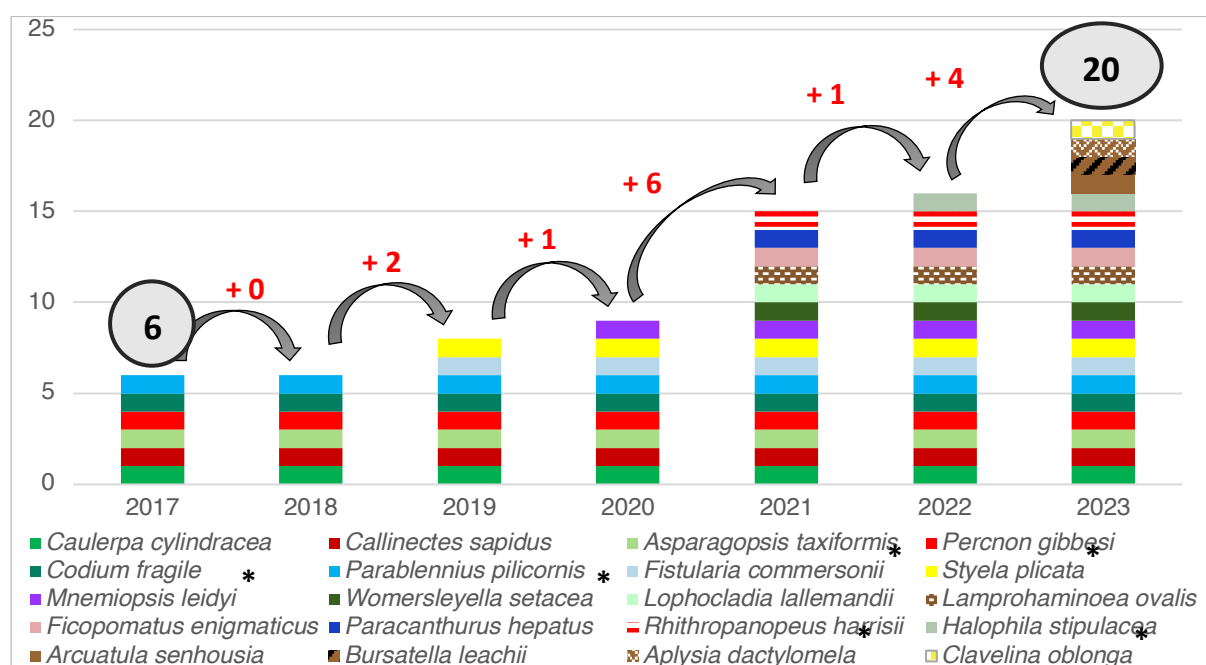


Figure 20 : Nombre de nouvelles espèces signalées chaque année au cours de la période 2017-2023. Les espèces comportant un astérisque dans la légende ont été signalées auparavant mais n'avait pas été référencées par le RAC.

Les observations non validées entre 2017 et 2023 (40), l'ont été majoritairement (70%) par manque de preuves (photos ou échantillons). Les 30% restants correspondent à des signalements d'espèces ne pouvant pas être considérées comme des ENI ; il peut s'agir d'une espèce indigène prise pour une ENI (*Dactylopterus volitans* identifié comme *Pterois miles*) ou d'une espèce indigène rare et donc peu connue (*Sparisoma cretense*).

Concernant la répartition géographique des signalisations, on remarque que le nombre de nouveaux sites suit la dynamique du nombre de nouvelles observations (Figure 17). Malgré de nombreux nouveaux sites chaque année, ces derniers couvrent souvent les mêmes zones (par exemple le golfe d'Ajaccio) et il existe encore des zones où peu ou pas d'observations ont été effectuées (Figure 21 ; zones entourées).



Figure 21 : Carte des données validées de 2017 à 2023 après suppression des doublons.

La multiplication des sites dans les mêmes zones reflète la fréquentation des clubs de plongée. En effet les clubs restent mobilisés sur des sites très proches, aussi l'augmentation du nombre de sites correspond plutôt à un sous-découpage de zones régulièrement fréquentées (précision des coordonnées géographiques des sites de plongée). Il faut malgré tout signaler que de nouvelles zones (plaine orientale) sont de mieux en mieux prospectées.

Concernant le recueil des signalisations, la majorité des signalisations sont obtenues par la FFESSM, comprenant les plateformes BioObs et CROMIS représentant 60 % du recueillement des signalisations pour les deux dernières années (Figure 22).

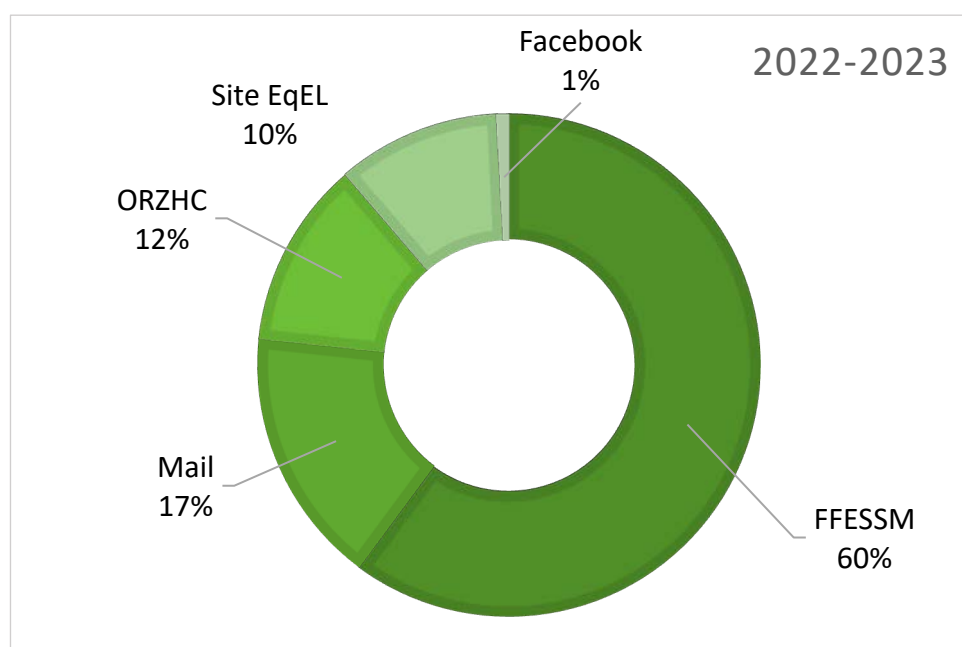


Figure 22 : Types de recueillement des signalisations durant ces deux dernières années.

Les recueils *via* l'adresse email se trouvent en deuxième position avec 17 % des signalisations. Le réseau de suivi de l'Observatoire Régional des Zones Humides de Corse (ORZHC) a contribué, ces deux dernières années, à environ 13 % des signalisations. Pour finir, 10 % ont été récoltés par le biais du formulaire de signalisation en ligne sur le site internet EqEL et 1% *via* la page Facebook (Figure 22).

La saisonnalité des données (Figure 23) est, chaque année, marquée avec au total 46 % de toutes les signalisations entre 2017 et 2023 faites durant les mois de Juillet et Aout. Cependant, on constate une amélioration de l'étendue des données sur l'année, avec depuis 2019, des signalisations qui sont présentes sur la quasi-totalité des mois de l'année excepté durant l'année 2020 où a eu lieu le confinement lié à la COVID-19 (Figure 23 ; couleur rouge).

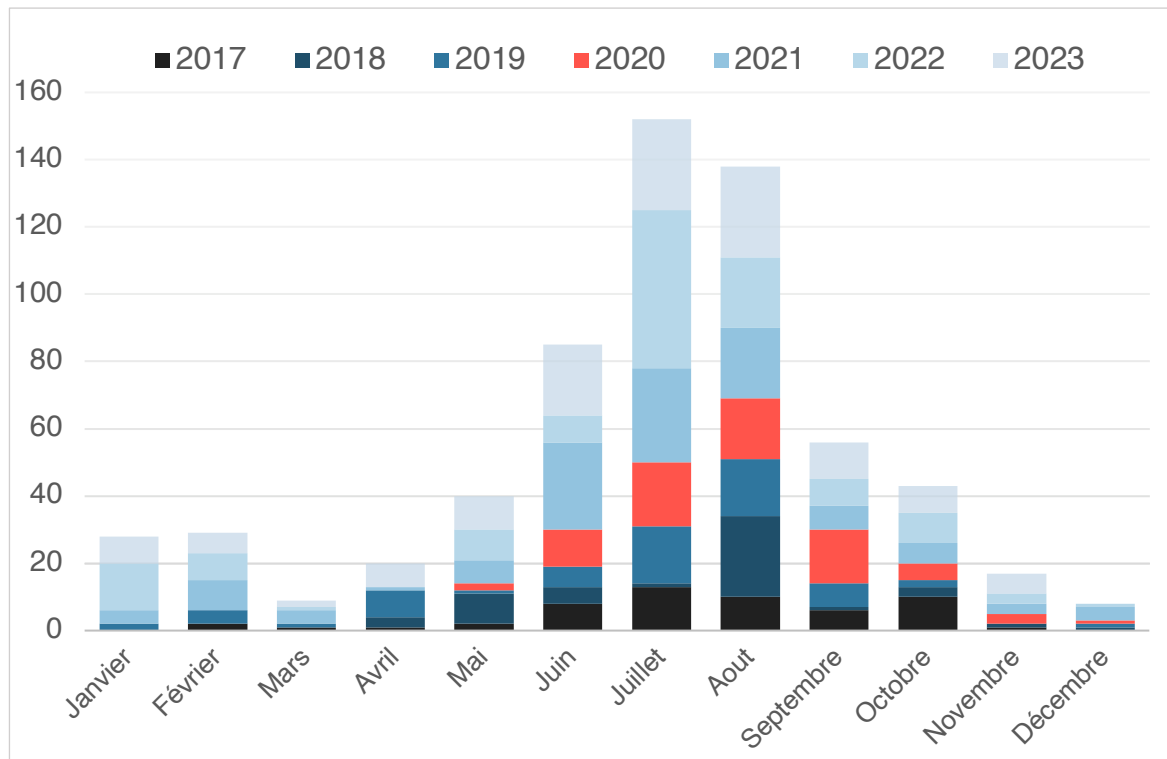


Figure 23 : Répartition des signalisations en fonction des mois pour chaque année entre 2017 et 2023.

Il faut noter que la suppression des doublons lors du tri, diminue le pique de saisonnalité car si une signalisation est récoltée en Janvier et plusieurs en Juillet et Aout sur le même site, seule la signalisation de Janvier est conservée. C'est pourquoi, il est important de réaliser les actions de communication/sensibilisation surtout avant et durant l'été.

5. Synthèse et perceptives

Les résultats de la campagne Mai 2022– Avril 2023 suivent la dynamique des campagnes précédentes avec une augmentation du nombre d'observations, de sites et de sources.

La campagne de Mai à Novembre 2023 met, quant à elle, en évidence quatre ENI nouvellement signalées sur le littoral corse (*Bursatella leachii*, *Aplysia dactylomela*, *Arcuatula senhousia* et *Clavelina oblonga*).

Enfin l'évolution de ces données, depuis 2017, se traduit par un nombre croissant de signalisations (495) de sites visités (388), de participants réguliers ou occasionnels (174) et d'ENI observées (20). Cependant, au cours des trois dernières années, une diminution du nombre annuel de nouvelles observations et de nouveaux sites par an est constatée. Le nombre de participants reste quant à lui toujours en augmentation, avec chaque année de nouveaux participants. Pour ce qui concerne la répartition géographique des observations, on enregistre un accroissement des secteurs prospectés avec une meilleure couverture de la plaine orientale. Cependant, il reste des zones « blanches » où les observations sont rares, voire inexistantes.

Au regard de l'ensemble des éléments, il est possible de mettre en exergue les forces et faiblesses du RAC et de proposer d'éventuelles améliorations afin d'atteindre les objectifs fixés.

- Objectif de détection précoce des ENI en Corse :

La découverte, quasi régulière, de nouvelles espèces atteste d'une veille/surveillance efficace et relativement active sur le littoral de la Corse, avec six ENI signalées en 2017 et 20 ENI aujourd'hui. Cela atteste aussi de la large diffusion de ces ENI. Néanmoins, au regard de l'hétérogénéité des secteurs investigués, avec certaines zones géographiques encore peu échantillonnées, des progrès devraient être faits afin de disposer d'une couverture plus globale du littoral insulaire. Dans la mesure où une prospection systématique ne peut être envisagée (déficit en moyens humains, absence de clubs partenaires, ...) il serait intéressant de définir et de cibler les zones d'importance et notamment les éventuels lieux proches des voies d'invasion des ENI, comme les zones portuaires et les sites de fortes fréquentations par la plaisance. Ainsi, si plusieurs prospections concernent les ports de Bastia et d'Ajaccio, les secteurs à proximité des ports de Bonifacio, de Calvi ou d'île Rousse, sont peu ou pas échantillonnés. Sur la base de la fréquentation et du trafic maritime, le Sud de la Corse est une zone à surveiller, d'autant qu'elle est géographiquement proche de la Sardaigne, secteur qui abrite des ENI non encore observées en Corse (e.g. *Caulerpa taxifolia*, *Pinctada radiata*). Il apparaît également essentiel de sécuriser les zones d'importance patrimoniale (Aires Marines Protégées). Outre cette priorisation géographique, un élargissement du panel d'observateurs devrait également permettre d'améliorer cette détection précoce des ENI. La mise à contribution des pêcheurs professionnels a déjà été évoquée à plusieurs reprises (Barralon *et al.*, 2020 ; Pergent-Martini & Provost, 2022). Cette possible contribution pourrait être tentée une nouvelle fois, par une prise de contact avec la Brigade bleue du CRPMEM, composée d'agents de terrain destinés à sensibiliser les usagers de la mer et du littoral. Plus largement, il serait opportun de voir comment impliquer d'autres acteurs comme les capitaineries, les plongeurs scientifiques et professionnels ou les agents des AMP. De même un renforcement des liens avec les partenaires historiques que sont les clubs de la FFESSM de Corse, par le biais d'un questionnaire, de webinaires ou de rassemblements des volontaires, dans les zones géographiques où l'on manque de données, dans les zones d'introduction potentielles ou dans les zones sensibles et/ou en fonction du taux de fréquentation, serait à organiser.

Concernant l'intégration des capitaineries, dans la mesure où des actions de sensibilisations sont déjà organisées avec les CPIE, il conviendrait de renforcer ce volet, par la mise à disposition d'éléments de communication. La mise en place d'un webinaire à destination des agents portuaires (comme cela est réalisé par le réseau ALIEN Occitanie) pour un relais d'information auprès des plaisanciers serait à envisager.

Des entretiens auprès des pêcheurs artisanaux et de loisir permettraient de solliciter ces derniers. Les magasins d'articles de pêche, les clubs de pêche amateurs (ex : Bastia Offshore Fishing, pour la pêche en bateau) de même que les pratiquants apnéistes peuvent également

être ciblés, d'autant que des livrets spécifiques ont été récemment produits pour les personnes qui fréquentent le littoral.

Enfin l'implication des plongeurs professionnels et/ou scientifiques, pourrait être accrue en ciblant et formant, si nécessaire, les agents des différentes AMP.

- Objectif de suivi de la colonisation des ENI déjà présentes

Le suivi de l'expansion des ENI déjà présentes est effectif. Ainsi pour l'ensemble des ENI déjà observées, il est possible de visualiser (au moyen des données sous Google Earth), l'évolution du nombre d'observations en fonction des années et leur distribution géographique. Néanmoins les données recueillies s'avèrent insuffisamment détaillée pour avoir une évaluation réelle des effectifs de ces ENI. Ainsi l'exemple de *Callinectes sapidus*, avec une espèce en pleine expansion puisque l'on est passé de 3 à 113 observations en quelques années, ne traduit pas l'augmentation réelle de la population, ni sa dynamique. En outre on enregistre un tassement des observations pour des ENI, comme *Caulerpa cylindracea*, qui sont régulièrement observées depuis plusieurs années, dans la quasi-totalité du littoral investigué, et pour lesquelles aucune action de contrôle ou de limitation des populations n'est réalisée. Généralement, les observateurs s'interrogent sur la pertinence de la signalisation (puisque l'espèce devient commune et habituelle) et l'utilité du suivi (puisque rien n'est entrepris).

Afin de lutter contre ce type de problème, il est important de maintenir un lien avec les observateurs, même virtuel, passant par la communication, mais aussi de former et d'informer les participants. Cela permet, en effet, de conserver une certaine motivation des participants, d'améliorer la qualité des signalisations et d'augmenter le sentiment d'implication vis-à-vis du RAC. Les suggestions pour y parvenir seraient de :

- Déplacer la formation FFESSM pour l'effectuer avant la saison estivale (période où il y a le plus de signalisations) ou idéalement programmer deux interventions dans l'année, avant la saison estivale pour principalement sensibiliser et former puis après la saison pour obtenir un retour d'expérience des participants, des difficultés rencontrées et renforcer leur engagement.
- Créez un forum de discussion ou un groupe de discussion en ligne (ex : groupe Facebook) entre les observateurs et les cadre-relais en ajoutant les nouveaux observateurs volontaires. Cela permettrait aux observateurs de poser des questions sur l'identification de certaines espèces. Ainsi, cette année, une communication des cadre-relais sur l'identification de *Womersleyella setacea* a permis une augmentation des signalisations de cette espèce. Cela renforcerait aussi l'engagement des participants et encouragerait le partage des observations, avec la prise de photographies, ce qui permettrait d'obtenir des preuves à même de faciliter la validation des observations.
- Renforcer la présence en ligne via la page Facebook qui pourrait être alimentée de quizz et/ou sondage sur l'identification des espèces, les confusions possibles, etc. Elle pourrait aussi offrir des retours et des reconnaissances (bilan des données collectées, actualités

d'arrivée d'espèce...). Ce type de communication, partagée également sur Instagram, permettrait de cibler les jeunes plongeurs. Cette présence en ligne est particulièrement nécessaire avant et durant la saison estivale en raison de la fréquentation des sites.

- Il serait aussi intéressant de relancer l'application du RAC qui permettrait aux utilisateurs de smartphones IOS d'envoyer en direct leurs signalisations lors de l'observation.
- Le carnet de plongée numérique (CROMIS - Carnet de Relevés d'Observation des Milieux Subaquatiques) de la FFESSM, dans lequel les plongeurs répondent à quelques questions sur leurs observations durant chaque plongée et peuvent joindre leurs photographies constitue un des moyens de récupération de données sur les ENI, y compris pour des utilisateurs peu sensibilisés aux ENI. En effet, les plongeurs entrent leurs données avec informations et photographies, et les spécialistes de la FFESSM, détectent les possibles observations d'ENI. Une plus large communication de ce dispositif pourrait améliorer la rigueur des plongeurs sur les signalisations.
- Enfin, afin d'améliorer la qualité des signalisations l'intégration d'une carte interactive sur le questionnaire de signalisation en ligne, tel que prévu dans le réseau ALIEN Occitanie (Figure 24) serait utile. Cela faciliterait l'obtention des coordonnées GPS qui ne sont pas toujours fournies par les participants. Le choix des communes pourrait aussi être intégré pour ne pas à avoir à contacter les observateurs ultérieurement.

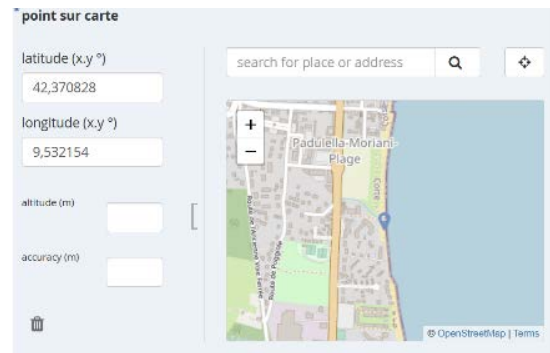


Figure 24 : Système de géo positionnement du formulaire de signalisation (Réseau ALIEN Occitanie).

Toujours concernant la qualité des signalisations, il serait intéressant, lors de la réalisation des fiches descriptives des ENI, d'insérer dans les confusions possibles des exemples avec des espèces locales (e.g. *Dactylopterus volitans* et *Pterois miles*), ce qui permettrait peut-être d'éviter des confusions répétées. La nécessité de fournir des preuves (photos, vidéos ou échantillons) pour valider les observations pourrait être, davantage soulignée lors de communication grand public.

