

BAROMED 2023



Bilan exploratoire de l'état de la pollution en macrodéchets terrestres, marins et sous-marins du littoral de la Corse du Sud

Octobre 2023

Bilan réalisé et produit par l'association Blue Odyssey Initiative

Président [François-Alexandre BERTRAND](#)

Rédactrice [Tatiana Pigaglio](#)

Avec les données fournies par

Expédition [Blue Odyssey Corsica](#) (sous-marines)

Association [Echos d'Océan](#) (avec [ifremer](#), surface)

Association [Mare Vivu](#) (terrestres)

Institut Océanographique Corse [Stareso](#)

à la demande et pour le compte de

Le fonds [HLD pour la Méditerranée](#)

Association [Sauver la Méditerranée](#)

Table des matières

1. PREAMBULE

2. RÉSUMÉ

3. Introduction

3.1. Etat de l'art

3.2. Le Baromed

3.3. Zone d'étude

3.4. Contexte et importance des vents

4. Matériels et méthodes

4.1. Stratégie d'observation globale

4.2. BLUE ODYSSEY CORSICA : acquisition de données sous-marines

4.3. Données de l'IFREMER et d'Echos d'Océans : données existantes marines (de surface)

4.4. Données Mare Vivu : données existantes terrestre

4.5. Traitement des données

5. Résultats

5.1. SOUS L'EAU : Résultats de la Blue Odyssey Corsica

5.2. EN SURFACE : Résultats de IFREMER et d'Echos d'Océan

5.3. A TERRE: Résultats de Mare Vivu

6. Discussions

6.1. Impact de la pression anthropique sur la contamination en macrodéchets

6.2. Relation entre conditions météorologiques et dispersion des macrodéchets en mer

6.3. Corrélation entre pollution à terre et en mer

7. Conclusion

8. Bibliographie

9. Annexes



PREAMBULE

Le BAROMED est destiné à poser les bases d'un baromètre pouvant répertorier les pollutions par les déchets afin de rendre compte de l'état du littoral en Méditerranée. C'est donc un bilan « prototype » qui compile des données prises à différents moments, avec des protocoles différents et sur des axes différents (terrestres, marins & sous-marins).

Innovation demandée et financée par le fonds HLD pour la Méditerranée, porté par l'association Blue Odyssey Initiative, il a pour vocation de vivre dans la durée en donnant un aperçu global des pollutions en macrodéchets sur les littoraux, que ce soit à terre, sur l'eau ou sous l'eau.

Lancé en 2023, il repose sur la compilation de plusieurs bases de données ponctuelles: ces données proviennent de l'expédition Blue Odyssey Corsica pour les déchets échoués au fond de l'eau à petites profondeurs (juin 2023), de l'association Echos d'Océan et de l'ifremer pour les macrodéchets flottants agglomérés le long du littoral (étude Plastic Buster de François Galgani complété des études d'Echos d'Océans) et enfin l'association corse Mare Vivu pour les macrodéchets terrestres échoués sur les littoraux, notamment sur les plages.

Ce rapport donne un aperçu ponctuel de données récoltées récemment et annonce la volonté de pouvoir réaliser dans les années à venir des rapports qui suivent des protocoles scientifiques spécifiques, harmonisés et permettant d'obtenir des résultats comparables entre eux.

L'objectif : démontrer l'intérêt d'étudier la pollution par les macrodéchets sur les fonds marins de petite profondeur d'une part et le pertinence de comparer les données collectées sur ce sujet sous l'eau avec les données de surface et terrestres.



RÉSUMÉ

En bref

La production de plastique n'a cessé d'augmenter depuis les années 1950, grâce à l'industrialisation des processus de fabrication (sources : UNEP 2019 et OFB 2020). Aujourd'hui le plastique est omniprésent dans notre société et notre quotidien, il est utilisé dans beaucoup de domaines, comme les emballages, la construction, les cosmétiques par exemple. L'augmentation rapide de la production de plastique a conduit à sa mauvaise gestion et sa dissémination dans l'environnement.

Le plastique a une grande part de responsabilité dans la pollution en macrodéchets. En effet en Méditerranée, il représente en moyenne 70 à 80% des macrodéchets retrouvés dans tous les types d'environnements (fond marin, plage, surface de l'eau) (Barnes et al. 2009 ; OFB, 2020 ; Seuront et al. 2022 ; Galgani et al. 2000).