- Objectif de sensibilisation à la problématique des ENI

Le bilan en matière de sensibilisation est globalement positif avec de nombreux outils de communication produits (e.g. fiches espèces, site internet, formulaire en ligne, page Facebook, application smartphone...) et régulièrement actualisés. L'objectif de mise à disposition des partenaires de documents visant à les appuyer dans leurs actions d'information et de sensibilisation du public est donc atteint.

Pour finir, afin de recentrer les objectifs des actions de communication, il serait nécessaire de réaliser un plan de communication qui contribuerait à établir et à maintenir des relations positives avec les participants.

6. Bibliographie

André F., Le Bris S. in : DORIS, 25/01/2021 : *Clavelina oblonga* Herdman, 1880, <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/4027>.

Ballesteros E., Marsinyach E., Bagur M., Sales M., Movilla-Martín J., Bolado-Mantecón I., Cefali M.E., 2020. The pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) (Bivalvia: Pteriidae) reaches Minorca, Balearic Islands. *Bolletí de la Societat de Historia Natural dels Balears*, 63 : 12p.

Barralon E., Borrossi L., Lehmann L., Pergent-Martini C., 2020. Réseau Alien Corse – Rapport d’activité 2019-2020. Convention Office de l’Environnement de la Corse et Université de Corse Pascal Paoli – Équipe Écosystèmes Littoraux, Avenant N°3 à la Convention 16/02 UCPP & OEC, Corte : 55p.

Barralon E., Pergent-Martini C., 2017. Réseau Alien Corse - Rapport d’Activité 2016-2017. Contrat Office de l’Environnement de la Corse et Université de Corse – Equipe Ecosystèmes Littoraux, Ref. UCPP 2017-028, Corte : 61p.

Barralon E., Pergent-Martini C., 2021. Réseau Alien Corse – Rapport d’activité 2020-2021. BioObs, 01/03/2022: *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842), <https://bioobs.fr/blog/fiche-espece/1258/>

Convention Office de l’Environnement de la Corse et Université de Corse Pascal Paoli – Équipe Écosystèmes Littoraux, Avenant N°4 à la Convention 16/02 UCPP & OEC, Corte : 29p

Boudouresque C.F., 1999. The Red Sea-Mediterranean link: unwanted effects of canals. Invasive species and biodiversity management. *Kluwer Academic Publisher*, Dordrecht: 213-228.

CBD, 2002. Rapport de la conférence des parties à la Convention sur la Diversité Biologique sur les travaux de sa sixième réunion. Présenté à la Conférence des Parties de la Convention sur la Diversité Biologique, La Haye : 45p.

Donato G., Vázquez-Luis M., Nebot-Colomer E., Lunetta A., Giacobbe S., 2021. Noble fan-shell, *Pinna nobilis*, in Lake Faro (Sicily, Italy): Ineluctable decline or extreme opportunity?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 261, 107536.

Fortic A., Al-Sheikh Rasheed R., Almajid Z., Badreddine A., Baez J.C., Belmonte-Gallegos A., Bettoso N., Borme D., Camisa F., Caracciolo D., Çinar M.E., Crocetta F., Ćetković I., Dogan A., Galiya M., García De Los Ríos Y Los Huertos A., Grech D., Guallart J., Gundeger G., Kahric A., Karachle Paraskevi K., Kulijer D., Lombarte A., Markovic O., Martínez Jiménez E., Okudan E.S., Orlando-Bonaca M., Sartoretto S., Spinelli A., Toney Kizilkaya I., Virgili R., 2023. New records

of introduced species in the Mediterranean Sea (April 2023). *Mediterranean Marine Science*, 24(1): 182-202.

Goulletquer P., 2016. Guide des organismes exotiques marins. Belin publ., Paris : 304p.

Guerin L., Feunteun E., Gonson C., Laurand S., Lavesque N., Lejart M., You H., 2012. Méthodes d'évaluation de l'état écologique, caractérisation du « bon état » pour la DCSMM et recommandations pour les travaux futurs - Descripteur 1 (biodiversité) et 2 (espèces non indigènes). Rapport de synthèse de l'exercice 2011, MNHN : 71p. + annexes.

Monnier B., Pergent-Martini C., 2016. Réseau Alien Corse - Rapport d'Activité 2015-2016. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et Université de Corse – Equipe Ecosystèmes Littoraux, Ref. UCPP : 2016-030, Corte : 1-69.

IPBES (2023). Summary for policymakers of the thematic assessment report on invasive alien species and their control of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. Roy, H. E., Pauchard, A., Stoett, P., Renard Truong, T., Bacher, S., Galil, B. S., Hulme, P. E., Ikeda, T., Sankaran, K. V., McGeoch, M. A., Meyerson, L. A., Nuñez, M. A., Ordonez, A., Rahlao, S. J., Schwindt, E., Seebens, H., Sheppard, A. W., and Vandvik, V. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7430692>.

Pêpe P., Didierlaurent S., Prouzet A. in : DORIS, 25/10/2023 : *Aplysia dactylomela* Rang, 1828, <https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/2375>.

Pergent-Martini C., Provost C., 2022. Réseau Alien Corse – Rapport d'activité 2021-2022. Convention Université de Corse Pascal Paoli & OEC, Avenant N°5 à la Convention 16/02 UCPP & OEC, Corte : 26p.

PNUE-PAM-Plan Bleu, 2009. État de l'environnement et du développement en Méditerranée. PNUE- PAM édit., Athènes : 208p.

Stasolla G., Riolo F., Macali A., Pierri C. Crocetta F., 2014. Further spreading in the Italian seas of already established non-indigenous mollusc species. *Marine Biodiversity Records*, 7: e120.

Tempesti J, Langeneck J, Romani L, Garrido M, Lardicci C, Maltagliati F, Castelli A. 2022. Harbour type and use destination shape fouling community and non-indigenous species assemblage: A study of three northern Tyrrhenian port systems (Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 174: 113191.

Union Européenne, 2008. Directive 2008/56/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin. Journal officiel de l'Union Européenne ,57^e année édition, 317 : 35-55

Union Européenne, 2014. Règlement 1143 du 4 novembre 2014, relatifs à la prévention et la gestion de l'introduction et de l'expansion des espèces exotiques envahissantes. Journal officiel de l'Union Européenne ,57^e année édition, 317 : 35-55.

Veyssièrre D., Garrido M., Massé C., Noël P., Romans P., 2022. État des connaissances sur le Crabe bleu, *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896). Focus sur la Méditerranée et la Corse. Rapp. Office de l'Environnement de la Corse : 49 p.

Viel T., Barralon E., Pergent-Martini C., 2019. Réseau Alien Corse - Rapport d'Activité 2018-2019. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et Université de Corse – Equipe Ecosystèmes Littoraux, Avenant N°2 à la Convention 16/02 UCPP & OEC, Corte : 23p.

Zenetos A., Akel E.K., Apostolidis C., Bilecenoglu M., Bitar G., Buchet V., Chalari N., Corsini-Foka M., Crocetta F., Dogrammatzi A., Drakulić M., Fanelli G., Giglio G., Imsiridou A., Kapisir K., Karachle P., Kavadas S., Kondylatos G., Lefkadiou E., Lipej L., Mavrič B., Minos G., Moussa R., Prato E., Pancucci-Papadopoulou M., Renda W., Ríos N., Rizkalla S., Russo F., Servonnat M., Siapatis A., Sperone E., Theodorou J., Tiralongo F., Tzovenis I., 2015. New mediterranean biodiversity records (April 2015). *Mediterranean Marine Science*: 266-284.

Zenetos A., Çinar M.E., Crocetta F., Golani D., Rosso A., Servello G., Shenkar N., Turon X., Verlaque M., 2017. Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 191: 171–187.

Zenetos A., Galanidi M., 2020. Mediterranean non indigenous species at the start of the 2020s: recent changes. *Marine Biodiversity Records*, 13: 1-17.

7. Annexes

A. Annexe 1 : Liste des signalisations retenues et validées sur la période d'étude Mai 2022– Avril 2023

Les coordonnées géographiques sont indiquées (X, Y) en degrés décimaux

Date signalisation	X	Y	Auteur(s) signalisation	Lieu	Espèce(s) présente(s)
01/05/2022	41,8374	8,7467	Bousquet Jean François	Isolella - Pierre au filet	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
04/05/2022	42,3315	8,5476	Daguenet Stéphane	Scandola - Punta Muchillina	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/05/2022	41,7746	9,4050	Amiel Eric	Favone - La pyramide	<i>Womersleyella setacea</i>
14/05/2022	41,8407	9,4030	Amiel Eric	Solenzara	<i>Womersleyella setacea</i>
21/05/2022	41,8431	8,7654	Massoc Enola	Isolella - Casa Medea	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
25/05/2022	42,1431	9,5546	Morrachini Jean-Antoine	Etang de Diana - Grau	<i>Callinectes sapidus</i>
26/05/2022	42,7245	9,4636	Buron Daniel	Pietra Nera - La nasse	<i>Caulerpa cylindracea</i>
26/05/2022	41,8504	8,7548	Georgeault Nathan	Isolella - Tête de mort	<i>Womersleyella setacea</i>
26/05/2022	41,8860	8,7930	Georgeault Nathan	Porticcio - Plage de la Closerie	<i>Womersleyella setacea</i>
01/06/2022	41,8612	9,4018	Enquête (Corinne Nocque)	Solenzara - Nord Port	<i>Callinectes sapidus</i>
02/06/2022	41,5304	9,2721	Garrido Marie	Etang de Santa Giulia	<i>Callinectes sapidus</i>
04/06/2022	41,8546	8,7666	Bousquet Jean François	Isolella - Enola	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
05/06/2022	41,7701	9,4089	Amiel Eric	Favone - Sud	<i>Womersleyella setacea</i>
06/06/2022	41,7757	9,3973	Enquête (Carole Quilici)	Solenzara - Canella Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
19/06/2022	41,9182	8,7622	Lerissel Karine	Ajaccio - I Scuglietti	<i>Womersleyella setacea</i>
26/06/2022	41,7634	9,4112	Amiel Eric	Favone	<i>Womersleyella setacea</i>
30/06/2022	42,5806	8,7246	Borrossi Lucie	Calvi Stareso - Digue	<i>Percnon gibbesi</i>
01/07/2022	41,7634	9,4112	Amiel Eric	Favone	<i>Caulerpa cylindracea</i>
01/07/2022	42,6753	9,3018	Palazzo Stéphan	St Florent - Est Port de plaisance Mare e Stagnu	<i>Callinectes sapidus</i>
01/07/2022	42,2527	9,5551	Personnel de la ferme conchylicole de Diana	Alistro	<i>Callinectes sapidus</i>
01/07/2022	42,6172	9,4818	Quentin (Stella Mare)	Lido Marana - Centre étang	<i>Callinectes sapidus</i>
03/07/2022	41,8456	8,7504	Bousquet Jean François	Isolella - I Setti Navi	<i>Codium fragile</i>
05/07/2022	41,8456	8,7504	Bousquet Jean François	Isolella - I Setti Navi	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
06/07/2022	41,7631	9,4097	Amiel Eric	Favone - Trou à Corbs	<i>Womersleyella setacea</i>
07/07/2022	41,8374	8,7405	Bousquet Jean François	Ajaccio - Tête de cheval	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
07/07/2022	41,8522	8,7554	Bousquet Jean François	Isolella - Les Marmittes	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
07/07/2022	41,8404	8,7425	Bousquet Jean François	Isolella - Les Pitons	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
07/07/2022	41,8377	8,7454	Georgeault Nathan	Ajaccio - Gontrand le nain	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
07/07/2022	41,8374	8,7405	Georgeault Nathan	Ajaccio - Tête de cheval	<i>Caulerpa cylindracea</i>
09/07/2022	41,8528	8,7630	Bousquet Jean François	isolella "	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
09/07/2022	41,8528	8,7630	Bousquet Jean François	isolella "	<i>Caulerpa cylindracea</i>

09/07/2022	41,8504	8,7548	Georgeault Nathan	Isolella - Tête de mort	<i>Caulerpa cylindracea</i>
10/07/2022	41,7726	9,4085	Amiel Eric	Favone - La barrière	<i>Caulerpa cylindracea</i>
11/07/2022	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Womersleyella setacea</i>
12/07/2022	41,4516	9,0975	Garrido Marie	Etang de Pisciu Cane - Centre	<i>Callinectes sapidus</i>
12/07/2022	41,4464	9,1070	Garrido Marie	Etang du ruisseau de Saparelli	<i>Callinectes sapidus</i>
12/07/2022	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
12/07/2022	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/07/2022	41,8343	8,7225	Bousquet Jean François	Golfe d'Ajaccio*	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
14/07/2022	41,8697	8,7740	Bousquet Jean François	Golfe d'Ajaccio	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/07/2022	41,9002	8,6834	Lerissel Karine	Ajaccio - Scudo	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/07/2022	41,8697	8,7740	Georgeault Nathan	Golfe d'Ajaccio	<i>Womersleyella setacea</i>
16/07/2022	42,6017	8,8300	Barré Nathalie	Lumio - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
16/07/2022	41,9260	8,7677	Lerissel Ronaldo	Ajaccio - CSLG	<i>Womersleyella setacea</i>
17/07/2022	41,4512	9,0970	Valch Jean	Etang de Pisciu Cane - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
18/07/2022	41,9371	9,4127	Gaylord	Etang de Palu - Grau	<i>Callinectes sapidus</i>
18/07/2022	41,9071	8,7272	Lerissel Karine	Ajaccio - trottel large	<i>Caulerpa cylindracea</i>
20/07/2022	41,9404	9,4088	Veyssiere Dimitri	Etang de Palu - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
21/07/2022	41,8403	8,7595	Georgeault Nathan	Isolella	<i>Womersleyella setacea</i>
22/07/2022	41,8403	8,7595	Georgeault Nathan	Isolella	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
22/07/2022	41,8148	8,7573	Georgeault Nathan	Porticcio	<i>Womersleyella setacea</i>
26/07/2022	41,6425	9,3625	Stefani David	Lagune d'Arasu - Est	<i>Callinectes sapidus</i>
27/07/2022	41,8344	9,4230	Amiel Eric	Solenzara - Voilier	<i>Caulerpa cylindracea</i>
27/07/2022	41,6295	9,3479	Gavache Isabelle	St Cyprien - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
28/07/2022	41,7812	9,4071	Amiel Eric	Solenzara - Ancre de Favone	<i>Caulerpa cylindracea</i>
28/07/2022	41,9055	8,7234	Lerissel Karine	Ajaccio - trottel	<i>Caulerpa cylindracea</i>
30/07/2022	41,8421	8,7443	Lerissel Karine	Ajaccio	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
30/07/2022	41,7661	9,4100	Amiel Eric	Favone	<i>Womersleyella setacea</i>
30/07/2022	41,8671	8,7895	Georgeault Nathan	Ajaccio - Agosta plage	<i>Womersleyella setacea</i>
31/07/2022	41,9019	8,7060	Lerissel Karine	Ajaccio - A Cupulatta	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
31/07/2022	41,8464	8,7698	Georgeault Nathan	Isolella - A stagnola	<i>Caulerpa cylindracea</i>
31/07/2022	41,9019	8,7060	Lerissel Karine	Ajaccio - A Cupulatta	<i>Caulerpa cylindracea</i>
31/07/2022	41,8464	8,7698	Georgeault Nathan	Isolella - A stagnola	<i>Womersleyella setacea</i>
01/08/2022	41,6088	9,3123	Gascioli Isabelle	Porto-Novo	<i>Callinectes sapidus</i>
01/08/2022	42,5245	9,5325	Steeven Babootarie	Embouchure Golo - Amont	<i>Callinectes sapidus</i>
02/08/2022	41,4997	9,2689	Gavache Isabelle	Porto-Novo - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
04/08/2022	42,2812	8,6857	Borrossi Lucie	Porto - Bussaglia	<i>Caulerpa cylindracea</i>
04/08/2022	41,9878	9,4395	Malrasé Martin (Enquête)	Ghisonaccia - Calzarelo	<i>Callinectes sapidus</i>
07/08/2022	41,8483	8,7610	Georgeault Nathan	Isolella °	<i>Womersleyella setacea</i>
09/08/2022	41,8463	8,7486	Georgeault Nathan	Isolella - I Setti Navi Piton Nord	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
09/08/2022	41,8463	8,7486	Georgeault Nathan	Isolella - I Setti Navi Piton Nord	<i>Caulerpa cylindracea</i>
09/08/2022	41,8463	8,7486	Georgeault Nathan	Isolella - I Setti Navi Piton Nord	<i>Womersleyella setacea</i>
11/08/2022	41,8569	8,7501	Bousquet Jean François	Isolella - A Funtana	<i>Asparagopsis taxiformis</i>

11/08/2022	41,8550	9,4022	Amiel Eric	Isolella *	<i>Womersleyella setacea</i>
12/08/2022	42,0180	8,6250	Bousquet Jean François	Cargèse	<i>Caulerpa cylindracea</i>
13/08/2022	41,8522	8,7554	Bousquet Jean François	Isolella - Les Marmittes	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/08/2022	41,8401	8,7404	Bousquet Jean François	Ajaccio	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
14/08/2022	41,6377	9,3578	Jiroux Eric	Saint-Cyprien	<i>Callinectes sapidus</i>
14/08/2022	41,8404	8,7645	Georgeault Nathan	Isolella - Ghiatone	<i>Womersleyella setacea</i>
20/08/2022	41,8696	8,7745	Georgeault Nathan	Ajaccio	<i>Womersleyella setacea</i>
21/08/2022	42,7669	9,4722	Josse Julie	Erbalunga - Port	<i>Percnon gibbesi</i>
21/08/2022	42,6900	9,4481	Nemo de Figa (Facebook)	Bastia - Route du front de mer	<i>Callinectes sapidus</i>
26/08/2022	42,2526	9,5553	Petit Colin JC (Enquête)	Alistro - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
03/09/2022	41,9182	8,7622	Lerissel Karine	Ajaccio - I Scuglietti	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
04/09/2022	42,5997	8,8040	Chave Romain	Lumio - Punta di Spanu	<i>Percnon gibbesi</i>
06/09/2022	42,5690	8,7499	Lerissel Karine	Calvi - La bibliothèque	<i>Caulerpa cylindracea</i>
08/09/2022	42,5832	8,7267	Lerissel Karine	Calvi Revellata	<i>Caulerpa cylindracea</i>
11/09/2022	41,8377	8,7461	Bousquet Jean François	Isolella - Caroline	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
11/09/2022	41,8827	8,7801	Georgeault Nathan	Ajaccio - Pointe du Sofitel	<i>Womersleyella setacea</i>
24/09/2022	41,9055	8,7234	Georgeault Nathan	Ajaccio - trottet	<i>Womersleyella setacea</i>
09/10/2022	42,7553	9,4766	Buron Daniel	Le cirque Lavasina	<i>Caulerpa cylindracea</i>
09/10/2022	41,8456	8,7504	Georgeault Nathan	Isolella - I Setti Navi	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/10/2022	42,8110	9,4900	Guelfi Olivia (étudiante GILVHA)	Sisco - Crosciano	<i>Callinectes sapidus</i>
15/10/2022	42,7553	9,4708	Maelle Blettery	Les 3 roches Lavasina	<i>Caulerpa cylindracea</i>
15/10/2022	41,8456	8,7504	Lerissel Karine	Isolella - I Setti Navi	<i>Womersleyella setacea</i>
20/10/2022	41,5229	9,2731	Berquez Benoît	Santa Ghjulia	<i>Callinectes sapidus</i>
27/10/2022	42,5454	8,7218	Borrossi Lucie	Calvi - Punta Caprara	<i>Caulerpa cylindracea</i>
30/10/2022	41,4259	9,1044	Anrès Antonin	La Tonnara	<i>Parablennius pilicornis</i>
01/11/2022	41,8343	8,7225	Esposito Sabine	Golfe d'Ajaccio	<i>Caulerpa cylindracea</i>
06/11/2022	42,7158	9,4624	Buron Daniel	Grand Pain de Sucre (Bastia)	<i>Caulerpa cylindracea</i>
11/11/2022	42,7164	9,4592	Buron Daniel	Monsieur Bricolage	<i>Caulerpa cylindracea</i>
17/12/2022	42,5610	8,7573	Scortatore Romain	Calvi - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
03/01/2023	42,7745	9,4769	JL Guaitella	Erbalunga - Digue Port	<i>Callinectes sapidus</i>
04/01/2023	41,6780	9,3725	Jiroux Eric	Porto-Vecchio - St Lucie	<i>Callinectes sapidus</i>
05/01/2023	41,7701	9,4089	Amiel Eric	Favone - Sud	<i>Caulerpa cylindracea</i>
07/01/2023	41,7746	9,4050	Amiel Eric	Favone - La pyramide	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/01/2023	41,9182	8,7622	Lerissel Karine	Ajaccio - I Scuglietti	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/01/2023	41,9182	8,7622	Coulon Maxime	Ajaccio - I Scuglietti	<i>Lophocladia lallemandii</i>
15/01/2023	41,7965	9,4016	Amiel Eric	Solenzara - Canella	<i>Caulerpa cylindracea</i>
25/01/2023	41,8510	8,7617	Bousquet Jean François	Isolella - Les 3 frères	<i>Caulerpa cylindracea</i>
12/02/2023	41,7631	9,4097	Amiel Eric	Favone - Trou à Corbs	<i>Caulerpa cylindracea</i>
18/02/2023	41,7106	9,4132	Amiel Eric	Fautea - Les Cathédrales	<i>Caulerpa cylindracea</i>
19/02/2023	41,7482	9,4174	Amiel Eric	Tarco - Les pitons	<i>Caulerpa cylindracea</i>
22/02/2023	41,8510	8,7617	Georgeault Nathan	Isolella - Les 3 frères	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
24/02/2023	42,1545	9,5526	Four Brian	Etang de Terrenzana	<i>Callinectes sapidus</i>

27/02/2023	42,1529	9,5506	Zanca-Rossi Matthieu	Etang de Terrenzana - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
01/03/2023	41,6421	9,3588	Garde - CdC (agent Paul-Do Coli)	Lagune d'Arasu - Ouest	<i>Callinectes sapidus</i>
18/03/2023	42,7553	9,4708	Serafini Virginie	Brando - Trois roches	<i>Caulerpa cylindracea</i>
06/04/2023	41,3356	9,2607	Chave Romain	Lavezzi - Sud Est	<i>Percnon gibbesi</i>
11/04/2023	41,3372	9,2610	Chave Romain	Lavezzi - Est	<i>Percnon gibbesi</i>
17/04/2023	41,7482	9,4174	Bousquet Jean François	Tarco - Les pitons	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
20/04/2023	41,8504	8,7548	Bousquet Jean François	Isolella - Tête de mort	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
21/04/2023	42,2428	8,5419	Bousquet Jean François	Capo Rossu	<i>Caulerpa cylindracea</i>
23/04/2023	42,7088	9,4594	Buron Daniel	Bastia - Badèche	<i>Caulerpa cylindracea</i>
28/04/2023	41,4645	9,2784	Chave Romain	Rondinara - Sud	<i>Percnon gibbesi</i>

B. Annexe 2 : Liste des signalisations retenues et validées sur la période d'étude Mai– Novembre 2023

Date signalisation	X	Y	Auteur(s) signalisation	Lieu	Espèce(s) présente(s)
04/05/2023	42,1481	9,5535	Joset Amandine	Etang de Diana - Est	<i>Bursatella leachii</i>
05/05/2023	42,9847	9,4692	Chave Romain	Mezzana - îles Finocchiarola	<i>Percnon gibbesi</i>
07/05/2023	41,8374	8,7467	Esposito Sabine	Isolella - Pierre au filet	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
25/05/2023	41,8569	8,7501	Bousquet Jean François	Isolella - A Funtana	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
25/05/2023	41,6802	9,3721	Vincent Lucchinacci (élu commune de Zonza)	Lagune St Barbe Grau - Pinarellu	<i>Callinectes sapidus</i>
27/05/2023	41,8374	8,7405	Bousquet Jean François	Ajaccio - Tête de cheval	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
28/05/2023	41,8383	8,7425	Esposito Sabine	Ajaccio - A Campanina	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
28/05/2023	41,7701	9,4089	Amiel Eric	Favone - Sud	<i>Caulerpa cylindracea</i>
29/05/2023	41,8517	8,7591	Esposito Sabine	Isolella - Sodom et Gomorrhe	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
29/05/2023	41,7489	9,4192	Amiel Eric	Tarco - Le tombant	<i>Caulerpa cylindracea</i>
02/06/2023	41,8404	8,7425	Bousquet Jean François	Isolella - Les Pitons	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
02/06/2023	41,5567	9,3920	Amiel Eric	Porto-Vecchio - Danger du Torro	<i>Caulerpa cylindracea</i>
04/06/2023	41,8513	8,7585	Esposito Sabine	Isolella - Les Voûtes	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
06/06/2023	41,4438	9,1239	Alternante (Marie Catherine Sanotni)	Etang de Figari - Nord	<i>Callinectes sapidus</i>
12/06/2023	41,6417	9,3657	Garrido Marie	Lagune d'Arasu - Sud Ouest	<i>Callinectes sapidus</i>
12/06/2023	41,6804	9,3700	Garrido Marie	Lagune St Barbe Centre - Pinarellu	<i>Callinectes sapidus</i>
13/06/2023	41,4537	9,0980	Garrido Marie	Etang de Figari - Rive ouest	<i>Callinectes sapidus</i>
15/06/2023	41,4499	9,0958	Garrido Marie	Etang de Pisciu Cane	<i>Callinectes sapidus</i>
16/06/2023	41,6827	9,4020	Amiel Eric	Favone - A Roscana	<i>Womersleyella setacea</i>
18/06/2023	41,7726	9,4085	Amiel Eric	Favone - La barrière	<i>Caulerpa cylindracea</i>
20/06/2023	42,6579	9,4485	Garrido Marie	Etang de Biguglia - Grau	<i>Arcuatula senhousia</i>
20/06/2023	42,5755	9,5016	Garrido Marie	Etang de Biguglia - Sud Sud	<i>Arcuatula senhousia</i>
20/06/2023	42,1498	9,5466	Garrido Marie	Etang de Diana	<i>Clavelina oblonga</i>
20/06/2023	42,1498	9,5466	Garrido Marie	Etang de Diana	<i>Rhithropanopeus harrisii</i>
20/06/2023	42,1498	9,5466	Garrido Marie	Etang de Diana	<i>Styela plicata</i>
25/06/2023	41,8343	8,7225	Esposito Sabine	Isolella - Large	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
29/06/2023	42,3386	9,5398	André Serena	Taverna - Port	<i>Callinectes sapidus</i>
29/06/2023	41,5939	9,2880	Monnier Briac	Porto-Vecchio - Digue	<i>Halophila stipulacea</i>
30/06/2023	41,9481	9,4067	Garrido Marie	Etang de Palu	<i>Callinectes sapidus</i>
30/06/2023	41,6807	9,3709	Garrido Marie	Lagune St Barbe - Pinarellu	<i>Callinectes sapidus</i>
01/07/2023	41,6821	9,3752	Castel Céline	Plage de Pinarellu	<i>Callinectes sapidus</i>
01/07/2023	41,4567	9,0399	Dupre-Poiget Marjorie	Pianotolli - Capineru	<i>Caulerpa cylindracea</i>
01/07/2023	41,9260	8,7677	Lerissel Karine	Ajaccio - CSLG	<i>Lophocladia lallemandii</i>
02/07/2023	41,9078	8,7389	Esposito Sabine	Ajaccio - Hélène	<i>Caulerpa cylindracea</i>
03/07/2023	42,1470	9,5538	Monnier Briac	Etang de Diana - Plage de Tallone	<i>Bursatella leachii</i>

05/07/2023	41,9260	8,7677	Lerissel Karine	Ajaccio - CSLG	<i>Womersleyella setacea</i>
07/07/2023	41,4612	9,0206	Scalera Riccardo	Réserve des Bruzzi - Nord	<i>Callinectes sapidus</i>
08/07/2023	42,5353	9,5345	Pêcheurs	Plage Marana - Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
08/07/2023	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Caulerpa cylindracea</i>
08/07/2023	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Womersleyella setacea</i>
08/07/2023	41,7634	9,4112	Amiel Eric	Favone - Trou à Corbs ouest	<i>Womersleyella setacea</i>
10/07/2023	41,8504	8,7548	Lerissel Karine	Isolella - Tête de mort	<i>Caulerpa cylindracea</i>
10/07/2023	41,8504	8,7548	Lerissel Karine	Isolella - Tête de mort	<i>Womersleyella setacea</i>
10/07/2023	41,8860	8,7930	Georgeault Nathan	Porticcio - Plage de la Closerie	<i>Womersleyella setacea</i>
11/07/2023	41,8827	8,7801	Georgeault Nathan	Ajaccio - Pointe du Sofitel	<i>Womersleyella setacea</i>
12/07/2023	41,4888	8,9662	Giannini Francesca	Mariola - Plage de Mucchiu Biancu	<i>Callinectes sapidus</i>
12/07/2023	41,4956	8,9347	Monaldi Claudia	Roccapina - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
14/07/2023	41,8600	8,7891	Georgeault Nathan	Ajaccio - Agosta plage Centre	<i>Womersleyella setacea</i>
14/07/2023	41,7746	9,4050	Amiel Eric	Favone - La pyramide	<i>Womersleyella setacea</i>
20/07/2023	41,8510	8,7617	Georgeault Nathan	Isolella - Les 3 frères	<i>Womersleyella setacea</i>
20/07/2023	41,8240	9,4059	Amiel Eric	Sari-Solenzara Plage de Cala D'Oro	<i>Womersleyella setacea</i>
21/07/2023	41,7631	9,4097	Amiel Eric	Favone - Trou à Corbs	<i>Womersleyella setacea</i>
22/07/2023	41,8464	8,7698	Georgeault Nathan	Isolella - A Stagnola	<i>Womersleyella setacea</i>
29/07/2023	41,4457	9,0889	Charavel Jules	Testa - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
29/07/2023	41,7661	9,4100	Amiel Eric	Favone - Pain de sucre Sud	<i>Caulerpa cylindracea</i>
29/07/2023	41,7661	9,4100	Amiel Eric	Favone - Pain de sucre Sud	<i>Womersleyella setacea</i>
01/08/2023	41,6431	9,3652	Tranier Blot Isabelle	Lagune d'Arasu	<i>Callinectes sapidus</i>
01/08/2023	41,4857	8,9955	Dupre-Poiget Marjorie	Aullène - Anse de Furnello	<i>Caulerpa cylindracea</i>
02/08/2023	41,9080	8,7261	Georgeault Nathan	Ajaccio - A Guardiola	<i>Caulerpa cylindracea</i>
02/08/2023	41,9080	8,7261	Georgeault Nathan	Ajaccio - A Guardiola	<i>Womersleyella setacea</i>
04/08/2023	41,8473	8,7618	Georgeault Nathan	Isolella - Sainte Barbe	<i>Caulerpa cylindracea</i>
09/08/2023	41,8374	8,7405	Bousquet Jean François	Ajaccio - Tête de cheval	<i>Caulerpa cylindracea</i>
12/08/2023	41,8404	8,7425	Buron Daniel	Isolella - Les Pitons	<i>Caulerpa cylindracea</i>
13/08/2023	41,9071	8,7272	Esposito Sabine	Ajaccio - trottet large	<i>Caulerpa cylindracea</i>
14/08/2023	42,6209	9,4781	Catala Martine	Lido Marana - Centre Lodge E Mare	<i>Callinectes sapidus</i>
15/08/2023	41,4857	8,9955	Dupre-Poiget Marjorie	Aullène - Anse de Furnello	<i>Callinectes sapidus</i>
16/08/2023	41,9271	8,7742	Madoré Sylvain	Ajaccio - Plage du Ricanto	<i>Callinectes sapidus</i>
16/08/2023	42,0086	9,4618	Peccolo Davide	Ghisonaccia - Plage de Pinia	<i>Callinectes sapidus</i>
17/08/2023	41,4857	8,9955	Ollivier Harold	Aullène - Anse de Furnello	<i>Callinectes sapidus</i>
17/08/2023	41,5226	8,8801	Raulet Annick	Sartène - Plage de Tralicettu	<i>Callinectes sapidus</i>
17/08/2023	42,6123	8,8510	CRPMEM Corse	Algajola - San damiano	<i>Fistularia commersonii</i>
18/08/2023	41,9900	8,6679	Bastianaggi Gabriel	Lava - Golfe	<i>Percnon gibbesi</i>
19/08/2023	42,7532	9,4777	Buron Daniel	Brando - La roche à Philippe (Lavasina)	<i>Caulerpa cylindracea</i>
23/08/2023	41,8518	8,7558	Bousquet Jean François	Isolella - Chat qui fume	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
23/08/2023	41,9364	9,4135	Fenocchi Mathieu	Etang de Palu - Grau Sud	<i>Callinectes sapidus</i>
23/08/2023	41,8518	8,7558	Bousquet Jean François	Isolella - Chat qui fume	<i>Caulerpa cylindracea</i>
24/08/2023	42,6800	9,2914	Crispi Alexandre	St Florent	<i>Callinectes sapidus</i>

24/08/2023	42,1143	8,6520	Felicia Fruhling-Jantac	Sagone - Triu Funtanella	<i>Percnon gibbesi</i>
25/08/2023	41,9033	8,7196	Esposito Sabine	Ajaccio - Le Dolmen	<i>Caulerpa cylindracea</i>
26/08/2023	41,9422	9,4148	Mirande Jérôme	Etang de Palu - Plage	<i>Callinectes sapidus</i>
03/09/2023	41,9270	8,7744	Madoré Sylvain	Ajaccio - Plage du Ricanto2	<i>Callinectes sapidus</i>
09/09/2023	41,8569	8,7501	Bousquet Jean François	Isolella - A Funtana	<i>Caulerpa cylindracea</i>
09/09/2023	41,7726	9,4085	Amiel Eric	Favone - La barrière	<i>Womersleyella setacea</i>
10/09/2023	41,7106	9,4132	Amiel Eric	Fautea - Les Cathédrales	<i>Womersleyella setacea</i>
14/09/2023	42,0775	8,7173	Battaglini Danièle	Liamone - Fleuve	<i>Callinectes sapidus</i>
14/09/2023	42,0874	8,7107	Battaglini Danièle	Liamone - Marécage	<i>Callinectes sapidus</i>
15/09/2023	42,3384	9,5400	André Serena	Taverna - Port 2	<i>Callinectes sapidus</i>
21/09/2023	41,6328	9,3679	Clairouin Noël	Ilot Cornutto, St Cyprien	<i>Aplysia dactylomela</i>
30/09/2023	41,7752	9,4102	Amiel Eric	Favone - La Roche Bleue	<i>Caulerpa cylindracea</i>
30/09/2023	41,7752	9,4102	Amiel Eric	Favone - La Roche Bleue	<i>Womersleyella setacea</i>
01/10/2023	41,8250	9,4081	Amiel Eric	Sari-Solenzara Cala D'Oro	<i>Womersleyella setacea</i>
07/10/2023	41,8383	8,7425	Lerissel Karine	Ajaccio - A Campanina	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
07/10/2023	42,7047	9,4612	Blettery Maelle	Bastia - La roche à homard	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>
07/10/2023	41,7484	9,4204	Amiel Eric	Tarco - Le cratère	<i>Womersleyella setacea</i>
14/10/2023	41,8514	8,7580	Bousquet Jean François	Isolella - Denver	<i>Asparagopsis taxiformis</i>
21/10/2023	42,5832	8,7267	Lerissel Karine	Calvi Revellata	<i>Womersleyella setacea</i>
22/10/2023	42,5832	8,7267	Blettery Maelle	Calvi Revellata	<i>Caulerpa cylindracea</i>
12/11/2023	42,7105	9,4589	Buron Daniel	Bastia - Badèche2	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>
18/11/2023	41,4610	9,2468	Amiel Eric	Favone - Sud2	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>
19/11/2023	41,7746	9,4050	Duport Florian	Favone - La pyramide	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>
26/11/2023	42,7128	9,4558	Ruiz Céline	Bastia - Minelli plage nord Toga	<i>Caulerpa cylindracea</i>
26/11/2023	42,7128	9,4558	Ruiz Céline	Bastia - Minelli plage nord Toga	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>
27/11/2023	41,7965	9, 4016	Amiel Eric	Solenzara - Canella	<i>Lamprohaminoea ovalis</i>

C. Annexe 3 : Fiches signalisations créées pour les espèces nouvellement observées

LIÈVRE DE MER OCELLÉ

Aplysia dactylomela

© J.G. HARMELIN

Identification

- Escargot marin (Mollusque-gastéropode)
- Taille : 7,5 cm à 15 cm pouvant aller jusqu'à 40 cm
- Couleur : très variable pouvant être gris pâle, vert, brun ou jaune
- Morphologie :
 - Corps ovale, fortement bombé au milieu et effilé aux extrémités
 - Tête porte 2 rhinophores en "oreilles de lièvre"
 - Coquille réduite qui est peu visible
 - Manteau à anneaux noirs ou verts irréguliers

Milieu de vie

- De 0 à -15 m pouvant aller jusqu'à -40 m
- Préfère les fonds sableux avec herbiers ou algues, peut être présent sur des fonds rocheux ou caillouteux recouverts d'algues
- Se cache la journée et sort à la tombée du jour pour s'alimenter et se reproduire

© C. PÉNISSON

Reproduction

- Animal hermaphrodite pouvant former des chaînes d'individus superposés
- Chaque adulte peut produire plusieurs millions d'œufs.
- Larves planctoniques
- Maturité sexuelle dès 2 mois

LIÈVRE DE MER OCELLÉ

Aplysia dactylomela

Confusions possibles

Aplysia argus

© P. BOURJON

Présente dans l'Indo-Pacifique

Anciennement connue comme *A. dactylomela*

Aplysia oculifera

© J. IMAMOTO

Pas d'anneaux

Moins effilé aux extrémités

Présente dans l'Océan Indien et le Pacifique Ouest

Les individus de l'Indo-Pacifique attribués à *A. dactylomela* appartiennent en fait à l'espèce sœur, *A. argus*

© J.G. HARMELIN

Aplysia dactylomela

Effilé aux extrémités

Bombé au milieu

Anneaux foncés irréguliers

⚠ Ses toxines le rendent non comestible ⚠

LIÈVRE DE MER EFFILOCHÉ

Bursatella leachii

© B. MONNIER

Identification

- Escargot marin (Mollusque-gastéropode)
- Taille : de 5 à 10 cm pouvant aller jusqu'à 20 cm
- Couleur : très variable pouvant être gris-vert, blanc-beige, noir ou orange
- Morphologie :
 - Aspect chevelu et hirsute avec les longues et fines excroissances
 - Corps plus large à l'arrière qu'à l'avant
 - Ocelles bleus, aux centres noirs ou jaunes avec zones verdâtres
 - Tête porte 2 rhinophores enroulés sur eux-mêmes
 - Tentacules buccaux bien développés
 - Adultes dépourvus de coquille interne

Milieu de vie

- Eaux abritées et peu profondes
- Fonds sableux, vaseux ou recouverts de *Caulerpa prolifera*, *Cymodocea nodosa* ou *Zostera noltei* (estuaires et les bassins de marée)
- Se camoufle avec son environnement
- Active le jour pour se nourrir et se cache la nuit

Reproduction

- Animal hermaphrodite
- Stade larvaire très court avec larves planctoniques
- Maturité sexuelle à 2 ou 3 mois
- En Méditerranée, il ne semble pas y avoir de période plus favorable qu'une autre pour la reproduction

LIÈVRE DE MER EFFILOCHÉ

Bursatella leachii

Confusions possibles

Pas de risque de confusion avec d'autres espèces présentes en Méditerranée

© A. JOSET

Bursatella leachii

Nombreuses longues et fines excroissances

⚠ Couleur peut varier

© A. JOSET

Pied large

Le saviez-vous ?