Cette étude rassemble les données récoltées sur la pollution en macrodéchets flottants ou échoués sur les littoraux de petites profondeurs, sur les plages.

Les données recueillies sont des observations visuelles des fonds marins lors de la Blue Odyssey Corsica, des observations depuis la surface de l'eau qui géolocalisent les zones d'accumulation lors de l'étude d'Echos d'Océan croisées avec des données de déchets flottants fournies par l'Ifremer, acquises durant le projet Plastic Buster et à terre, Mare Vivu a rassemblé des données basées sur des ramassages afin d'établir une quantification précise.

Toutes les données sont compilées afin de tenter de déterminer la dynamique des macrodéchets dans les zones littorales en Corse du sud en tentant non de répondre à plusieurs questions mais à tout le moins de poser des hypothèses que nous souhaiterions approfondir avec nos partenaires et d'autres à venir tels que :

- Par où passent les macrodéchets au fond de l'eau ?
- Y a-t-il des zones d'accumulation des macrodéchets ?
- Quelle est la corrélation / les interactions entre les déchets terrestre, surface et sous-marins ?
- Les impacts des différents paramètres (courants, houles, vents etc..) sont-ils équivalents sur ces 3 dimensions ?
- ...



Éléments clés

Sous l'eau

- **Mission : Blue Odyssey Corsica (F.A. Bertrand)**
- **55 km** environ parcourus sous l'eau
- **23 sites** étudiés
 - **5 zones** avec une concentration **nulle** de macrodéchets (égale à 0 déchet/km linéaire)
 - **5 zones** avec une concentration **faible** de macrodéchets (entre 0,1 et 1,5 déchets/km linéaire)
 - **12 zones** avec une concentration **moyenne** de macrodéchets (entre 1,5 et 7,0 déchets/km linéaire)
 - **1 zone** avec une concentration **forte** de macrodéchets (14,8 déchets par km linéaire, dans la baie de Santa Manza)
- **Constats:** plusieurs hypothèses sont corroborées par les observations :
 - Il existe des **points de passage et de concentration de déchets** sur les petits fonds
 - Les **reliefs sous-marins** jouent visiblement un rôle dans la circulation des déchets
 - La flore peut jouer un rôle également, notamment **la posidonie** et son rhizome
 - **Les vents et courants** semblent -assez logiquement- jouer un rôle important dans la **répartition des déchets sous-marins**. Qu'en est-il de **la houle** ? En effet, elle semble avoir un impact déterminant sur les déchets de surface (voir point suivant « sur l'eau »)
 - Il reste à déterminer **quand les déchets** passent de l'écotone aux fonds et glissent sur les fonds, **selon quels critères et à quels moments ?**
 - **Ces premiers constats posent les bases pour des mesures plus structurées à l'avenir**



Sur l'eau

- **Missions : Plastic Buster Ifremer (F. Galgani) / Echos d'Océans (E. Dupont)**
- Missions d'exploration de tout le littoral Corse pour détecter les macro déchets flottants
- attention particulière portée aux **criques et aux anses (230 sites)**
- identification de 1092 zones d'accumulation de déchets en surface et/ou échoués près du littoral corse dont **237 le long de la Corse du Sud** à isopérimètre de l'expédition sous-marine Blue Odyssey Corsica
- **Constats :**
 - **Les vents et les courants** jouent un rôle important dans la mobilité des déchets
 - Toutefois, **la houle** joue un rôle probablement plus important pour rabattre (ou éloigner) les déchets le long des côtes (F. Galgani, Ifremer)
 - **Le relief des littoraux** joue également un rôle capital dans la mobilité et le stockage des déchets le long des côtes. **Les configuration de type baies ou anses** sont plus impactées que les autres configurations.



A terre

- **Mission : CorseaCare par l'association Mare Vivu (P.A. Giudicelli)**
- **Mission de sensibilisation, de mesure et de collecte de déchets terrestres**
- **13 sites étudiés**
- **1 zone de forte concentration de déchets (entre 3 et 3,75 déchets/m²)**
- **Constats :**
 - **forte hétérogénéité** des concentrations entre les différents sites (0,02 et 3,75 déchets/m²) soit un gap supérieur à plus de *100.
 - Sur tous les sites étudiés, des déchets ont été retrouvés mais avec un écart important. Cependant **aucune zone n'est épargnée** par la pollution plastique.
 - Il existe une **variabilité de la typologie** des déchets selon les années
 - La présence des déchets sur les plages est liée à la pression anthropique locale, mais pas que : **de nombreux déchets proviennent de sources parfois lointaines, amenés par la mer elle-même.**



Introduction

1.1. Etat de l'art

La notion de pollution est difficile à définir et fixer des limites à ce terme l'est encore plus. Une définition de la pollution apparaît pour la première fois à la fin du 19^{ème} siècle, depuis les connotations associées à ce terme ont évolué. La pollution au sens large est aujourd'hui définie comme une dégradation d'un environnement induit par l'introduction de substance ou d'une action physique mesurable et quantifiable.

“Si la pollution est inhérente à toute activité productive et si l'altération de l'eau, de l'air et des sols n'a cessé d'accompagner les sociétés humaines, l'ampleur du phénomène change d'échelle avec l'entrée dans l'âge industriel” (Jarrige et Le Roux, 2017).

L'entrée dans l'âge industriel a conduit à une contamination de l'atmosphère via l'utilisation du charbon plus tard ce sera le pétrole. La production d'électricité conduit à l'utilisation du nucléaire (radioactivité). L'agriculture de masse conduit à l'utilisation d'engrais et de pesticides. Et enfin l'une des pollutions les plus visibles qui se répand dans les milieux naturels est le plastique. Le plastique est défini comme “polluant persistant, agent hyper-toxique pour la santé humaine et l'environnement” (Jarrige et Le Roux, 2017).

1.1.1. Définition du déchet à plusieurs échelles

Parmi tous les types de polluant cités ci-dessus, seuls les macrodéchets seront considérés dans cette étude. Les macrodéchets sont aujourd'hui l'une des principales sources de pollution marine visuelle. Les enjeux liés à cette pollution sont complexes car ils allient de manière très forte des problèmes et questionnements environnementaux et scientifiques à des enjeux socio-économiques (Poitou, 2003).

En premier lieu, il serait intéressant de donner une définition globale et universelle des macrodéchets. D'après la convention OSPAR (1992), un macrodéchet est définie comme un corps solide d'origine anthropique visible à l'œil nu, flottant ou immergé. Les macrodéchets peuvent se fragmenter/se dégrader plus ou moins rapidement au cours du temps en fonction des conditions et du compartiment de stockage dans lequel ils se trouvent. C'est cette fragmentation qui conduit à la formation de microdéchets et même de nanodéchets.



Cette fragmentation de macrodéchets est surtout étudiée et observée (en laboratoire pour l’instant) dans le cas des plastiques (OFB,2020). Différents processus physique ou chimique peuvent conduire à la dégradation de macroplastiques en micro puis en nanoparticule dans différents environnements notamment dans l’environnement marin. (Geyer et al.2017).

1.1.2. Gestion des déchets

L’apparition d’un nouveau matériau au milieu du 20ème siècle a révolutionné la manière dont la société utilise puis jette des déchets. Ce matériau est le plastique. Le début de sa production et de son utilisation à grande échelle débute dans les années 1950 (Geyer et al.2017). La production de plastique n’a cessé d’augmenter de manière exponentielle (cf. Figure 1). Les plastiques sont des matériaux complexes issus de la transformation d’hydrocarbure (pétrole ou gaz fossile) par le raffinement pour en extraire le naphta.

En fonction des processus de polymérisation (assemblage de chaînes atomiques composées de carbone (C) et d’hydrogène (H)), plusieurs types de polymères plastiques peuvent être produits. Chaque polymère possède des caractéristiques qui lui sont propres, température de fusion, résistance à la lumière, rigidité et densité (Crawford et Quinn, 2016) (cf. Figures 1 et 2).