- Peut cracher un jet d'encre violette permettant de dissimuler sa fuite
- Sa glande productrice d'encre pourrait éventuellement avoir un intérêt pharmacologique

D. Annexe 4 : Valorisation scientifique des résultats du RAC dans une publication

Article

An Overview of Marine Non-Indigenous Species Found in Three Contrasting Biogeographic Metropolitan French Regions: Insights on Distribution, Origins and Pathways of Introduction

Cécile Massé ^{1,*}, Frédérique Viard ^{2,†}, Suzie Humbert ¹, Elvire Antajan ³, Isabelle Aubry ³, Guy Bachelet ⁴, Guillaume Bernard ^{1,3}, Vincent M. P. Bouchet ⁵, Thomas Burel ⁶, Jean-Claude Dauvin ⁷, Alice Delegrange ⁵, Sandrine Derrien-Courtet ⁸, Gabin Droual ^{9,10}, Benoit Gouillieux ⁴, Philippe Goulletquer ¹¹, Laurent Guérin ¹, Anne-Laure Janson ¹, Jérôme Jourde ¹², Céline Labrunie ¹³, Nicolas Lavesque ⁴, Jean-Charles Leclerc ¹⁴, Michel Le Duff ¹⁵, Vincent Le Garrec ¹⁵, Pierre Noël ¹, Antoine Nowaczyk ⁴, Christine Pergent-Martini ¹⁶, Jean-Philippe Pezy ⁷, Aurore Raoux ⁷, Virginie Raybaud ¹⁷, Sandrine Ruitton ¹⁸, Pierre-Guy Sauriau ¹², Nicolas Spilmont ⁵, Delphine Thibault ¹⁸, Dorothée Vincent ¹⁹ and Amelia Curd ⁹



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

Academic Editor: Bert W. Hoeksma

Received: 22 December 2022

Revised: 19 January 2023

Accepted: 19 January 2023

Published: 23 January 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- ¹ PATRINAT, OFB—MNHN—CNRS—IRD, 75005 Paris, France
- ² ISEM, Univ Montpellier, CNRS, IRD, 34095 Montpellier, France
- ³ Ifremer, LITTORAL, 33120 Arcachon, France
- ⁴ CNRS, Bordeaux INP, EPOC, Univ. Bordeaux, UMR 5805, 33600 Pessac, France
- ⁵ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, IRD, UMR8187, LOG, 59000 Lille, France
- ⁶ Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, 29280 Plouzané, France
- ⁷ Laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière, Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS, UMR 6143 M2C, 24 rue des Tilleuls, 14000 Caen, France
- ⁸ Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine, Place de la Croix, 29900 Concarneau, France
- ⁹ Ifremer, DYNECO, 29280 Plouzané, France
- ¹⁰ DECOD (Ecosystem Dynamics and Sustainability), IFREMER, INRAE, Institut Agrocampus Ouest, 44980 Nantes, France
- ¹¹ Ifremer, Centre Atlantique, Scientific Direction, Rue de l'Île d'Yeu, B.P. 21105, CEDEX 03, 44311 Nantes, France
- ¹² Laboratoire Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs), CNRS, La Rochelle Université, UMR 7266, 17000 La Rochelle, France
- ¹³ Laboratoire d'Ecogéochimie des Environnements Benthiques (LECOB), Observatoire Océanologique de Banyuls, CNRS, Sorbonne Université, UMR 8222, 66650 Banyuls-sur-Mer, France
- ¹⁴ Station Biologique de Roscoff, Place Georges Teissier, Sorbonne Université, CNRS, UMR 7144 AD2M, 29680 Roscoff, France
- ¹⁵ Univ Brest, CNRS, IRD, Observatoire OSU-IUEM, 29280 Plouzané, France
- ¹⁶ Université de Corse Pascal Paoli, UMR-CNRS 6134 SPE, EqEL, BP 52, 20250 Corte, France
- ¹⁷ Université Côte d'Azur, CNRS, ECOSEAS, 06108, Nice, France
- ¹⁸ MIO (Mediterranean Institute of Oceanography), Aix-Marseille Université and Université de Toulon, CNRS, IRD, Campus de Luminy, 13009 Marseille, France
- ¹⁹ Office Français de la Biodiversité (OFB)—Direction Surveillance Evaluation et Données (DSUED)—Service Ecosystèmes Connaissances et Usages des Milieux Marins (ECUMM), 16 Quai de la Douane, 29200 Brest, France

* Correspondence: cecile.masse@mnhn.fr

† These authors contributed equally to this work.

Abstract: Biological invasions are one of the main global threats to biodiversity in terrestrial, freshwater and marine ecosystems worldwide, requiring effective inventorying and monitoring programs. Here, we present an updated list of non-indigenous species in French marine and transitional waters. Focused on eukaryote pluricellular species found throughout the three metropolitan French marine regions (Western Mediterranean Sea, Bay of Biscay and the Northern Seas), a total of 342 non-indigenous, including 42 cryptogenic, species are listed as having been introduced since the 13th century. The majority of the species originated from the temperate Northern Pacific. They mainly arrived through both ballast and hull fouling and also are associated with shellfish farming activities. Most of them have been introduced since the 1970s, a time when maritime and aquaculture trade intensified. Despite important human-aided opportunities for species transfer between the three

marine regions (for instance, via recreational boating or aquaculture transfers), only a third of these NIS are common to all regions, as expected due to their environmental specificities.

Keywords: species introductions; inventory; biogeographic provinces; maritime trade; aquaculture; France; baseline; MSFD

1. Introduction

Non-indigenous species (NIS) introduction rates have escalated over the last century, at a global scale, due to the ever-increasing globalisation of trade and transportation [1,2]. Only a small fraction become invasive alien species (IAS, i.e., NIS showing significant negative impacts as defined by European Union Regulation No 1143/2014), noticeably inducing a wide range of ecological and socio-economic damages, including the large-scale homogenisation of biological diversity [3] as well as impacts on human health [4] and the economy [5]. As a consequence, IAS have been identified as one of the five main direct drivers of biodiversity change by the Convention on Biological Diversity (CBD) since 2000 and, more recently, by the Intergovernmental Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES 2019) [6]. Non-indigenous species are, therefore, the subject of descriptive and applied research, as well as the target of a range of regulations and policies. In France, they are central to the objectives of a long-standing research network (Groupement de Recherche, GDR) entirely dedicated to “Biological Invasions” as well as an “Invasive Alien Species (IAS) Resource Center” (IUCN/OFB; <https://especes-exotiques-envahissantes.fr/> accessed on December 2022) intended to promote exchanges between researchers, policy-makers, managers and stakeholders and to provide resources for better IAS management. Moreover, a national strategic plan published in 2017 and implemented through an action plan to prevent both the introduction and spread of invasive NIS was launched in 2022 (<https://www.ecologie.gouv.fr/lancement-du-plan-daction-prevenir-lintroduction-et-propagation-des-especes-exotiques-envahissantes> accessed on December 2022).

In marine and transitional environments, management and, in particular, eradication of invasive species are extremely challenging, with very few successful examples to date (see examples in [7]). Regulations have therefore prioritised efforts to prevent NIS introductions or to reduce their spread at an early stage of introduction [7], both of which require dedicated monitoring programs. As an EU Member State, France implements the Marine Strategy Framework Directive (MSFD—Directive 2008/56/EC) [8]. Under this directive, descriptor 2 (D2) is dedicated to NIS, aiming to reduce and, ideally, stop their introduction. The primary criterion for this descriptor is the number of new NIS, which must be reported by each of the European Member States. However, to control progress towards this achievement, not only is accurate monitoring required, for instance, by relying on the taxonomic expertise of the operator, but also robust and reliable baselines are needed [9] with the ultimate aim of minimising uncertainties and errors. Such a baseline was provided at the European scale in the study by Zenetos et al. [10]. As a companion paper to this study, we here provide a more detailed baseline for the French metropolitan coastline.

To consider the singularity of the French metropolitan coastline, our inventory is based upon the division into three biogeographic provinces sensu Spalding et al. [11], i.e., the Mediterranean, the Lusitanian and the Northern European Sea provinces, hereafter referred to as the French regions of (1) the Western Mediterranean Sea, (2) the Bay of Biscay (i.e., the Atlantic Ocean) and (3) the Northern Seas (encompassing the French parts of the Celtic Sea, the English Channel and the North Sea). These biogeographic regions display strongly contrasted oceanographic features (Figure 1), for instance: (1) the Mediterranean Sea has a microtidal regime and corresponds to the warmest and most oligotrophic conditions; this ecosystem is also known for hosting the largest amount of marine NIS at the European level [10,12]; (2) the Bay of Biscay, open to the Atlantic

Ocean, presents a very strong and complex hydrodynamic regime and stratified waters; and (3) the Northern Seas are also characterised by strong tidal currents and ranges, and homogeneously mixed waters because of shallower depths [13]. As expected among distinct biogeographic provinces [11], the species assemblages among these three regions are distinctive, as exemplified by Gallon et al. (2017) [14], for the species inhabiting sublittoral soft bottom habitats. Human activities are, however, important throughout, and regular trade and exchanges occur among all three provinces. In addition to trans-oceanic primary introductions, NIS movements are thus expected across these regions due, for instance, to aquaculture practices and transfers, maritime traffic or recreational boating. Aquaculture is a putatively important pathway in Europe, particularly in France, due to important shellfish farming activities [15,16]. Similarly, regional shipping and recreational vessels, two vectors that have received little attention until recently, are now recognised as major vectors of spread [17]. More recently, marine debris has been shown to be another important vector for NIS spread [18]. All these pathways can lead to secondary introductions or further spread of NIS [19,20]. We thereby expect that, regardless of the region of first introduction, NIS may spread naturally across regions and establish if they can find favourable habitats in another close region, for instance, by stepping-stone dispersal between the Bay of Biscay and the Northern Seas. In addition, due to human activities, NIS first introduced in an unfavourable habitat may finally be transported to a more favourable one, as exemplified by cold temperate species first introduced in the Mediterranean Sea finally finding favourable living conditions and thriving in the North Seas. This example holds for the kelp *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, 1873, native to the temperate north-western Pacific, which was first introduced into the Thau Lagoon (western Mediterranean Sea) but did not spread further, whereas it rapidly escaped and established populations in the English Channel (Northern Seas) following its introduction for cultivation purposes [21,22].

Within this context, we aim to provide an updated inventory of known marine and estuarine NIS and to document their attributes (taxonomy, origins and vectors), not only at the French national level but also for each of the three French biogeographic regions (Figure 1), with the main objective of providing an updated baseline for future works. We also assess whether the current regions of species occurrence are different from the region where they were first reported and whether the Mediterranean Sea displays species that are only found in these warmer waters, and, conversely, whether the two other regions with more similar environmental conditions share NIS. A final goal of this paper is to point out the uncertainties in NIS monitoring, such as those due to (1) the identification methods used, (2) systematic/taxonomic revisions and changes and (3) biogeographic uncertainties (notably regarding NIS origins). These considerations aim to provide recommendations for future monitoring networks and programmes.

2. Methodology

Previous lists of NIS found in the French metropolitan waters, published in Goulletquer et al. [23] and Goulletquer [24], were updated based on the following sources: data from scientific NIS literature (e.g., Blanchard et al., [25] for Brittany; Dewarumez et al. [26] for the Opal coast; Pezy et al. [27] for Normandy), from annual ICES French national reports (e.g., ICES 2022) [28], from the MSFD monitoring programme (under development), and from other monitoring surveys conducted as part of ongoing research projects, such as the National Observation Service of Benthic Macrofauna (SNO BenthOBS). Data were compiled and reviewed by the members of the “French D2 Expert Working Group” who authored this article.

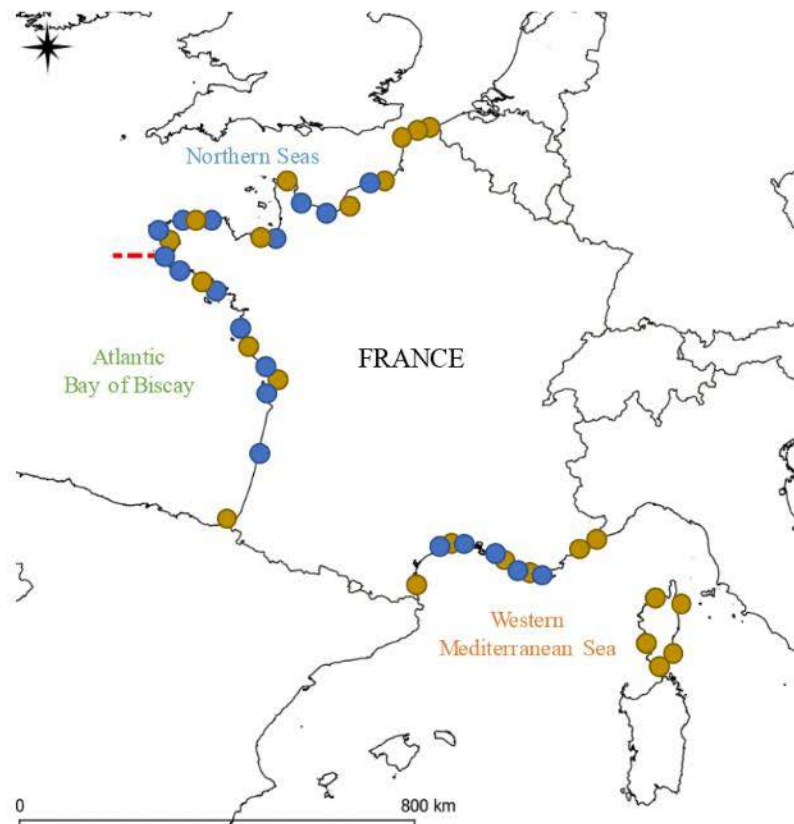


Figure 1. Delimitation of the three regions along the French coast defined for this study according to the Marine Strategy Framework Directive. Northern Seas encompass the Celtic Sea, the English Channel and the North Sea. Blue circles represent the main French sites of shellfish farming. Brown circles represent the main French ports according to the European Marine Observation and Data Network (EMODnet: <https://www.emodnet-humanactivities.eu/> accessed on December 2022), based on maritime transport (goods, passengers and vessel traffic) provided by ports. Note that in 2015, 473 maritime ports with 186,000 berths were counted along the French metropolitan coastline (Department of Maritime Affairs, 2015).

2.1. Geographic Coverage

Data that were included encompass the coasts of the whole of mainland France plus the island of Corsica (i.e., metropolitan France) but exclude overseas territories. The French coastline was divided into three marine regions (Figure 1), with the border between the Bay of Biscay and Northern Seas corresponding to the administrative limit defined by the MSFD and OSPAR (Oslo-Paris regional sea convention) between the subregions of the Bay of Biscay and the Celtic Seas. Note that the term “Northern Seas” is adapted from the “Northern European Seas” of Spalding et al. [11] and corresponds to the French regions of the Celtic Sea, English Channel and North Sea.

2.2. Data Included

The dataset compiles all species observed at least once (i.e., the data includes species that are nowadays extinct), whether they were observed in an introduction hotspot (e.g., ports) or in the wild and their developmental stage (Table S1). Note that a first report does not necessarily correspond to early detection. Some, if not most species, when identified for the first time, were already widespread (e.g., the tunicate *Asterocarpa humilis* (Heller, 1878) along the Western English Channel [29]. The time period considered starts with the first known introduction in the 13th century and ends in September 2022. The number of new NIS (i.e., first reported at the French level) is reported per year, with the year of first record related to the year of first observation. In the absence of information regarding the observation date, the publication date was noted instead. In cases of temporal uncertainty (e.g., the time period is indicated as a range, for instance, “in the 1970s”), the median year is provided.

This update focuses on pluricellular species belonging to the kingdoms of Animalia, Chromista and Plantae. Information sources are provided for each species (Table S1). Cryptogenic species are included in the list, except for those species reported as currently expanding their natural range—such as those resulting from climate change. Following MSFD recommendations [9], estuarine species reported in oligohaline zones (salinity < 5) only observed in coastal waters were included. The Mediterranean Sea and the South European Atlantic Shelf regions are separated by a well-documented biogeographic barrier, the Almeria-Oran front, where phylogeographic breaks also occur [30]. Thus, for the Mediterranean Sea and Bay of Biscay regions, species native to one or the other region were included when (1) a human-assisted introduction is supported by strong evidence (e.g., the nassariid *Tritia neritea* (Linnaeus, 1758), see the Discussion section) and (2) the species was absent along the Iberian coast at the date of introduction attesting that it did not follow a natural expansion.

2.3. Species Attributes

The current status of the presence of each species in every French marine region is given, based on available data in the scientific literature, in the French National Inventory of Natural Heritage (INPN: <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index?lg=en> accessed in December 2022) and on expert knowledge. According to the literature, species can be classified into seven occurrence categories: One record, i.e., observed once; Casual, i.e., very rarely observed; Established, i.e., populations are observed; Established to invasive when populations are more and more predominant in an ecosystem of the considered biogeographic region; Invasive, i.e., when a population is dominant and an impact has been documented in the literature in at least one ecosystem of the considered biogeographic region; Extinct; or Native. Note that the word “extinct” means that the species was never further reported/observed in France following its first report. There may, however, be false negative reports in case of unnoticed populations/individuals. This status also holds only for the study area, such as the three French regions here investigated, whereas the species might still be present in other European seas or elsewhere.

Regarding the NIS geographic origin, the native distribution area of the reported NIS was defined according to their biogeographic realm, as detailed in Spalding et al. [11]. For NIS originating from a European sea, the province level, sensu Spalding et al. [11], was used to get a more accurate spatial definition.

Presumed pathways of first NIS introductions in France were attributed based on the literature. The recommendations from the Convention on Biological Diversity (IUCN 2018) [31] propose six categories of pathways (Table 1): two for intentional introductions, for example, “release in nature” for NIS that were introduced to be cultivated but established beyond farms [e.g., the kelp *Undaria pinnatifida* or the oyster *Magallana gigas* (Thunberg, 1793)]; two for unintentional introductions, for example, “transport as hitchhikers”, for NIS associated with intentionally introduced species (e.g., the bivalve *Anomia chinensis* Philippi, 1849 unintentionally introduced with the oyster *Magallana gigas*); and two for introductions

through corridors or secondary dispersal as exemplified by species introduced via the Suez Canal into the Mediterranean Sea.

Table 1. Pathway categories and associated vectors used in this study adapted from Harrower et al., 2018.

Type of Release	Pathway Categories	Vectors
Intentional	Release in nature	Fishery in the wild (including game fishing) Other intentional release Aquaculture/mariculture
	Escape from confinement	Botanical garden/zoo/aquaria (excluding domestic aquaria) Live food and live bait
Unintentional	Transport-Hitchhikers	Hitchhikers on animals (except parasites, species transported by host/vector) Parasites on animals (including species transported by host and vector) Angling/fishing equipment
		Hitchhikers on ship/boat (excluding ballast water and hull fouling)
	Transport-Stowaway	Organic packing material, in particular, wood packaging Ship/boat ballast water Ship/boat hull fouling
		Interconnected waterways/basins/seas
	Corridor	
	Unaided	Natural secondary dispersal across borders of invasive alien species that have been introduced

3. Results

3.1. NIS Number, Taxonomic Identity (over France and per Region) and Status

A total of 342 marine non-indigenous ($n = 300$) and cryptogenic ($n = 42$) species were introduced into French metropolitan waters (Table S1, see Data Availability Section to retrieve the list). The distribution among kingdoms is strongly unbalanced, with 70% belonging to animals, 24% to plants and 6% to chromists, and are divided into 15 phyla (Table 2). A third of them are shared across the three French regions, and 34–42% are present nowadays in at least two regions (Figure 2). The overlap is slightly higher between the Northern Seas and the Bay of Biscay (i.e., 42% of the 342 species) than between one or the other of these two regions and the Western Mediterranean Sea (i.e., 34% and 38%, respectively). Of the 342 species introduced, 14 were reported later as extinct at the French national level. For the remaining ones, their status (from extinct to invasive) is variable across regions (Table S1 and Figure 3).

Table 2. Number and proportion of NIS across phylum and biogeographic region along the French coast.

Kingdom	Phylum	Overall French Coastline	Northern Seas	Bay of Biscay	Western Mediterranean
Plantae	Rhodophyta	67 (20%)	26 (15%)	31 (17%)	59 (24.7%)
	Chlorophyta	10 (3%)	3 (2%)	2 (1%)	10 (4%)
	Tracheophyta	5 (1%)	3 (2%)	4 (2%)	2 (0.8%)
Chromista	Ochrophyta	20 (6%)	6 (4%)	6 (3%)	18 (7.5%)
Animalia	Arthropoda	69 (20%)	44 (26%)	47 (25%)	38 (16%)
	Mollusca	44 (13%)	23 (14%)	29 (16%)	25 (10%)
	Chordata	43 (13%)	18 (11%)	21 (11%)	36 (15%)
	Annelida	38 (11%)	22 (13%)	22 (12%)	18 (8%)
	Cnidaria	23 (7%)	9 (5%)	8 (4%)	17 (7%)
	Bryozoa	16 (5%)	9 (5%)	10 (5%)	11 (5%)
	Platyhelminthes	2 (0.5%)	2 (0.5%)	2 (1%)	1 (0.4%)
	Porifera	2 (0.5%)	1 (0.5%)	1 (1%)	1 (0.4%)
	Ctenophora	1 (0%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (0.4%)
	Nematoda	1 (0%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (0.4%)
	Echinodermata	1 (0%)	0	0	1 (0.4%)

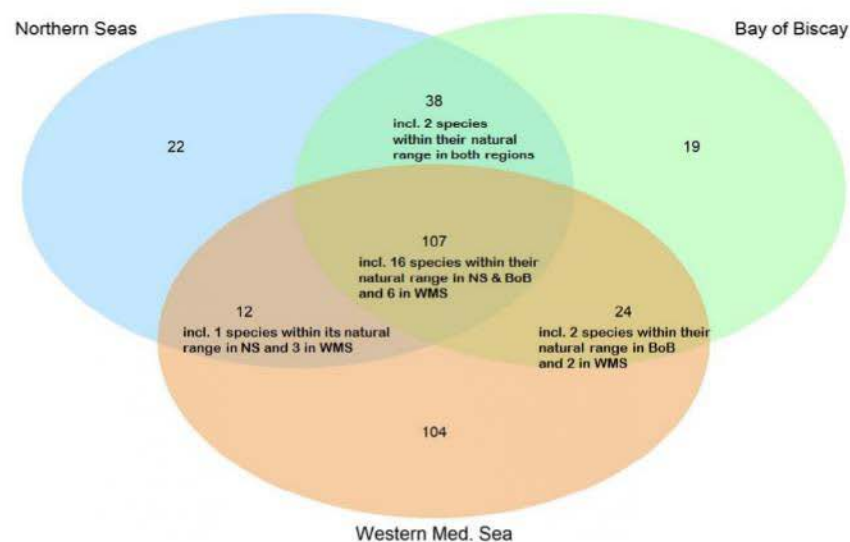


Figure 2. Venn diagram of the number of NIS exclusive to each of the three biogeographic regions and shared across regions. The numbers include species within their natural range in one region but introduced in another one, as detailed in the figure. “NS”, “BoB” and “WMS” stand for Northern Seas, Bay of Biscay and Western Mediterranean Sea, respectively. Note that the status of the species considered here may be from casual to invasive (see details in Table S1).

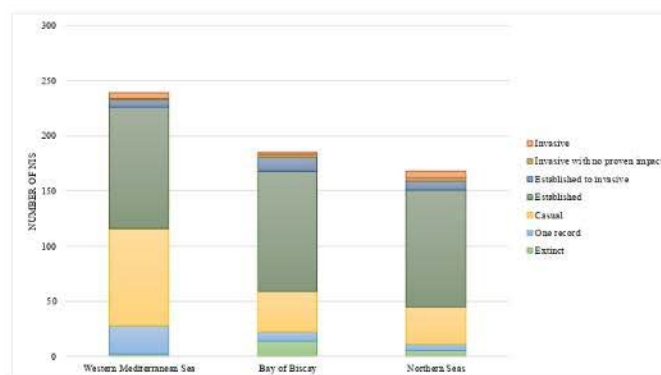


Figure 3. Number of NIS per presence status in each of the three French biogeographic regions.

Western Mediterranean Sea

Among the 342 non-indigenous and cryptogenic species, 239 (70%) were introduced along the French Mediterranean coast (204 non-indigenous and 35 cryptogenic), of which 104 are present only within this region (Figure 2). These species belong to the animal (150 species; 63%), plant (71 species; 30%) and chromist (18 species; 8%) kingdoms and are divided into 15 phyla (Table 2). The vast majority are well-established (46%) or casual (37%), with only 2% invasive in this region (Figure 3).

Bay of Biscay

In the Bay of Biscay, 185 of the 342 (54%) species were recorded (165 non-indigenous and 20 cryptogenic species), with 19 being specific to this region (Figure 2). Non-indigenous and cryptogenic species in this region belong to the animal (142 species; 77%), plant (37 species; 20%) and chromist (6 species; 3%) kingdoms and are divided into 14 phyla (Table 2). In this region, 59% are well-established, 20% are casual and only 1% are considered really invasive (2% reported as invasive but with no proven impact) (Figure 3).

Northern Seas

In the Northern Seas, 168 of the 342 (49%) non-indigenous and cryptogenic (146 and 22 species, respectively) species were recorded, with 22 being specific to this region (Figure 2). These species belong to the animal (130 species; 77%), plant (32 species; 19%) and chromist (six species; 4%) kingdoms and are divided into 14 phyla (Table 2). In this region, 63% are established and 20% are casual, while 4% are invasive (Figure 3).

3.2. Reported Pathways and Vectors of Introduction

Of the 342 NIS recorded at the metropolitan France scale, 115 (34%) are reported as having been introduced via several pathways and vectors, with up to four pathways for the Ochrophyta *Chrysonephos lewisii* (W. R. Taylor W. R. Taylor, 1952 (Table S1)). The most represented pathway is transport stowaway (TS), with 232 species (68 %) having been probably introduced via two vectors, maritime traffic with ballast waters (29%) or hull fouling (37%) (Figure 4). However, the most represented vector is “hitchhikers on animals”, with 133 species (39%) belonging to the “transport and hitchhikers” pathway (Figure 4). As expected, 14 of the 15 species (4%) introduced through a corridor were first reported in the Mediterranean Sea via the Suez Canal.

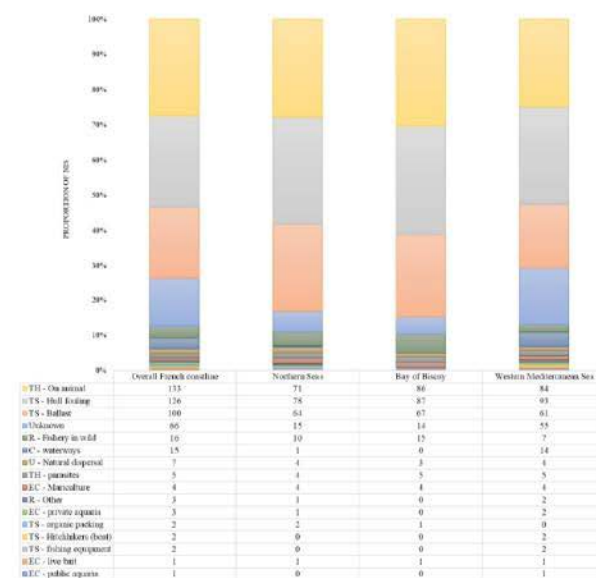


Figure 4. Proportion and number of NIS according to their pathways and vectors of introduction along the French coast. TH: transport hitchhiker; TS: transport stowaway; R: released in nature; C: corridor; U: unaided; EC: escape from confinement. The table presents the number of NIS. The total number of NIS exceeds 342 because one NIS could have been introduced through several pathways or vectors.

3.3. Biogeographic Origin of Introduced Species

Besides cryptogenic species ($n = 42$), most of the 342 species introduced along the French coasts are native to temperate areas (blue colours in Figure 5), with 65% of the 300 species having a known native range. The temperate Northern Pacific is particularly well represented (42%), followed by the temperate North Atlantic (18%). In comparison, only four species native to temperate Southern Africa, and a single species (i.e., *Ostrea chilensis* Küster, 1844, also present in New Zealand) native to temperate South America, have been recorded. Species native to temperate regions were reported in similar proportions across the three French regions (Figure S2 in Supporting Material). However, differences were reported among the three French regions for species native to the Western or Eastern Indo-Pacific regions. In fact, the 24 NIS native to those areas were all, with one exception, reported for the first time in the Mediterranean Sea. The same holds for species native to tropical areas, with 14 species reported for the first time in the Mediterranean Sea, compared had six in the Northern Seas and two in the Bay of Biscay.

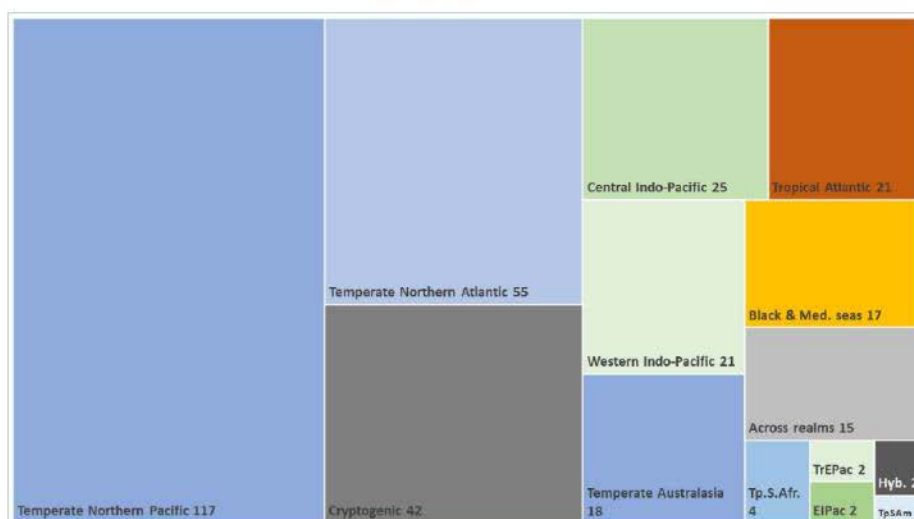


Figure 5. Origin (biogeographic realms) of the 342 marine NIS reported in Metropolitan France. “Across realms” stands for species with a native range spreading across several biogeographic realms (such as circumtropical species). Areas in small boxes, due to their limited contribution, have their names abbreviated as follows: “Tp.S.Afr.”, “EIPac.”, “Hyb.”, “TrEPac” and “TpSAm” stand for Temperate Southern Africa, Eastern Indo-Pacific, Hybridisation (i.e., species resulting from a hybridisation between a NIS and a native species), Tropical Eastern Pacific and Temperate South America, respectively. Species in the group “Black & Med. Sea” are either native to the Mediterranean ($n = 12$), Black and/or Caspian Seas ($n = 4$), or both ($n = 1$).

3.4. Temporal Trends in Primary Detections

The number of new NIS reported (i.e., primary detections) was very low until the end of the 19th century, a time during which fewer than five newly introduced species were reported per decade (Figure 6). From the beginning of the 20th century until 1959, the rate of reporting of novel NIS or cryptogenic species was variable but never exceeded 11 species per decade (7 species per decade on average). Numbers slightly increased over the next decade (1960–1969; 17 species), whereas a surge in new NIS reports was observed at the start of the 1970s, with more than twice the number of new NIS reported from 1970–1979 ($n = 48$) as compared with the previous decade (Figure 6). Over the last five

complete decades (1970 to 2019), on average, 49 arrivals were recorded per decade. During this period, most of the novel reports were made in the Mediterranean Sea, although the numbers between regions have been more balanced since the beginning of the 21st century, with a noticeable increase in numbers from the Northern Seas region (Figure 6).

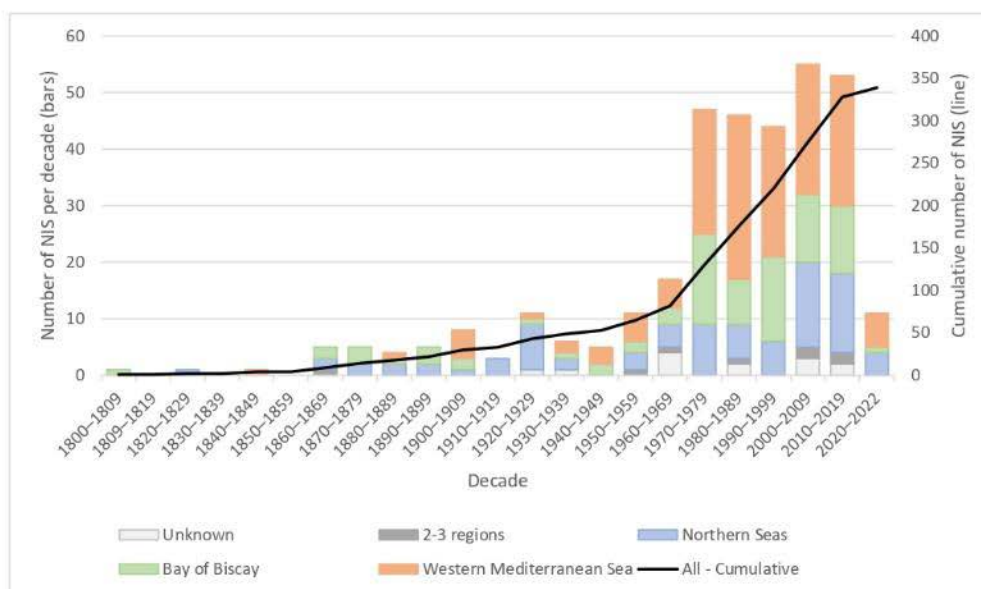


Figure 6. Number of new primary introductions per decade and region (bars, left vertical axis) and cumulative number for the three French regions over successive decades (line, right vertical axis). Bar colours indicate for each of the three regions a new NIS reporting in France. For 13 species, the region of first report is unknown, and eight species were simultaneously reported in more than one region (two or all three regions). Note that the last interval extends over three years only (2000–2022). The total number of NIS is 339, as three species were excluded because they corresponded either to a very old report (13th–14th century, $n = 1$) or had unknown ($n = 2$) dates for the first report.

4. Discussion

4.1. Update and Trends

Since the 13th century, 342 marine and estuarine NIS have been detected in French metropolitan waters. The majority (70%) of NIS is currently present in the Mediterranean Sea, which echoes the findings presented in studies at the European level [10,12,32]. This can be explained by the arrival of NIS through the Suez Canal, in addition to NIS introduced through other pathways, the main one being maritime traffic [33,34]. This list is a substantial update of all previously published ones for France, such as Gouletquer et al. [23], who focused on NIS from the open Atlantic French coast without the Mediterranean Sea, recording 96 NIS (excluding unicellular species). Compared with 2002, for the same geographic area (Bay of Biscay and Northern Seas), we found more than twice as many NIS, with 218 cryptogenic and NIS detected. Gouletquer [24] updated this list for the whole French coastline and found 276 NIS (excluding unicellular species). As compared with the list published in 2016, at a national scale, there was also an increase with 66 more NIS. According to our updated list, new NIS observations (since 2015) have been reported primarily in the Western Mediterranean Sea (47%), secondarily in the Northern Seas (37%) and in a lesser proportion in the Bay of Biscay (16%). These new NIS observations do not fully cover the

difference of 62 species between the two studies. Some older observations were updated, such as for the cryptogenic species *Amphogona pusilla* Hartlaub, 1909, observed since 1964 or the non-indigenous annelid *Boccardiella hamata* (Webster, 1879) reported since 2010 in French waters.

Sixty-two per cent of primary introductions were reported after 1980, with a noticeable increase between 2000 and 2022 (35%, $n = 119$), as shown by the cumulative numbers of new records in Figure 6. This trend, started in the 1970s, fits very well with global trends documented by Jouffray et al. [35] for marine aquaculture production and shipping, which are two major introduction pathways in Europe (Figure 4) [16]. The increase observed since 2000 can also be attributed to an increased awareness of the consequences of NIS introductions by the scientific community and public authorities, as evidenced by the increased effort to observe NIS in various monitoring programmes since 2004 (RESOMAR, BenthOBS, WFD and MSFD implementations). Research projects targeting NIS have also increased, as shown by the funding sources cited in the literature, together with better consideration of this pressure in regulations. It should, however, be noted that many NIS observations are fortuitous as France still lacks an operational broad-scale monitoring programme targeting NIS [7]. Taxonomic impediments also lead to focusing on certain NIS phylum compared with others given the available expertise. Note that, as compared with previously published lists, some species have also gone extinct, such as the Rhodophyte *Laurencia brongniartii* J. Agardh, 1841, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813, *Tritia corniculum* (Olivi, 1792), and others were removed because of status uncertainties, permanently or pending clarification of their status (see below). Because of the particular geographical situation of the 5500 km of French coastline belonging to several marine biogeographic regions [11] and because of important maritime traffic, recreational boating and aquaculture activities, the number of NIS is high compared with neighbouring countries. Although we can expect their numbers to have also increased in recent years, there were 133 NIS, including unicellular species, listed as present along the Portuguese coast [36] and 90, including unicellular species, in British marine and brackish waters [37]. More globally, a European update of NIS in 2011 published national lists of both uni- and pluricellular NIS, ranging from 17 NIS in Slovenian waters to 266 NIS in Italian waters, with 253 NIS in Spain, the only other country with both Mediterranean and Atlantic coasts [12]. Only one-third ($n = 107$, with 21 species being in their natural range in one of the three regions; Figure 2) of the NIS reported along the French coasts is shared across its three biogeographic regions. This pattern is in accordance with that observed for total benthic invertebrates' communities, with the Mediterranean sheltering the highest number of exclusive species [14]. As with NIS, the Bay of Biscay and Northern Seas have more benthic species in common than these two regions do with the Western Mediterranean [14]. Nevertheless, regardless of the first region of observation, many NIS are nowadays present in the three regions (Figure 7).

Despite the high NIS number, only a few species so far appear to have major impacts on biodiversity and ecosystem functioning, with fewer than 2% of NIS considered invasive with proven consequences. However, there may be a lag between the introduction of a NIS, its first record, and its first visible impacts, if any [38,39]. Moreover, it is recognised that IAS ecological and economic consequences are insufficiently understood since they are not systematically assessed [40]. The most recent and significant invasion phenomenon in European French marine waters is that of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, in the Western Mediterranean Sea. Since 2017, the rapid population expansion and densification along the French Mediterranean coast [41] has caused significant disturbances. To date, consequences are mostly visible to professional fishing activities in coastal lagoons, but it is very likely that environmental consequences will be observed in the near future. Recently, the Western Mediterranean Sea was also impacted by the brown algae *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee and H.S. Kim 2009 and the Rhodobionta *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz [42]. Between 2018 and 2020,

R. okamurai rapidly expanded along the Mediterranean coast near Marseille, reaching very high densities covering up to 85% in several areas, where it overgrew native species [43].

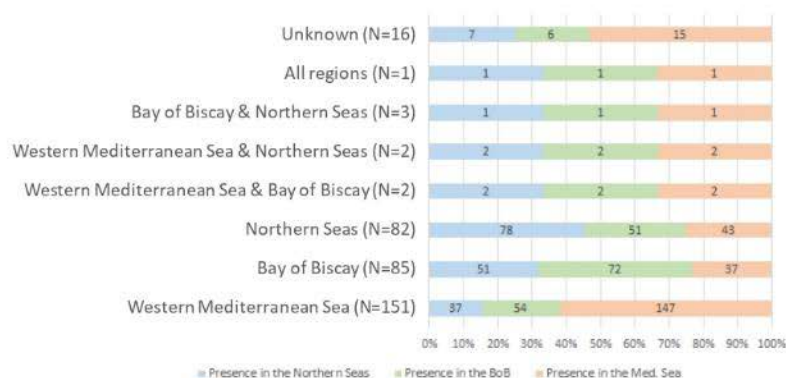


Figure 7. Number of NIS present in, and shared between, each French biogeographic region. For each region, N corresponds to the number of species first introduced in the considered biogeographic region(s). In each bar, numbers correspond to the number of species present in September 2022 in each biogeographic region. Note that the numbers include species present within their native range and introduced into another French region.

4.2. Vectors

Globally, trans-continental transport stowaways in ship fouling and ballast water are the main pathways of NIS introduction and expansion [2], and these pathways are likely to remain the most important, considering future increases of the global shipping network as forecasted by Sardain et al. [44] using socio-economic factors. These authors even concluded that increased global shipping trade could have a larger effect than climate-driven environmental changes on NIS introductions. It is thus critical to ensure a strong prevention of primary and secondary introductions by shipping. This requires a strict enforcement of current regulations, such as the Ballast Water Management Convention (IMO 2004) [45], and the development of novel regulations targeting fouling, which has until recently unfortunately been overlooked as a vector.

It is important, in terms of management recommendations, to make a clear distinction between (1) regular vectors over time, leading to routine introductions of NIS, with regular patterns of elimination and re-inoculation as shown for *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 in the Bay of Seine [46], and (2) one-off “pulse” introduction events, some of which can be very broad-scale (e.g., the 2011 Japanese tsunami and subsequent transoceanic species dispersal, Carlton et al., 2017) and lead to secondary spread. The French oyster farming practices of the 1970s can be considered to be such a pulse event, placing transport as a hitchhiker on animals on top of the introduction vectors’ list. Over 500 tonnes of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), now named *Magallana gigas*, were imported from British Columbia, Canada (i.e., the temperate northern Pacific) for farming in the French Atlantic and Mediterranean. At the same time, over 10000 t of *M. gigas* spat were imported from Japan and Canada [47,48]. This voluntary introduction was accompanied by numerous involuntary NIS introductions, with, for example, fifteen NIS species having been observed following a collector’s batch arrival in 1976 [15,49] in spite of management practices aimed to limit their survival. Following this important primary introduction, shellfish farming operations have regularly transferred *M. gigas* inside and across biogeographic regions and have thus been responsible for numerous secondary spreads across France and then Europe (see the main production areas in Figure 1). This could explain how part of the NIS introduced in one of the three regions are now present in the others (Figure 7). The fact that many aquaculture areas are adjacent to large ports

makes it difficult to untangle the different pathways and retrace the primary or secondary vectors of introduction.