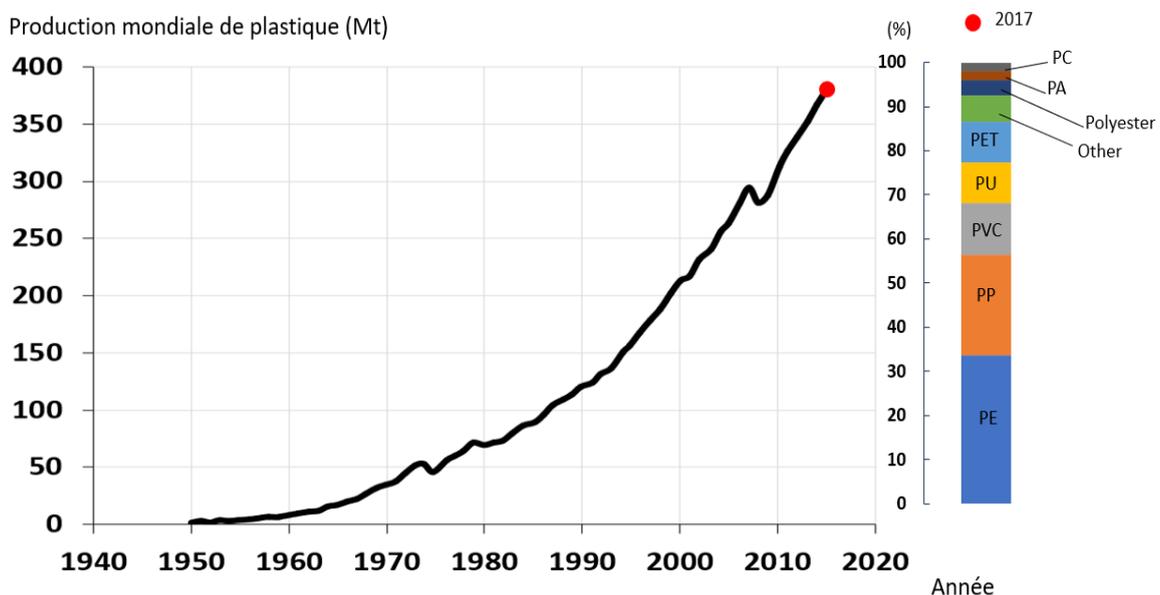


Figure 1 : Production mondiale de plastique (Mt) depuis 1950 (modifié d'après PlasticsEurope, PEMRG et Geyer et al.2017) et production par type de polymère en 2017 en Europe (modifié d'après PlasticsEurope, PEMRG).

Types de polymère	Abréviations	Densité
Polyéthylène/ Polyéthylène haute densité	PE / EPDH	0.91/0.94
Polypropylène	PP	0.92
Polypropylène téréphtalate	PET	1.27 à 1.33
Polyuréthane	PU	1.26
Polychlorure de vinyle	PVC	1.25 à 1.41
Polyester	Polyester	1.38
Polyamide	PA	1.14
Polycarbonate	PC	1.20

Figure 2 : Différents types de polymères plastiques, abréviations et densité (modifié d'après entreprise roller-tech, index plastique).

Le plastique a une grande part de responsabilité dans la pollution en macrodéchets. En effet en Méditerranée, il représente en moyenne 70 à 80% des macrodéchets retrouvés dans tous les types d'environnements (fond marin, plage, surface de l'eau). Ces chiffres s'expliquent par le fait que le plastique est conçu grâce à l'ajout d'additifs, de plastifiants, de retardateur de flamme pour résister à des processus de dégradation physique ou chimique au cours de temps (Barnes et al.2009 ; OFB, 2020 ; Seuront et al.2022 ; Galgani et al.2000).

Il est évident que l'augmentation de la production de déchets notamment plastique sur une période restreinte a conduit à sa dissémination dans l'environnement. (Geyer et al.2017). Les facteurs ayant conduit et conduisant toujours à cette accumulation des déchets dans l'environnement terrestre et marin sont multiples.

L'un des premiers facteurs est la mauvaise gestion des déchets, conduisant à la contamination des écosystèmes terrestres et marins par la pollution en macrodéchets plastiques. Rappelons que dans la plupart des cas les déchets sont enfouis ou incinérés sur Terre donc bien gérés, même si ces pratiques peuvent avoir des conséquences sur l'environnement terrestre.

L'un des autres contributeurs de cette pollution, même si une politique de gestion des déchets est mise en place comme c'est le cas en France, sont les décharges à ciel ouvert et décharges sauvages de déchets. Sera englobé dans ce terme, les rejets volontaires de déchets par des entreprises ou des citoyens sur terre ou en mer, l'entassement ou le dépôt



de déchets dans ces décharges à ciel ouvert ou dans des zones non appropriées notamment les rejets dans des zones naturelles (forêt, plage et mer) (Tramoy et al. 2019).