Although assessing the pathways of NIS introduction is vital for prioritising management, monitoring and surveillance activities [50], pathway assignments are often educated guesses because of a lack of certainty. Direct evidence and critical examination of concomitant possibilities are typically absent [2]. For many NIS, multiple introduction pathways are possible based on the multitude of human activities occurring in or near the locality of the first observation. Yet most of the time (64% in our study), only a single responsible pathway has been assigned or is considered as unknown. Polyvectorism (sensu Carlton and Ruiz [51]) is certainly underestimated given the difficulty of acknowledging how and when an already established species was introduced. Moreover, a species' chances of successful establishment are also linked to propagule pressure (i.e., the number of introduced propagules, which can be larvae, spores, eggs, mature individuals, etc. and introduction frequency) [52,53]. These propagules may have been introduced through several vectors, as highlighted in the work of Williams et al. [54]. Genetic studies targeting marine NIS have documented very high propagule pressure and polyvectorism [55,56] in relation to the life-history traits of many marine species (e.g., high fecundity, microscopic life stages and easily transported). In addition, it is likely that the percentage of multiple introductions (34%) has been strongly underestimated due to knowledge gaps in actual introduction pathways and vectors. Accounting for understudied pathways, such as the aquarium and bait trades, recreational boating and anthropogenic marine litter (e.g., [17,57–59]), could also lead to new insights and priorities for NIS monitoring and management.

4.3. Exclusions and Uncertainties about Species Numbers and Identification

As described in the methodology, the question of whether or not to include certain NIS arose. To help in decision-making, it is essential to define which species are concerned and which choices were made, for instance, excluding unicellular species. Some species were also excluded from our list because of important uncertainties regarding their identification. Moreover, this work highlights some points of caution, particularly regarding caveats either in terms of status (i.e., introduced or cryptogenic), origin or identification, which are detailed below.

Because the status of some phytoplanktonic species remains uncertain, the present study focuses on pluricellular eukaryotes, although unicellular NIS were recorded. For instance, the diatom *Coscinodiscus wailesii* Gran & Angst, 1931, was introduced in 1977 in the English Channel but its natural distribution range being in the Indian and Pacific Oceans. Its wide range of tolerance to environmental conditions and changes driven by global warming now allow this species to colonise the Atlantic coast of France, the United Kingdom (UK) coasts and the North Sea [60]. *Coscinodiscus wailesii* may lead to oxygen and nutrient depletion and subsequently impact mussel and seaweed production [61]. In benthic habitats, the Mediterranean benthic *Quinqueloculina carinatastrata* (Wiesner, 1923) and the Asiatic foraminifera *Ammonia confertitesta* Zheng, 1978, were recorded in the Marennes-Oléron Bay, in the Bay of Biscay, in 2004. Both were introduced from the Adriatic Sea [62] and in both the English Channel and the Mediterranean Sea [63,64], respectively. Benthic foraminifera play a key role in carbon cycling [65] and in fluxes at the sediment-water interface [66,67]; hence, the presence of NIS may disturb the equilibrium of benthic sediments, as suspected for the NIS benthic foraminifera *Nonionella* sp. T1 introduced in Scandinavian fjords [68]. Due to their small size, unicellular species are often excluded from NIS surveys. It is, however, important to track these invisible invaders, since their proliferation may impact ecosystem functioning through, for example, harmful algal blooms, and may potentially lead to public health issues. Another recent example is the presence of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis cf. ovata* Fukuyo, 1981, in the French Basque coast (Bay of Biscay) since 2020, causing several human health issues, with about 700 people affected in 2021. According to Chomérat et al. [69], a possible introduction cannot be excluded.

The size and biogeographic diversity of the French coastline makes it essential to exercise caution with the construction and the use of the proposed national level NIS list. As an example, the nassariid gastropod *Tritia corniculum* is native to the Mediterranean Sea and its presence in the southern Bay of Biscay (Atlantic Ocean region) since 2008 is considered to be a range expansion. However, the presence of an individual found in 2013 in northern Brittany (Northern Seas region) was attributed to an aquaculture-related introduction [70]. The tale of this single species, with three different presence statuses across three biogeographic regions, demonstrates the nuance with which national lists should be viewed in EU countries spanning several regions. In addition, distribution ranges naturally change over time as a response to environmental changes over long time scales (e.g., glacial–interglacial cycles) or over shorter time scales (i.e., climate change) and should be considered in risk-assessment analyses (e.g., AS-ISK package [71]). The phenomenon of poleward spread is indeed well known and increasingly visible under current global warming [72]. This might make it more challenging to distinguish “true” species introductions (i.e., due to human-mediated transport) from natural spread. Such uncertainties are reported for *Tritia neritea*, a nassariid gastropod. Native to the Mediterranean and the Black Sea, as well as the Atlantic coasts of the southern Iberian Peninsula, its spread north to the Bay of Biscay in France in the 1970s–1980s has two possible (and not exclusive) explanations: climate warming or human-mediated introductions (such as a hitchhiker of farmed species, mainly oysters). The latter was supported by evidence, such as the habitat where the species was found (i.e., close to oyster farms [73]) and by genetic data. Genetic studies indeed revealed that the French Atlantic populations of this species showed a much higher genetic diversity than any native populations in the Mediterranean Sea and around the Iberian Peninsula. French Atlantic populations of *T. neritea* are composed of a mixture of several genetic lineages occurring only in specific locations in the native range and not at all found around the Iberian Peninsula. These two observations (proximity to oyster farms and higher genetic diversity) cannot be explained by a northward spread of the species from the Iberian Peninsula. The patterns observed supported a scenario of multiple-introductions from the native range, likely due to shellfish transfer from the Adriatic and Western Mediterranean Sea [74,75]. As shown with *T. neritea*, genetic studies can be helpful to validate the status (i.e., native vs. NIS) in different situations, but in many cases this approach has shown to be ineffective [76,77]. The ongoing environmental changes are likely to complicate potential updates of this work, making it difficult to discriminate between nonnative *sensu* Essl et al. [72] (i.e., range expanding taxa tracking environmental changing) species and real NIS as defined in the introduction. Genetic studies can also be used to determine where a species came from. For instance, a phylogenetic analysis of mitochondrial COI gene sequences showed that specimens of *Polydora onagawaensis* Teramoto, Sato-Okoshi, Abe, Nishitani and Endo, 2013, collected from Normandy were grouped together with specimens from the USA into a single clade and were distinguished from the other three lineages comprised of Japanese and USA specimens, a result that casts doubt on the origin of this species in European waters [78].

More and more species are reported through citizen science initiatives, and, in particular, the reporting of colourful, new non-indigenous macrofaunal species, such as in the present list the records of the nudibranch *Polycerella emertoni* A.E. Verrill, 1880, the gastropod *Lamprohaminoea ovalis* (Pease, 1868) and the surgeonfish *Paranthurus hepatus* (Linnaeus, 1766). It is now recognised that citizen science plays an important role in monitoring NIS [79–81]. In addition to being a means of increasing awareness regarding NIS, the observations made by citizens can efficiently support monitoring programs for species that are easy to identify and are particularly helpful for documenting the occurrence range and expansion of previously reported NIS. Citizen science can indeed substantially increase the number and locations of observations that can be made. In a recent study assessing the potential of citizen sciences for seaweed surveys in the United Kingdom, the authors made several recommendations to increase the accuracy of citizen-science-based observations, including the use of georeferenced photos, training programmes with committed citizen

scientists, identification resources, etc. [82]. However, even with these precautions, each observation must be checked by experts [83] on a case-by-case basis, especially when a NIS is first recorded. For example, the reporting of the tropical species *Hippocampus kuda* Bleeker, 1852, native of the Indo-Pacific region is questionable as it was reported only once in 2001 at the Grau du Roi (Western Mediterranean) by a diver while it has never been observed in the eastern Mediterranean Sea. Although the reality of this *H. kuda* observation, maybe released from a private aquarium, cannot be excluded, without scientific validation, this species was not added to the French list of NIS.

A large number of species require taxonomic expertise or even genetic analyses to be correctly identified. This is well exemplified by *Botrylloides diegensis* Ritter and Forsyth, 1917, and *B. violaceus* Oka, 1927, which are two important members of the fouling communities in marinas and ports in the English Channel in both the UK and France [84]. The two species were first reported based on colour morphs, following Lambert and Lambert [85]. *Botrylloides violaceus* has been described as showing single-coloured colonies (with diverse colours) whereas *B. diegensis* displays a distinctive two-coloured pattern (commonly orange against a dark background). However, molecular studies later showed that this trait, often used in field assessments or in citizen science programmes, can be misleading. Viard et al. [86] indeed reported that 59% of 627 single-colour colonies sampled in marinas of the English Channel and first assigned to *B. violaceus* were, in fact, *B. diegensis*. Interestingly, two-coloured and single-colour colonies of *B. diegensis* share the same mitochondrial COI haplotypes. In addition, these authors showed that single-colour *B. diegensis* colonies also exist in the Mediterranean Sea, including in Sète (France) near the Thau Lagoon, a well-known introduction hotspot. Differentiating with certainty the two species thus require a careful morphological examination (very rare for these taxonomic groups) and/or a genetic diagnostic; as a consequence, *B. diegensis* may have been strongly underestimated in previous surveys. Besides that, genetic analyses are required to correctly identify cryptic species (i.e., species that had been identified only with genetic markers, and for which diagnostic morphological traits have not yet been found) and recommended in the case of pseudo-cryptic species (i.e., cryptic species for which diagnostic morphological traits were finally identified but difficult to examine). In some cases, new NIS or cryptogenic species can be revealed in complexes of cryptic species. This is the case of the sea squirt *Didemnum pseudovexillum* Turon and Viard, 2020, a taxon newly described based on genetic evidence [87]. Colonies of the well-known invasive species *Didemnum vexillum* Kott, 2002, sampled in Brittany and Spain (Mediterranean Sea) were studied using nuclear and mitochondrial markers. The results pointed to a very divergent lineage and, thus, a putative cryptic species. The existence of this new species was further ascertained based on morphology: *D. vexillum* and the new cryptic lineage can be distinguished by several traits, notably spicule numbers [87]. For these reasons, the authors proposed a new species named *D. pseudovexillum* for its high morphological similarity with *D. vexillum*. The two species are found in ports and marinas, the English Channel and the Mediterranean Sea, thus two distinct biogeographic regions. Habitats and range led the authors to propose the introduced or cryptogenic status for the newly described species. Similar situations where both native and introduced/cryptogenic co-occur within a species complex lineage have been described in other colonial ascidians, such as *Botryllus schlosseri* (Pallas, 1766) by Bock et al. [39] or *D. vexillum* (excluding *D. pseudovexillum*) by Casso et al. [88], and are likely to be spread over numerous taxa in groups for which the taxonomic expertise is unfortunately declining.

Molecular tools (detailed below) are increasingly used to elucidate morphological identification uncertainties. As with *D. pseudovexillum*, this makes it possible to detect more and more new species misidentified so far and some of which actually are non-indigenous. The polychaete *Marphysa victori* Lavesque, Daffe, Bonifácio and Hutchings, 2017, has been misidentified as *Marphysa sanguinea* for decades; a molecular phylogeny study revealed it is actually a new species called *Marphysa victori* by Lavesque et al. [89], whose non-indigenous status and origin was unravelled a few years later [90]. Another interesting case study

is polydorid species (Annelida, Spionidae), which inhabit the shells of the commercially important oyster *Magallana gigas*. Along the coast of Normandy (France) eight species, including five new NIS records for Normandy (*Polydora onagawaensis*, *Polydora websteri* Hartman in Loosanoff and Engle, 1943, *Boccardia pseudonatrix* Day, 1961, *Boccardia proboscidea* Hartman, 1940, and *Boccardiella hamata* (Webster, 1879)) and two first records in European waters (*P. onagawaensis* and *B. pseudonatrix*) were identified based on both morphological, genetic, and ecological characteristics [78].

These examples point to the absolute need to use an integrative taxonomic approach [91] with close collaboration between taxonomists and molecular evolutionary biologists. Such work is needed to ascertain species delineation and identification (i.e., barcoding studies based on properly identified voucher) within NIS monitoring programmes.

4.4. Available Tools to Limit this Invasion Phenomenon

Once established, it becomes almost impossible to eradicate or even regulate marine invasive NIS populations [92–94], especially if the species has significant effects on ecosystems [40]. Moreover, human activities causing introductions may continue to increase [44]. It is therefore essential to (1) implement management and biosecurity measures to limit introduction through anthropogenic activities; (2) predict as much as possible which species can be found where through risk assessments and modelling; and (3) detect introduced species as soon as possible thanks to innovative tools detailed below and implement a rapid response plan as defined in Reaser et al. [95].

Ojaveer et al. [96] recommend a multi-vector management approach to reduce the risk of NIS introduction and invasion. Eight years later, although this multi-vector management still does not exist, some measures have been taken internationally and nationally. Internationally, the International Maritime Organisations' Ballast Water Management Convention (BWMC) entered into force in 2017 with the objective to stop the introduction and spread of invasive species through ballast waters (IMO 2004) [45]. Under the BWMC, by September 2024 all ships must have installed a ballast water management system. In practice, port authorities have received little training in BWMC standards and compliance monitoring, leading to its weak enforcement [97]. In France, as presented in this work, the majority of NIS have been introduced as fouling species both through shipping or aquaculture activities through different pathways. Barring Council Regulation (EC) No 708/2007 of 11 June 2007 concerning the use of alien and locally absent species in aquaculture, which does not apply to certain species that were widely farmed before the regulation was written, such as *Magallana gigas* or *Ruditapes philippinarum* (A. Adams and Reeve, 1850), no international and national regulation of these pathways currently exists. Hull biofouling was only first discussed by the International Maritime Organization (IMO) in 2006. Although work is ongoing, as of yet there is no IMO convention addressing the issue of hull biofouling [98]. However, a French action plan to prevent the introduction and spread of IAS aims to block IAS (for a list of IAS of Union concern, see just below) outside the territory by 2030. According to Regulation (EU) 1143/2014 [99] on the prevention and management of the introduction and spread of IAS, Member States have (among other actions to implement) to take measures to stop the spread of the 88 invasive alien species of Union concern. Unfortunately, only 3 of these 88 are marine species: the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards, 1853, which spends only one phase of its life cycle in marine waters, the striped eel catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) and the brown algae *Rugulopteryx okamurae*. Adding further marine species in this list would imply that more measures should be taken to limit the introduction and spread of invasive marine NIS and thus limit consequences on biodiversity and ecosystems.

Modelling NIS introductions provides a decision support tool and allows the consideration of vectors [100], the risk of species spread [101–103], the risk analysis of species invasion [104–106] or the identification of introduction hotspots [107]. Because of France's geography, as shown here, some NIS species are present in only one of the three biogeographic regions (Northern Seas, Bay of Biscay and Western Mediterranean Sea). Invasion

ecology predicts that the strongest impacts will likely be seen in recipient communities with high concentrations of specialist species [108,109] or in populations that are either small in size, low in genetic variability or already threatened by anthropogenic pressures [110]. Those communities with properties that confer high biotic resistance, such as high rates of predation or strong competitive interactions, are predicted to be the most resistant to impacts from invasive species [111]. Statistical and deterministic modelling approaches can be used to focus on the importance of three main components that lead to invasions: the introduction of propagules, the abiotic environment and biotic interactions [112]. Combined with risk assessment tools (i.e., Hawkins et al. [113]), it would be interesting to model the spread of those NIS present, for now, in only one of the three French biogeographic regions and use these joint approaches to anticipate where biological invasions are likely to be most problematic.

The third essential point to limit irreversible changes to ecosystems is early detection [114]. In this context, barcoding approaches have been used for a long time to either identify new species observed in the field or to confirm the identification of unknown specimens, which could be NIS [115]. This was, for example, the case for the ascidian *Asterocarpa humilis* (Heller, 1878), a newly introduced species for Europe, first detected in France and UK thanks to a genetic study [29]. We also provided above some examples (e.g., *B. diegensis*) for which the method was shown to be particularly effective to distinguish between two NIS that display similar external morphological features. DNA-based identification is, without a doubt, a powerful tool to lower uncertainties. However, in order to be accurate, this tool requires reliable reference sequences, which are still limited in taxonomic coverage for some groups of interest (i.e., which include numerous NIS and a strong decline in taxonomic expertise, such as bryozoans, hydrozoans or ascidians) [115]. Errors in databases, such as Genbank and even BOLD, are unfortunately commonplace (e.g., in *Botrylloides* sp., [86]). In addition, traditional barcoding approaches require processing each specimen one-by-one, making them both time-consuming and requiring substantial financial resources. Facing this limitation, high-throughput sequencing (HTS) has recently opened a new way to conduct NIS surveys and monitoring with the development of metabarcoding applied to environmental DNA or bulk DNA (for definition and scope, see Darling et al. [116]). Metabarcoding has been shown to be effective for NIS detection, including in ports and marinas, using DNA extracted from specimens collected on passive samplers (e.g., [117,118]), plankton samples (e.g., [119]), seawater [120] or a combination of different types of samples to increase NIS detection [121]. However, the interpretation of species lists delivered through metabarcoding must be carefully handled [116]. For instance, Couton et al. [120] showed that 17 out of 18 species obtained following metabarcoding all new and thus putative NIS for the study area were most likely false positives due to erroneous species assignment. In addition, the same authors showed that six NIS that were observed in the field at the time of the water sampling were not detected (i.e., false negatives) due to some technical limitations (e.g., amplification biases). This study and others outline the lack of maturity of molecular approaches and the need for further optimisation to be routinely implemented for marine NIS passive surveillance. Efforts are also still needed to increase standardisation of the approach [122]. It can however already be used for preliminary phases in setting up monitoring strategies or for regular surveys of some species for which there are reliable reference sequences and no technical risks of detection failure, thus for active monitoring programmes on a closed list of species. For instance, eDNA analyses were used to detect early invasion stages of the species *Mnemiopsis leidyi* in an economically important shellfishery region of UK [123]. As with every monitoring method, it is not devoid of limitations but, in view of the sound results obtained thus far in metabarcoding studies, its optimisation should be pursued. The approach indeed has many advantages, such as its cost-efficiency, ability to examine a large number of sites and capacity to be used at a high frequency, all of which are properties required for the rapid detection of new NIS. To another extent, the image analysis tools can be used in situ for species or taxonomic groups identification or colonisation processes [124], sometimes using

artificial intelligence for the automated recognition of certain species *in situ*, when it is possible. Image analyses and video recording in labs were also successfully implemented to study the specific behaviour of non-indigenous species [125] and to study the predation of native species on NIS communities [126]. Early detection of species thanks to innovative tools allows species identification even during the lag phase and thus, as explained above, before potentially irreversible impacts. For greater efficiency against this pressure, early detection has to be associated with rapid communication of new observations and subsequent potential management measures, through collaboration between stakeholders.

5. Conclusions

The primary focus of this work is to provide an updated baseline inventory of NIS and associated data (taxonomy, origin, pathway of introduction, first record and status in French marine regions) for the metropolitan coasts of France. Uncertainties for some species are however highlighted. When uncertainty is related to taxonomic revisions, updating inventories becomes an absolute necessity. Some uncertainties can also be minimised through targeted monitoring, which uses appropriate complementary tools being fully aware of their advantages and limitations. Updating the status of each NIS with the geographical particularities of the three French marine regions raised the issue of administrative geographical boundaries, which are different from ecological marine regions. This can also create uncertainties about the species status in border areas and highlights the need for specific ecoregions reflecting species dynamics and habitat conditions. The statuses here reported may also be different in neighbouring states, as pointed out in Table 3 in Zenetos et al. (2022) [10] in which some species are native to one European country but introduced in another one. Lastly, the present work points to the large number of NIS in the Mediterranean Sea. It also highlights that, despite the specificities of the Western Mediterranean compared with the Atlantic coast (particularly warm waters), species introduced and still present in this region are able to establish in the two other marine regions. This phenomenon could be accentuated in future years due to global warming, coupled with increasing neontative (i.e., range expanding) species.

Supplementary Materials: The following are available online at <https://www.mdpi.com/article/10.3390/d15020161/s1>, Figure S1: Number of NIS classified by taxonomic phyla at a national scale and for the three French biogeographic regions (Mediterranean Sea, Bay of Biscay and Northern Seas), Figure S2: Origin (biogeographic realms) of the 318 species for which the first introduction report was made in a single French region., Table S1: List of marine and estuarine non-indigenous species observed in the French metropolitan waters until September 2022.

Author Contributions: C.M. and S.H.: data collection. All authors: providing, validating and updating the French NIS list. C.M. and F.V.: conceptualisation and data analyses. C.M., F.V. and A.C.: writing the first draft. V.L.G.: formatting bibliographic references. All authors: C.M., F.V., S.H., E.A., I.A., G.B. (Guy Bachelet), G.B. (Guillaume Bernard), V.M.P.B., T.B., J.-C.D., A.D., S.D.-C., G.D., B.G., P.G., L.G., A.-L.J., J.J., C.L., N.L., J.-C.L., M.L.D., V.L.G., P.N., A.N., C.P.-M., J.-P.P., A.R., V.R., S.R., P.-G.S., N.S., D.T., D.V., A.C. contributed to the writing and edited the manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work benefited from results from MSFD monitoring development. J.C.L. received funding from the European Union's Horizon 2020 research and programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 899546. S.D.C. received funding from the Agence de l'Eau Artois-Picardie, Agence de l'Eau Seine-Normandie, Agence de l'eau Loire Bretagne and Agence de l'eau Adour-Garonne for the collection of WFD data. S.D.C. received funding from DREAL-Bretagne and Région Bretagne for REBENT data and from Office de l'Environnement de la Corse for RAC Data. T.B., M.L.D. and V.L.G. have received financial support from the Agence de l'Eau Loire- Bretagne (WFD data) and from DREAL-Bretagne and Région Bretagne (REBENT and MSFD data). REBENT (<https://doi.org/10.18142/160>) and MSFD data acquisition was supported by the French Oceanographic Fleet. This work benefited from unpublished data from the projects Aquanis2.0 (TOTAL Foundation) and MarEEE (i-site MUSE; French National Research Agency under the "Investissements d'Avenir" programme ANR-16-IDEX-0006), allocated to F.V.

Institutional Review Board Statement: Not Applicable.

Data Availability Statement: The data availability statement for this manuscript is already described in the results section and the Supplementary Material.

Acknowledgments: This study is dedicated to Erwan Ar Gall, whose sudden passing in August 2022 was received with great sadness, for his long-term involvement in the study of NIS macroalgae in Brittany. This study represents a contribution to the term of reference ‘d’ (“Advance knowledge base to further develop indicators to evaluate the status and impact of non-indigenous species in marine environments”) of the ICES working group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO). This study contributes to the MSFD assessment of the good ecological status for the third cycle. V.L.G. thanks the crew of the RV ‘Albert Lucas’. This is publication ISEM 2023-004.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Seebens, H.; Bacher, S.; Blackburn, T.M.; Capinha, C.; Dawson, W.; Dullinger, S.; Genovesi, P.; Hulme, P.E.; Kleunen, M.; Kühn, I.; et al. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050. *Glob. Chang. Biol.* **2020**, *27*, 970–982. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Bailey, S.A.; Brown, L.; Campbell, M.L.; Canning-Clode, J.; Carlton, J.T.; Castro, N.; Chainho, P.; Chan, F.T.; Creed, J.C.; Curd, A.; et al. Trends in the detection of aquatic non-indigenous species across global marine, estuarine and freshwater ecosystems: A 50-year perspective. *Divers. Distrib.* **2020**, *26*, 1780–1797. [\[CrossRef\]](#)
- Capinha, C.; Essl, F.; Seebens, H.; Moser, D.; Pereira, H.M. The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. *Science* **2015**, *348*, 1248–1251. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ruiz, G.M.; Rawlings, T.K.; Dobbs, F.C.; Drake, L.A.; Mullady, T.; Huq, A.; Colwell, R.R. Global spread of microorganisms by ships. *Nature* **2000**, *408*, 49–50. [\[CrossRef\]](#)
- Diagne, C.; Leroy, B.; Vaissière, A.-C.; Gozlan, R.E.; Roiz, D.; Jarić, I.; Salles, J.-M.; Bradshaw, C.J.A.; Courchamp, F. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature* **2021**, *592*, 571–576. [\[CrossRef\]](#)
- IPBES; Brondizio, S.; Diaz, S.; Settele, J.; Ngo, H.T. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*; Zenodo: Bonn, Germany, 2019; p. 1144.
- Ojaveer, H.; Galil, B.S.; Carlton, J.T.; Allevay, H.; Gouletquer, P.; Lehtiniemi, M.; Marchini, A.; Miller, W.; Occhipinti-Ambrogi, A.; Peharda, M.; et al. Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0202383. [\[CrossRef\]](#)
- European Commission. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Marine Environmental Policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA Relevance); European Commission: Brussels, Belgium, 2008.
- Tsiamis, K.; Palialexis, A.; Connor, D.; Antoniadis, S.; Bartilotti, C.; Bartolo, G.A.; Berggreen, U.C.; Boschetti, S.; Buschbaum, C.; Canning-Clode, J.; et al. *Marine Strategy Framework Directive, Descriptor 2, Non-Indigenous Species: Delivering Solid Recommendations for Setting Threshold Values for Non-Indigenous Species Pressure on European Seas*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021; p. 36.
- Zenetos, A.; Tsiamis, K.; Galanidi, M.; Carvalho, N.; Bartilotti, C.; Canning-Clode, J.; Castriota, L.; Chainho, P.; Comas-González, R.; Costa, A.C.; et al. Status and Trends in the Rate of Introduction of Marine Non-Indigenous Species in European Seas. *Diversity* **2022**, *14*, 1077. [\[CrossRef\]](#)
- Spalding, M.D.; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdeña, Z.A.; Finlayson, M.; Halpern, B.S.; Jorge, M.A.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; et al. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *Bioscience* **2007**, *57*, 573–583. [\[CrossRef\]](#)
- Tsiamis, K.; Palialexis, A.; Stefanova, K.; Gladan, N.; Skejić, S.; Despalatović, M.; Cvitković, I.; Dragičević, B.; Dulčić, J.; Vidjak, O.; et al. Non-indigenous species refined national baseline inventories: A synthesis in the context of the European Union's Marine Strategy Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* **2019**, *145*, 429–435. [\[CrossRef\]](#)
- Le Fèvre, J. Aspects of the Biology of Frontal Systems. *Adv. Mar. Biol.* **1987**, *23*, 163–299. [\[CrossRef\]](#)
- Gallon, R.K.; Lavesque, N.; Grall, J.; Labruno, C.; Gremare, A.; Bachelet, G.; Blanchet, H.; Bonifácio, P.; Bouchet, V.M.; Dauvin, J.-C.; et al. Regional and latitudinal patterns of soft-bottom macrobenthic invertebrates along French coasts: Results from the RESOMAR database. *J. Sea Res.* **2017**, *130*, 96–106. [\[CrossRef\]](#)
- Boudouresque, C.F.; Klein, J.; Ruitton, S.; Verlaque, M. Biological Invasion: The Thau Lagoon, a Japanese Biological Island in the Mediterranean Sea. In *Proceedings of the Global Change: Mankind-Marine Environment Interactions*; Ceccaldi, H.-J., Dekeyser, I., Girault, M., Stora, G., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2011; pp. 151–156.
- Nunes, A.L.; Katsanevakis, S.; Zenetos, A.; Cardoso, A.C. Gateways to alien invasions in the European seas. *Aquat. Invasions* **2014**, *9*, 133–144. [\[CrossRef\]](#)
- Ulman, A.; Ferrario, J.; Forcada, A.; Seebens, H.; Arvanitidis, C.; Occhipinti-Ambrogi, A.; Marchini, A. Alien species spreading via biofouling on recreational vessels in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ecol.* **2019**, *56*, 2620–2629. [\[CrossRef\]](#)

18. Póvoa, A.A.; Skinner, L.F.; de Araújo, F.V. Fouling organisms in marine litter (rafting on abiogenic substrates): A global review of literature. *Mar. Pollut. Bull.* **2021**, *166*, 112189. [CrossRef]
19. Johnson, L.E.; Brawley, S.H.; Adey, W.H. Secondary spread of invasive species: Historic patterns and underlying mechanisms of the continuing invasion of the European rockweed *Fucus serratus* in eastern North America. *Biol. Invasions* **2011**, *14*, 79–97. [CrossRef]
20. Kelly, N.E.; Wantola, K.; Weisz, E.; Yan, N.D. Recreational boats as a vector of secondary spread for aquatic invasive species and native crustacean zooplankton. *Biol. Invasions* **2012**, *15*, 509–519. [CrossRef]
21. Floc'h, J.-Y.; Pajot, R.; Mouret, V. *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) 12 Years after Its Introduction into the Atlantic Ocean. In Proceedings of the Fifteenth International Seaweed Symposium; Lindstrom, S.C., Chapman, D.J., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1996; pp. 217–222.
22. Epstein, G.; Smale, D.A. *Undaria pinnatifida*: A case study to highlight challenges in marine invasion ecology and management. *Ecol. Evol.* **2017**, *7*, 8624–8642. [CrossRef]
23. Gouilletquer, P.; Bachelet, G.; Sauriau, P.-G.; Noel, P. Open Atlantic Coast of Europe—A Century of Introduced Species into French Waters. In *Invasive Aquatic Species of Europe*; Leppäkoski, E., Gollash, S., Olenin, S., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2002; pp. 276–290.
24. Gouilletquer, P. *Guide Des Organismes Exotiques Marins*; Éditions Belin: Paris, France, 2016; ISBN 978-2-7011-9020-4.
25. Blanchard, M.; Gouilletquer, P.; Hamon, D.; Le Mao, P.; Nezan, E.; Gentil, F.; Simon, N.; Viard, F.; Ar Gall, E.; Grall, J.; et al. Liste des Espèces Marines Introduites dans Les Eaux Bretonnes et des Espèces Introduites Envahissantes des Eaux Périphériques; Bretagne Environnement, France, 2010. 2010. Available online: https://www.researchgate.net/publication/235963754_Les_especes_marines_animales_et_vegetales_introduites_dans_le_Bassin_Artois-Picardie (accessed on 21 December 2022).
26. Dewarumez, J.-M.; Gevaert, F.; Massé, C.; Foveau, A.; Desroy, N.; Grulois, D. *Les Espèces Marines Animales et Végétales Introduites dans le Bassin Artois-Picardie*; UMR CNRS 8187 LOG et Agence de l'Eau Artois-Picardie: Douai, France, 2011; pp. 140.
27. Pezy, J.-P.; Baffreau, A.; Dauvin, J.-C. Records of two introduced Penaeidae (Crustacea: Decapoda) species from Le Havre Harbour, France, English Channel. *Biol. Invasions Rec.* **2017**, *6*, 363–367. [CrossRef]
28. ICES Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms (WGITMO); ICES Scientific Reports; ICES: Copenhagen, Denmark, 2022; Volume 4, pp. 209. [CrossRef]
29. Bishop, J.D.D.; Roby, C.; Yunnice, A.L.E.; Wood, C.A.; Lévêque, L.; Turon, X.; Viard, F. The Southern Hemisphere ascidian *Asterocarpa humilis* is unrecognised but widely established in NW France and Great Britain. *Biol. Invasions* **2012**, *15*, 253–260. [CrossRef]
30. Patarnello, T.; Volckaert, F.A.M.J.; Castilho, R. Pillars of Hercules: Is the Atlantic-Mediterranean transition a phylogeographical break? *Mol. Ecol.* **2007**, *16*, 4426–4444. [CrossRef]
31. Harrower, C.; Scalera, R.; Pagad, S.; Schönrogge, K.; Roy, H. *Guidance for Interpretation of the CBD Categories of Pathways for the Introduction of Invasive Alien Species*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2018; 79p.
32. Katsanevakis, S.; Gatto, F.; Zenetos, A.; Cardoso, A.C. How many marine aliens in Europe? *Manag. Biol. Invasions* **2013**, *4*, 37–42. [CrossRef]
33. Nellemann, C.; Hain, S.; Alder, J. *Dead Water—Merging of Climate Change with Pollution, Over-Harvest, and Infestations in the World's Fishing Grounds*; United Nations Environment Programme, GRID-Arendal; UNEP/Earthprint: Oslo, Norway, 2008; 62p.
34. Tsiamis, K.; Zenetos, A.; Deriu, I.; Gervasini, E.; Cardoso, A.C. The native distribution range of the European marine non-indigenous species. *Aquat. Invasions* **2018**, *13*, 187–198. [CrossRef]
35. Jouffray, J.B.; Blasiak, R.; Norström, A.V.; Österblom, H.; Nyström, M. The Blue Acceleration: The Trajectory of Human Expansion into the Ocean. *ONE Earth* **2020**, *2*, 43–54. [CrossRef]
36. Chainho, P.; Fernandes, A.; Amorim, A.; Ávila, S.P.; Canning-Clode, J.; Castro, J.J.; Costa, A.C.; Costa, J.L.; Cruz, T.; Gollasch, S.; et al. Non-indigenous species in Portuguese coastal areas, coastal lagoons, estuaries and islands. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2015**, *167*, 199–211. [CrossRef]
37. Minchin, D.; Cook, E.J.; Clark, P.F. Alien species in British brackish and marine waters. *Aquat. Invasions* **2013**, *8*, 3–19. [CrossRef]
38. Crooks, J.A. Lag times and exotic species: The ecology and management of biological invasions in slow-motion. *Écoscience* **2005**, *12*, 316–329. [CrossRef]
39. Bock, D.G.; Caseys, C.; Cousens, R.D.; Hahn, M.A.; Heredia, S.M.; Hübner, S.; Turner, K.G.; Whitney, K.D.; Rieseberg, L.H. What we still don't know about invasion genetics. *Mol. Ecol.* **2015**, *24*, 2277–2297. [CrossRef]
40. Anton, A.; Gerald, N.R.; Lovelock, C.E.; Apostolaki, E.T.; Bennett, S.; Cebrian, J.; Krause-Jensen, D.; Marbà, N.; Martinetto, P.; Pandolfi, J.M.; et al. Global ecological impacts of marine exotic species. *Nat. Ecol. Evol.* **2019**, *3*, 787–800. [CrossRef]
41. Labrune, C.; Amilhat, E.; Amouroux, J.-M.; Jabouin, C.; Gigou, A.; Noël, P. The arrival of the American blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Brachyura: Portunidae), in the Gulf of Lions (Mediterranean Sea). *Biol. Invasions Rec.* **2019**, *8*, 876–881. [CrossRef]
42. Boudouresque, C.-F.; Perret-Boudouresque, M.; Ruitton, S.; Thibault, D. The Invasive Thermophilic Red Alga *Lophocladia lallemandii* Reaches the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean). *Sci. Rep. Port-Cros Natl. Park* **2022**, *36*, 59–66.
43. Ruitton, S.; Blanfuné, A.; Boudouresque, C.-F.; Guillemain, D.; Michotey, V.; Roblet, S.; Thibault, D.; Thibaut, T.; Verlaque, M. Rapid Spread of the Invasive Brown Alga *Rugulopteryx okamurae* in a National Park in Provence (France, Mediterranean Sea). *Water* **2021**, *13*, 2306. [CrossRef]

44. Sardain, A.; Sardain, E.; Leung, B. Global forecasts of shipping traffic and biological invasions to 2050. *Nat. Sustain.* **2019**, *2*, 274–282. [\[CrossRef\]](#)
45. IMO International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM); Adoption: 13 February 2004; Entry into Force: 8 September 2017; IMO: London, UK, 2017.
46. Antajan, E. The invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 along the English Channel and the North Sea French coasts: Another introduction pathway in northern European waters? *Aquat. Invasions* **2014**, *9*, 167–173. [\[CrossRef\]](#)
47. Grizel, H.; Héral, M. Introduction into France of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*). *ICES J. Mar. Sci.* **1991**, *47*, 399–403. [\[CrossRef\]](#)
48. Goulletquer, P.; Héral, M. Marine Molluscan Production Trends in France: From Fisheries to Aquaculture. *NOAA Tech. Rep. NMFS* **1997**, *129*, 137–164.
49. Gruet, Y.; Héral, M.; Robert, J.-M. Premières Observations Sur l'introduction de La Faune Associée Au Naissain d'huîtres Japonaises *Crassostrea gigas* (Thunberg), Importé Sur La Côte Atlantique Française. *Cah. Biol. Mar.* **1976**, *17*, 173–184. [\[CrossRef\]](#)
50. Essl, F.; Bacher, S.; Blackburn, T.M.; Booy, O.; Brundu, G.; Brunel, S.; Cardoso, A.-C.; Eschen, R.; Gallardo, B.; Galil, B.; et al. Crossing Frontiers in Tackling Pathways of Biological Invasions. *Bioscience* **2015**, *65*, 769–782. [\[CrossRef\]](#)
51. Carlton, J.T.; Ruiz, G.M. 1. Anthropogenic Vectors of Marine and Estuarine Invasions: An Overview Framework. In *Biological Invasions in Changing Ecosystems: Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*; Canning-Clode, J., Ed.; De Gruyter Open: Warsaw, Poland, 2015; pp. 24–36.
52. Lockwood, J.L.; Cassey, P.; Blackburn, T.M. The more you introduce the more you get: The role of colonization pressure and propagule pressure in invasion ecology. *Divers. Distrib.* **2009**, *15*, 904–910. [\[CrossRef\]](#)
53. Cassey, P.; Delean, S.; Lockwood, J.; Sadowski, J.S.; Blackburn, T.M. Dissecting the null model for biological invasions: A meta-analysis of the propagule pressure effect. *PLoS Biol.* **2018**, *16*, e2005987. [\[CrossRef\]](#)
54. Williams, S.L.; Davidson, I.; Pasari, J.R.; Ashton, G.V.; Carlton, J.T.; Crafton, R.E.; Fontana, R.E.; Grosholz, E.D.; Miller, A.W.; Ruiz, G.M.; et al. Managing Multiple Vectors for Marine Invasions in an Increasingly Connected World. *Bioscience* **2013**, *63*, 952–966. [\[CrossRef\]](#)
55. Rius, M.; Turon, X.; Bernardi, G.; Volckaert, F.A.M.; Viard, F. Marine invasion genetics: From spatio-temporal patterns to evolutionary outcomes. *Biol. Invasions* **2014**, *17*, 869–885. [\[CrossRef\]](#)
56. Viard, F.; David, P.; Darling, J.A. Marine invasions enter the genomic era: Three lessons from the past, and the way forward. *Curr. Zool.* **2016**, *62*, 629–642. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Campbell, M.L.; King, S.; Heppinstall, L.D.; van Gool, E.; Martin, R.; Hewitt, C.L. Aquaculture and urban marine structures facilitate native and non-indigenous species transfer through generation and accumulation of marine debris. *Mar. Pollut. Bull.* **2017**, *123*, 304–312. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
58. Carlton, J.; Fowler, A. Ocean rafting and marine debris: A broader vector menu requires a greater appetite for invasion biology research support. *Aquat. Invasions* **2018**, *13*, 11–15. [\[CrossRef\]](#)
59. Fowler, A.E.; Blakeslee, A.M.H.; Canning-Clode, J.; Repetto, M.F.; Phillip, A.M.; Carlton, J.T.; Moser, F.C.; Ruiz, G.M.; Miller, A.W. Opening Pandora's bait box: A potent vector for biological invasions of live marine species. *Divers. Distrib.* **2015**, *22*, 30–42. [\[CrossRef\]](#)
60. Laing, I.; Gollasch, S. *Coscinodiscus wailesii*—A Nuisance Diatom in European Waters. In *Invasive Aquatic Species of Europe. Distribution, Impacts and Management*; Leppäkoski, E., Gollasch, S., Olenin, S., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2002; pp. 53–55. ISBN 978-94-015-9956-6.
61. Fernandes, L.F.; Zehnder-Alves, L.; Bassfeld, J.C. The recently established diatom *Coscinodiscus wailesii* (Coscinodiscales, Bacillariophyta) in Brazilian waters. I: Remarks on morphology and distribution. *Phycol. Res.* **2001**, *49*, 89–96. [\[CrossRef\]](#)
62. Bouchet, V.M.P.; Debenay, J.-P.; Sauriau, P.-G. First report of *Quinqueloculina carinatastriata* (wiesner, 1923) (foraminifera) along the french atlantic coast (marennnes-oleron bay and ile de re). *J. Foraminif. Res.* **2007**, *37*, 204–212. [\[CrossRef\]](#)
63. Richirt, J.; Schweizer, M.; Bouchet, V.M.P.; Mouret, A.; Quinchar, S.; Jorissen, F.J. Morphological Distinction of Three Ammonia Phylotypes Occurring Along European Coasts. *J. Foraminif. Res.* **2019**, *49*, 76–93. [\[CrossRef\]](#)
64. Richirt, J.; Schweizer, M.; Mouret, A.; Quinchar, S.; Saad, S.A.; Bouchet, V.M.P.; Wade, C.M.; Jorissen, F.J. Biogeographic distribution of three phylotypes (T1, T2 and T6) of Ammonia (foraminifera, Rhizaria) around Great Britain: New insights from combined molecular and morphological recognition. *J. Micropalaentol.* **2021**, *40*, 61–74. [\[CrossRef\]](#)
65. Moodley, L.; Boschker, H.T.S.; Middelburg, J.; Pel, R.; Herman, P.; De Deckere, E.; Heip, C.H.R. Ecological significance of benthic foraminifera: 13C labelling experiments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2000**, *202*, 289–295. [\[CrossRef\]](#)
66. Bouchet, V.; Seuront, L. Strength May Lie in Numbers: Intertidal Foraminifera Non-Negligible Contribution to Surface Sediment Reworking. *Open J. Mar. Sci.* **2020**, *10*, 131–140. [\[CrossRef\]](#)
67. Deldicq, N.; Seuront, L.; Bouchet, V.M.P. Inter-specific and inter-individual trait variability matter in surface sediment reworking rates of intertidal benthic foraminifera. *Mar. Biol.* **2021**, *168*, 101. [\[CrossRef\]](#)
68. Choquel, C.; Geslin, E.; Metzger, E.; Filipsson, H.L.; Risgaard-Petersen, N.; Launeau, P.; Giraud, M.; Jauffrais, T.; Jesus, B.; Mouret, A. Denitrification by benthic foraminifera and their contribution to N-loss from a fjord environment. *Biogeosciences* **2021**, *18*, 327–341. [\[CrossRef\]](#)