Tous les déchets notamment plastiques qui ne sont pas traités et mal gérés (pour les raisons citées ci-dessus) sont considérés comme des déchets perdus.

Cette proportion de plastique bien ou mal géré (accumulé sur les continents) représenterait selon des études de modélisation récentes environ 350 millions de tonnes (Mt). Parmi cette quantité, une partie sera transférée vers d'autres réservoirs notamment l'océan et sera considéré comme du plastique perdu (Sonke et al.2022).

Les fleuves sont l'un des principaux vecteurs de pollution vers la mer, avec selon Jambeck et al. 8,5 Mt de plastique et microplastique apportés par les rivières chaque année. Cette estimation correspond à une moyenne mondiale d'après tous les autres flux calculés de plastique et microplastique déversés vers le milieu marin via les rivières. Dans cette estimation, il est inclus une fraction également entre la quantité de plastique de microplastique.

1.1.3. La méditerranée en danger

Dans cette étude préliminaire sera considérée la mer Méditerranée. Cette mer a des caractéristiques particulières d'un point de vue de sa richesse biologique et environnementale. Elle représente un milieu hétérogène où chaque niche écologique a des caractéristiques et des problématiques particulières. Elle est également la mer la plus polluée du monde. Elle subit une très forte pression anthropique et environnementale à tous les niveaux : pollution en macrodéchets, pollution chimique, forte densité de population et changement climatique. En effet, il est constaté une chute de la biodiversité en méditerranée, des modifications physico-chimiques de l'eau, la colonisation d'espèces invasives et une forte présence de pollution macroplastiques (The MerMex Group, 2011 ; Pedrotti et al.2016).

Cette pollution en macrodéchets plastiques en Méditerranée est due en grande partie (comme cité ci-dessus) à une mauvaise gestion des déchets en réponse à une production en Europe qui a explosé après les années 2000, soit 60 Mt de plastique produit en 2018 (WWF, 2018).

La problématique des macrodéchets plastique, de leur impact sur l'environnement marin, de leur fragmentation, de l'adsorption d'autres polluants, de leur stockage et de leur devenir dans l'environnement marin sont une préoccupation grandissante. La question émerge dans



les années 1970 par la découverte pour la 1^{ère} fois de microbilles plastiques en mer des Sargasses (Carpenter & Smith, 1972). Depuis de nombreuses études ont été menées en Méditerranée sur la problématique du plastique (Galgani et al.1995 ; Barnes et al. 2009 ; Weiss et al., 2021 ; Sonke et al., 2022).

Ces études se concentrent pour la plupart sur les rivières, les plateaux continentaux, les plages ou les transferts de macroplastiques et microplastiques entre les différents compartiments de stockage.

Cependant peu d'études sont menées sur la pollution en macrodéchets échoués sur les littoraux sous-marins de petites profondeurs, un élément qui semble primordial quand on estime que l'essentiel des déchets finissent au fond des océans et non à la surface.



1.1.4. La Blue Odyssey Corsica

C'était le but de la Blue Odyssey Corsica: établir un premier bilan visuel et cartographié des fonds marins de petite profondeur de la Corse du Sud en se concentrant sur l'état de la pollution ponctuelle en macrodéchets sur les fonds de petite profondeur (0 à 15m).

Le but de cette expédition était d'obtenir des informations afin d'étudier dans le futur leur dynamique.

Cette expédition a eu une approche radicalement innovante de par son intérêt pour les macrodéchets posés sur les fonds marins de petite profondeur, sa volonté d'en comprendre les enjeux, le véhicule utilisé – un bateau semi submersible nommé Platypus comme une plateforme d'observations sous-marine habitée et mobile, et les outils de cartographie : la possibilité de pouvoir alimenter une base de données en live sous l'eau via des téléphones tactiles, étanches et connectés mis à disposition des plongeurs observateurs.

Les objectifs futurs et les questionnements généraux sont de parvenir à identifier les facteurs engendrant et/ou favorisant des zones d'accumulation de macrodéchets dans les fonds de faibles profondeurs. De définir la dynamique et les sources de déchets associés à ces zones d'accumulation.