69. Chomérat, N.; Antajan, E.; Auby, I.; Bilien, G.; Carpentier, L.; de Casamajor, M.-N.; Ganthy, F.; Hervé, F.; Labadie, M.; Méteigner, C.; et al. First Characterization of *Ostreopsis* cf. *ovata* (Dinophyceae) and Detection of Ovatoxins during a Multispecific and Toxic *Ostreopsis* Bloom on French Atlantic Coast. *Mar. Drugs* **2022**, *20*, 461. [\[CrossRef\]](#)
70. Gully, F.; Cochu, M.; Deleamarre, J.-L. Première Observation Du Gastéropode *Nassarius corniculum* (Olivi, 1792) En Bretagne. *An. Aod. Cah. Nat. Obs. Mar.* **2013**, *11*, 29–33.
71. Copp, G.; Vilizzi, L.; Tidbury, H.; Stebbing, P.; Tarkan, A.S.; Miossec, L.; Gouletquer, P. Development of a generic decision-support tool for identifying potentially invasive aquatic taxa: AS-ISK. *Manag. Biol. Invasions* **2016**, *7*, 343–350. [\[CrossRef\]](#)
72. Essl, F.; Dullinger, S.; Genovesi, P.; Hulme, P.E.; Jeschke, J.M.; Katsanevakis, S.; Kühn, I.; Lenzner, B.; Pauchard, A.; Pyšek, P.; et al. A Conceptual Framework for Range-Expanding Species that Track Human-Induced Environmental Change. *Bioscience* **2019**, *69*, 908–919. [\[CrossRef\]](#)
73. Sauriau, P.G. Spread of *Cyclope neritea* (Mollusca: Gastropoda) along the north-eastern Atlantic coasts in relation to oyster culture and to climatic fluctuations. *Mar. Biol.* **1991**, *109*, 299–309. [\[CrossRef\]](#)
74. Simon-Bouhet, B.; Garcia, P.; Viard, F. Multiple introductions promote range expansion of the mollusc *Cyclope neritea* (Nassariidae) in France: Evidence from mitochondrial sequence data. *Mol. Ecol.* **2006**, *15*, 1699–1711. [\[CrossRef\]](#)
75. Bachelet, G.; Simon-Bouhet, B.; Desclaux, C.; Garcia-Meunier, P.; Mairesse, G.; De Montaudouin, X.; Raigné, H.; Randriambao, K.; Sauriau, P.-G.; Viard, F. Invasion of the eastern Bay of Biscay by the nassariid gastropod *Cyclope neritea*: Origin and effects on resident fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2004**, *276*, 147–159. [\[CrossRef\]](#)
76. Geller, J.B.; Darling, J.A.; Carlton, J.T. Genetic Perspectives on Marine Biological Invasions. *Annu. Rev. Mar. Sci.* **2010**, *2*, 367–393. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
77. Viard, F.; Comtet, T. 18. Applications of DNA-based Methods for the Study of Biological Invasions. In *Biological Invasions in Changing Ecosystems: Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*; Canning-Clode, J., Ed.; De Gruyter Open: Warsaw, Poland, 2015; pp. 411–435.
78. Sato-Okoshi, W.; Okoshi, K.; Abe, H.; Dauvin, J.-C. Polydroid species (Annelida: Spionidae) associated with commercially important oyster shells and their shell infestation along the coast of Normandy, in the English Channel, France. *Aquac. Int.* **2022**. [\[CrossRef\]](#)
79. Tiralongo, F.; Crocetta, F.; Riginella, E.; Lillo, A.O.; Tondo, E.; Macali, A.; Mancini, E.; Russo, F.; Coco, S.; Paolillo, G.; et al. Snapshot of rare, exotic and overlooked fish species in the Italian seas: A citizen science survey. *J. Sea Res.* **2020**, *164*, 101930. [\[CrossRef\]](#)
80. Zenetos, A.; Koutsogiannopoulos, D.; Ovalis, P.; Poursanidis, D. The Role Played by Citizen Scientists in Monitoring Marine Alien Species in Greece. *Cah. Biol. Mar.* **2013**, *54*, 419–426. [\[CrossRef\]](#)
81. Mannino, A.M.; Balistreri, P. Citizen science: A successful tool for monitoring invasive alien species (IAS) in Marine Protected Areas. The case study of the Egadi Islands MPA (Tyrrhenian Sea, Italy). *Biodiversity* **2018**, *19*, 42–48. [\[CrossRef\]](#)
82. Brodie, J.; Kunzig, S.; Agate, J.; Yesson, C.; Robinson, L. The Big Seaweed Search: Evaluating a citizen science project for a difficult to identify group of organisms. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **2022**, *33*, 44–55. [\[CrossRef\]](#)
83. Encarnação, J.; Teodósio, M.A.; Morais, P. Citizen Science and Biological Invasions: A Review. *Front. Environ. Sci.* **2021**, *8*, 602980. [\[CrossRef\]](#)
84. Bishop, J.D.; Wood, C.A.; Lévêque, L.; Yunnice, A.L.; Viard, F. Repeated rapid assessment surveys reveal contrasting trends in occupancy of marinas by non-indigenous species on opposite sides of the western English Channel. *Mar. Pollut. Bull.* **2015**, *95*, 699–706. [\[CrossRef\]](#)
85. Lambert, C.; Lambert, G. Persistence and differential distribution of nonindigenous ascidians in harbors of the Southern California Bight. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2003**, *259*, 145–161. [\[CrossRef\]](#)
86. Viard, F.; Roby, C.; Turon, X.; Bouchemousse, S.; Bishop, J. Cryptic Diversity and Database Errors Challenge Non-indigenous Species Surveys: An Illustration with *Botryllodes* spp. in the English Channel and Mediterranean Sea. *Front. Mar. Sci.* **2019**, *6*, 615. [\[CrossRef\]](#)
87. Turon, X.; Casso, M.; Pascual, M.; Viard, F. Looks can be deceiving: *Didemnum pseudovexillum* sp. nov. (Ascidacea) in European harbours. *Mar. Biodivers.* **2020**, *50*, 1–14. [\[CrossRef\]](#)
88. Casso, M.; Turon, X.; Pascual, M. Single zooids, multiple loci: Independent colonisations revealed by population genomics of a global invader. *Biol. Invasions* **2019**, *21*, 3575–3592. [\[CrossRef\]](#)
89. Lavesque, N.; Daffe, G.; Bonifácio, P.; Hutchings, P. A new species of the *Marphysa sanguinea* complex from French waters (Bay of Biscay, NE Atlantic) (Annelida, Eunicidae). *Zookeys* **2017**, *716*, 1–17. [\[CrossRef\]](#)
90. Lavesque, N.; Hutchings, P.; Abe, H.; Daffe, G.; Gunton, L.; Glasby, C. Confirmation of the exotic status of *Marphysa victori* Lavesque, Daffe, Bonifácio & Hutchings, 2017 (Annelida) in French waters and synonymy of *Marphysa bulla* Liu, Hutchings & Kupriyanova, 2018. *Aquat. Invasions* **2020**, *15*, 355–366. [\[CrossRef\]](#)
91. Pante, E.; Schoelinc, C.; Puillandre, N. From Integrative Taxonomy to Species Description: One Step Beyond. *Syst. Biol.* **2014**, *64*, 152–160. [\[CrossRef\]](#)
92. Genovesi, P. Eradications of invasive alien species in Europe: A review. *Biol. Invasions* **2005**, *7*, 127–133. [\[CrossRef\]](#)
93. Ojaveer, H.; Galil, B.S.; Campbell, M.L.; Carlton, J.T.; Canning-Clode, J.; Cook, E.J.; Davidson, A.D.; Hewitt, C.L.; Jelmert, A.; Marchini, A.; et al. Classification of non-indigenous species based on their impacts: Considerations for application in marine management. *PLoS Biol.* **2015**, *13*, e1002130. [\[CrossRef\]](#)

94. Booy, O.; Mill, A.C.; Roy, H.E.; Hiley, A.; Moore, N.; Robertson, P.; Baker, S.; Brazier, M.; Bue, M.; Bullock, R.; et al. Risk management to prioritise the eradication of new and emerging invasive non-native species. *Biol. Invasions* **2017**, *19*, 2401–2417. [\[CrossRef\]](#)
95. Reaser, J.K.; Burgiel, S.W.; Kirkey, J.; Brantley, K.A.; Veatch, S.D.; Burgos-Rodríguez, J. The early detection of and rapid response (EDRR) to invasive species: A conceptual framework and federal capacities assessment. *Biol. Invasions* **2019**, *22*, 1–19. [\[CrossRef\]](#)
96. Ojaveer, H.; Galil, B.S.; Minchin, D.; Olenin, S.; Amorim, A.; Canning-Clode, J.; Chainho, P.; Copp, G.H.; Gollasch, S.; Jelmert, A.; et al. Ten recommendations for advancing the assessment and management of non-indigenous species in marine ecosystems. *Mar. Policy* **2014**, *44*, 160–165. [\[CrossRef\]](#)
97. Wright, D.A. Compliance assessment for the ballast water convention: Time for a re-think? A U.K. case study. *J. Mar. Eng. Technol.* **2018**, *20*, 254–261. [\[CrossRef\]](#)
98. Lister, J.; Poulsen, R.T.; Ponte, S. Orchestrating transnational environmental governance in maritime shipping. *Glob. Environ. Chang.* **2015**, *34*, 185–195. [\[CrossRef\]](#)
99. European Commission. Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the Prevention and Management of the Introduction and Spread of Invasive Alien Species; European Commission: Brussels, Belgium, 2014.
100. Acosta, H.; Forrest, B.M. The spread of marine non-indigenous species via recreational boating: A conceptual model for risk assessment based on fault tree analysis. *Ecol. Model.* **2009**, *220*, 1586–1598. [\[CrossRef\]](#)
101. Raybaud, V.; Beaugrand, G.; Dewarumez, J.-M.; Luczak, C. Climate-induced range shifts of the American jackknife clam *Ensis directus* in Europe. *Biol. Invasions* **2014**, *17*, 725–741. [\[CrossRef\]](#)
102. Schickele, A.; Guidetti, P.; Giakoumi, S.; Zenetos, A.; Francour, P.; Raybaud, V. Improving predictions of invasive fish ranges combining functional and ecological traits with environmental suitability under climate change scenarios. *Glob. Chang. Biol.* **2021**, *27*, 6086–6102. [\[CrossRef\]](#)
103. Gimenez, L.; Rivera, R.; Brante, A. One step ahead of sea anemone invasions with ecological niche modeling: Potential distributions and niche dynamics of three successful invasive species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2022**, *690*, 83–95. [\[CrossRef\]](#)
104. Tsiamis, K.; Azzurro, E.; Bariche, M.; Çinar, M.E.; Crocetta, E.; De Clerck, O.; Galil, B.; Gómez, F.; Hoffman, R.; Jensen, K.R.; et al. Prioritizing marine invasive alien species in the European Union through horizon scanning. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* **2020**, *30*, 794–845. [\[CrossRef\]](#)
105. Copp, G.H.; Vilizzi, L.; Wei, H.; Li, S.; Piria, M.; Al-Faisal, A.J.; Almeida, D.; Atique, U.; Al-Wazzan, Z.; Bakiu, R.; et al. Speaking their language—Development of a multilingual decision-support tool for communicating invasive species risks to decision makers and stakeholders. *Environ. Model. Softw.* **2020**, *135*, 104900. [\[CrossRef\]](#)
106. Vilizzi, L.; Copp, G.H.; Hill, J.E.; Adamovich, B.; Aislabie, L.; Akin, D.; Al-Faisal, A.J.; Almeida, D.; Azmai, M.A.; Bakiu, R.; et al. A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions. *Sci. Total Environ.* **2021**, *788*, 147868. [\[CrossRef\]](#)
107. Tidbury, H.J.; Taylor, N.G.H.; Copp, G.H.; Gamacho, E.; Stebbing, P.D. Predicting and mapping the risk of introduction of marine non-indigenous species into Great Britain and Ireland. *Biol. Invasions* **2016**, *18*, 3277–3292. [\[CrossRef\]](#)
108. Geraldi, N.R.; Anton, A.; Santana-Garçon, J.; Bennett, S.; Marbà, N.; Lovelock, C.E.; Apostolaki, E.T.; Cebrian, J.; Krause-Jensen, D.; Martinetto, P.; et al. Ecological effects of non-native species in marine ecosystems relate to co-occurring anthropogenic pressures. *Glob. Chang. Biol.* **2019**, *26*, 1248–1258. [\[CrossRef\]](#)
109. Clavel, J.; Julliard, R.; Devictor, V. Worldwide decline of specialist species: Toward a global functional homogenization? *Front. Ecol. Environ.* **2010**, *9*, 222–228. [\[CrossRef\]](#)
110. Wallingford, P.D.; Morelli, T.L.; Allen, J.; Beaury, E.M.; Blumenthal, D.M.; Bradley, B.A.; Dukes, J.S.; Early, R.; Fusco, E.J.; Goldberg, D.E.; et al. Adjusting the lens of invasion biology to focus on the impacts of climate-driven range shifts. *Nat. Clim. Chang.* **2020**, *10*, 398–405. [\[CrossRef\]](#)
111. Sakai, A.K.; Allendorf, F.W.; Holt, J.S.; Lodge, D.M.; Molofsky, J.; With, K.A.; Baughman, S.; Cabin, R.J.; Cohen, J.E.; Ellstrand, N.C.; et al. The Population Biology of Invasive Species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **2001**, *32*, 305–332. [\[CrossRef\]](#)
112. Catford, J.A.; Jansson, R.; Nilsson, C. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Divers. Distrib.* **2008**, *15*, 22–40. [\[CrossRef\]](#)
113. Hawkins, C.L.; Bacher, S.; Essl, F.; Hulme, P.E.; Jeschke, J.M.; Kühn, I.; Kumschick, S.; Nentwig, W.; Pergl, J.; Pyšek, P.; et al. Framework and guidelines for implementing the proposed IUCN Environmental Impact Classification for Alien Taxa (EICAT). *Divers. Distrib.* **2015**, *21*, 1360–1363. [\[CrossRef\]](#)
114. Giakoumi, S.; Katsanevakis, S.; Albano, P.G.; Azzurro, E.; Cardoso, A.C.; Cebrian, E.; Deidun, A.; Edelist, D.; Francour, P.; Jimenez, C.; et al. Management priorities for marine invasive species. *Sci. Total Environ.* **2019**, *688*, 976–982. [\[CrossRef\]](#)
115. Comtet, T.; Sandionigi, A.; Viard, F.; Casiraghi, M. DNA (meta)barcoding of biological invasions: A powerful tool to elucidate invasion processes and help managing aliens. *Biol. Invasions* **2015**, *17*, 905–922. [\[CrossRef\]](#)
116. Darling, J.A.; Galil, B.S.; Carvalho, G.R.; Rius, M.; Viard, F.; Piraino, S. Recommendations for developing and applying genetic tools to assess and manage biological invasions in marine ecosystems. *Mar. Policy* **2017**, *85*, 54–64. [\[CrossRef\]](#)
117. Von Ammon, U.; Wood, S.A.; Laroche, O.; Zaiko, A.; Tait, L.; Lavery, S.; Inglis, G.J.; Pochon, X. Combining morpho-taxonomy and metabarcoding enhances the detection of non-indigenous marine pests in biofouling communities. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 16290. [\[CrossRef\]](#)

118. Azevedo, J.; Antunes, J.T.; Machado, A.M.; Vasconcelos, V.; Leão, P.N.; Froufe, E. Monitoring of biofouling communities in a Portuguese port using a combined morphological and metabarcoding approach. *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 13461. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
119. Westfall, K.M.; Therriault, T.W.; Abbott, C.L. A new approach to molecular biosurveillance of invasive species using DNA metabarcoding. *Glob. Chang. Biol.* **2019**, *26*, 1012–1022. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
120. Couton, M.; Lévêque, L.; Daguin-Thiébaud, C.; Comtet, T.; Viard, F. Water eDNA metabarcoding is effective in detecting non-native species in marinas, but detection errors still hinder its use for passive monitoring. *Biofouling* **2022**, *38*, 367–383. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
121. Rey, A.; Basurko, O.C.; Rodriguez-Ezpeleta, N. Considerations for metabarcoding-based port biological baseline surveys aimed at marine nonindigenous species monitoring and risk assessments. *Ecol. Evol.* **2020**, *10*, 2452–2465. [\[CrossRef\]](#)
122. Zaiko, A.; Greenfield, P.; Abbott, C.; von Ammon, U.; Bilewitch, J.; Bunce, M.; Cristescu, M.E.; Chariton, A.; Dowle, E.; Geller, J.; et al. Towards reproducible metabarcoding data: Lessons from an international cross-laboratory experiment. *Mol. Ecol. Resour.* **2021**, *22*, 519–538. [\[CrossRef\]](#)
123. Créach, V.; Derveaux, S.; Owen, K.R.; Pitois, S.; Antajan, E. Use of environmental DNA in early detection of *Mnemiopsis leidyi* in UK coastal waters. *Biol. Invasions* **2021**, *24*, 415–424. [\[CrossRef\]](#)
124. Rondeau, S.; Davoult, D.; Lejeune, C.; Kenworthy, J.; Bohner, O.; Loisel, S.; Gauff, R. Persistent dominance of non-indigenous species in the inner part of a marina highlighted by multi-year photographic monitoring. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2022**, *690*, 15–30. [\[CrossRef\]](#)
125. Spilmont, N.; Gothland, M.; Seuront, L. Exogenous control of the feeding activity in the invasive Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus* (De Haan, 1835). *Aquat. Invasions* **2015**, *10*, 327–332. [\[CrossRef\]](#)
126. Chebaane, S.; Canning-Clode, J.; Ramalhosa, P.; Belz, J.; Castro, N.; Órfão, I.; Sempere-Valverde, J.; Engelen, A.H.; Pais, M.P.; Monteiro, J.G. From Plates to Baits: Using a Remote Video Foraging System to Study the Impact of Foraging on Fouling Non-Indigenous Species. *J. Mar. Sci. Eng.* **2022**, *10*, 611. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

Corte, le 18/12/2023



Pr. Vanina PASQUALINI
Vice-Présidente de la Commission de la Recherche
Université de Corse