Et enfin de comprendre quelles sont les voies de passage des déchets entre la terre et les grands fonds afin de déterminer si les fonds de petites profondeurs sont des réservoirs long terme ou temporaires de macrodéchets ?



Le bilan de cette expédition est disponible ici (cliquez sur l'image)



Ce premier constat fait, il était important pour la Blue Odyssey Initiative et ses partenaires de pouvoir inscrire ce bilan dans la durée d'une part et de le poser dans un contexte global qui donnerait un aperçu de la pollution par les déchets le long du littoral terrestre, marin et sous-marin : c'est le but du BAROMED.



1.2. Le BAROMED

Pour tenter d'apporter des éléments de réponse aux problématiques liés à la dynamique des macrodéchets, le document présent expliquera la méthodologie et exposera les résultats préliminaires afin de constituer ultérieurement un baromètre de l'état de la pollution en Méditerranée nommé le BAROMED.

Ce BAROMED a pour but de caractériser l'état de pollution ponctuelle dans certaines zones du littoral en rassemblant des données sur la pollution en macrodéchets dans 2 réservoirs : le réservoir terrestre et le réservoir marin.

Ainsi seront caractérisés les macrodéchets échoués (sur les plages par exemple), les macrodéchets flottants à la surface de l'eau et près des côtes (notamment les déchets présents dans la zone intertidale) et les macrodéchets échoués sur les fonds marins de petites profondeurs.

Ce BAROEMD devra également intégrer d'autres données d'observations non ponctuelles pour affirmer, infirmer et compléter les hypothèses qui seront exposées lors de ce rapport, qui n'est donc pas actuellement un rapport scientifique qui propose des conclusions mais un état des lieux de la pollution observée et reconnue au Sud de la Corse que ce soit à terre ou en mer, à la surface ou au fond de l'eau.



1.3.Zone d'étude

Les sites d'études proviennent de différentes études et recensent les macrodéchets dans des réservoirs différents (terrestres et marins) :

- **sous l'eau** : à faible profondeur (15m maximum) et près du littoral (à moins de 1km du trait de côte). Au total 18 sites sont étudiés ponctuellement (cf. Annexe 1). Les données produites l'ont été durant l'expédition la Blue Odyssey Corsica (Blue Odyssey Corsica) menée à bord du Platypus un bateau innovant semi-submersible). Elle s'est déroulée entre le 3 et le 24 Juin 2023.
- **sur l'eau** : les eaux de surface proches du littoral (environ à 500m des côtes). L'ensemble du littoral corse a été exploré cependant une attention particulière a été portée sur les criques et les baies, qui sont considérées comme des zones potentielles d'accumulation de macrodéchets flottants (soit 1092 sites identifiés).
- **sur terre**: seuls les déchets échoués sur les plages ont été recensés sur la zone Ouest du littoral de la Corse, soit 13 sites au total.



Figure 3 : Photographies de macrodéchets échoués dans le compartiment terrestre, maritime de surface ou sous -marin.

1.4. Contexte et importance des vents

D'une manière générale, en Corse du sud, les vents dominants sont des vents d'Ouest et d'Est nommé Libeccio et Levante (cf. Figure 4). Le secteur des bouches de Bonifacio est un secteur particulièrement soumis à l'influence bimodale de ces deux vents violents (rafales > 60-80km/h enregistrées 150j/an).

D'une manière plus détaillée, il existe une variabilité saisonnière de ces vents en fonction de la position occidentale ou orientale du littoral en Corse du Sud.

Dans le secteur du Capo Pertusato (côte Ouest) les vents violents sont en majorité des vents d'Ouest, particulièrement en Juillet. La composante vent d'Est est non négligeable en Juillet mais les vents violents sont moins fréquents. En Janvier, la composante vent d'Est est plus importante dans sa fréquence et son intensité, la direction du vent est d'ailleurs plus largement orientée Nord-Est que plein Est.

Dans le secteur de Punta di à Chiappa (côte Est) la direction des vents est plus hétérogène (annuellement, en hiver, en été). En Janvier, les directions de vent s'étendent du Nord-Est au Sud-Ouest avec une fréquence quasiment identique. Cependant les vents les plus violents et les plus fréquents proviennent du Nord-Est et de l'Ouest.

En Juillet les vents les plus violents et fréquents sont les mêmes qu'en hiver. Cependant une autre composante de vent de violence modérée (très peu fréquente en hiver) est très présente en été : vent de direction Sud-Est, le Siroco (cf. Figure 5 ; Gérigny, 2010 ; Pluquet, 2006).

Les vents dominants engendrent des frictions avec la surface de l'eau qui entraînent la mise en place de courant de surface (Giorgetti, 2009). Les données des courants de surface proviennent d'étude globale des courants de surface en Méditerranée Occidentale (cf. Figure 5).

Globalement, les courants à l'Est longeant la côte du Nord vers le Sud (dérive littorale). À l'ouest c'est l'inverse la dérive littorale induit des courants qui remontent du Sud vers le Nord. Cependant les vents exerçant une forte influence sur les courants des états transitoires des courants de surface sont engendrés par les situations de retournement de vent (nous ne détaillerons pas plus cf. Gérigny, 2010).



C'est notamment le cas dans la zone de faible profondeur du détroit entre la Corse et la Sardaigne, où est observé un effet venturi (accélération du courant dû à un rétrécissement du passage).

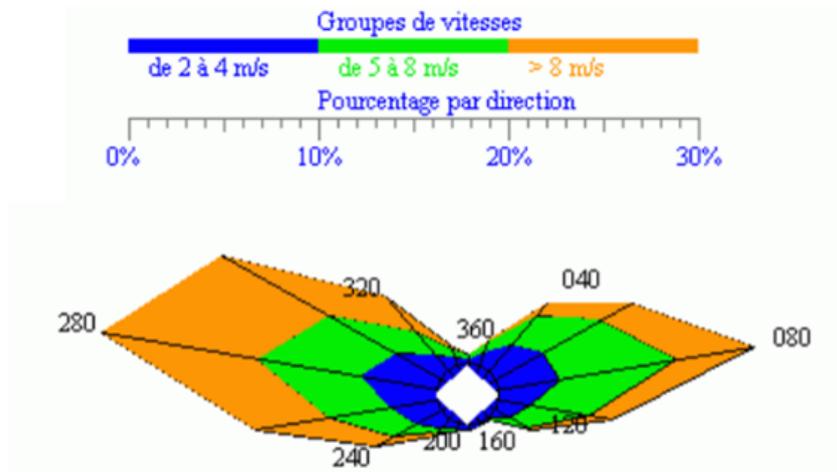


Figure 4 : Données de vent issues du sémaphore de Pertusato entre 1981 et 1990. Rose des vents indiquant en pourcentage les directions et l'intensité des vents (d'après Météo France Le climat de la France 2000).

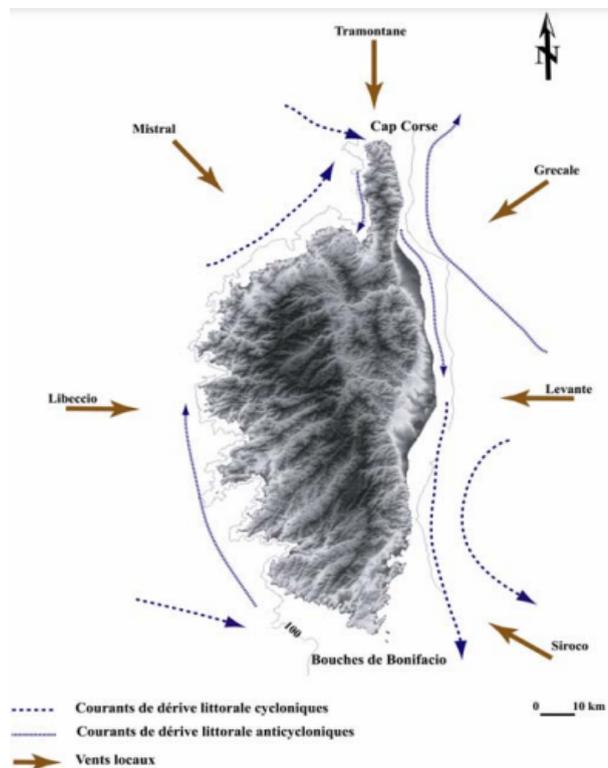


Figure 5 : Carte des vents et des courants marins en Corse (d'après CNEXO, 1975 ; Ovchinnikov et al., 1976 ; Millot, 1987).

En fonction de l'orientation des vents, des courants et des zones étudiées nous tenterons de mettre en évidence des zones d'accumulation de déchets sur la base des observations issues de la Blue Odyssey Corsica. Nous tenterons également de déterminer les potentiels facteurs ayant conduit à cette accumulation.

Cependant aucune tentative de corrélation entre déchets observés et sources ne sera proposée car les données sont seulement des données issues d'observations et non d'analyses poussées de la caractérisation des déchets présents sur les fonds marins de petites profondeurs. Des hypothèses de corrélation entre la présence de déchets à terre/ en mer seront proposées.



Matériels et méthodes

1.5.Stratégie d'observation globale

Au total, 31 sites doivent être explorés durant l'expédition de la Blue Odyssey Corsica. Les sites sont préalablement sélectionnés en fonction des points d'intérêts proches. Les points d'intérêts pouvant se caractériser de différentes manières : sites anthropisés, sites naturels préservés. Les ports, les aires marines protégées, les anses ou baies et les épaves sont mis en évidence et permettent de sélectionner ces sites.

Des trajets sont définis le long du littoral et dessinés à l'aide du logiciel Google Earth Pro (cf. Figure 6)

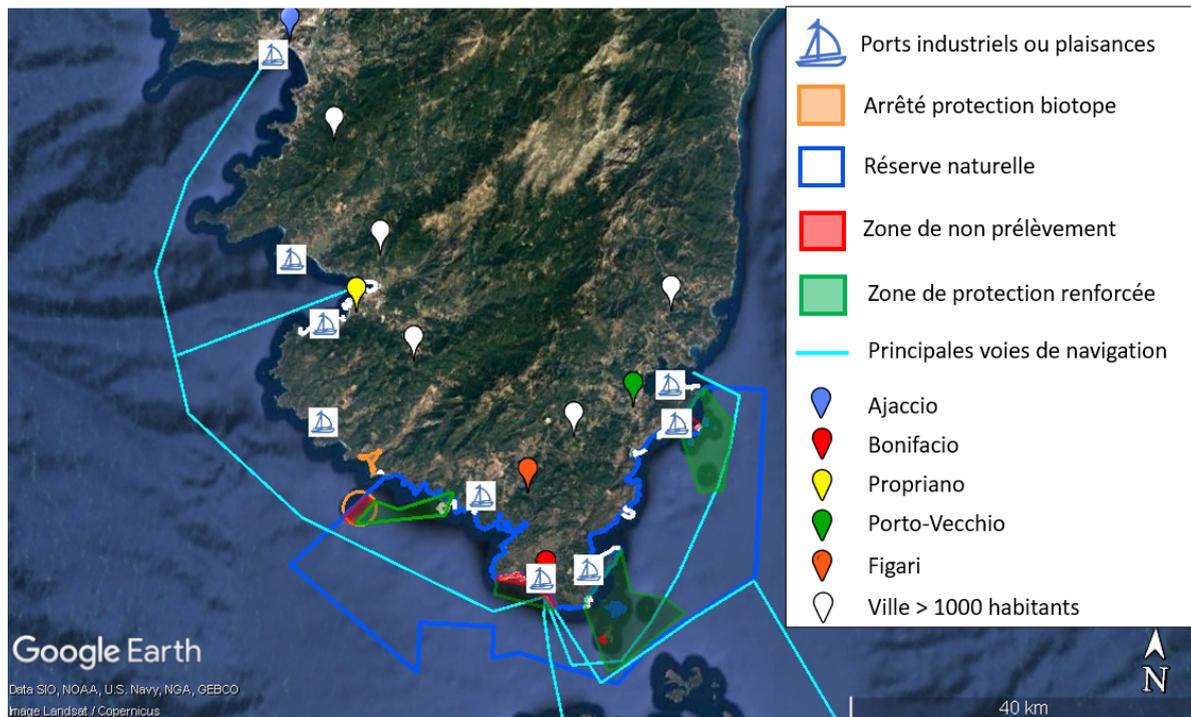


Figure 6 : Carte des zones protégées, des parcs naturels, des sites d'intérêt particulier.

1.6. BLUE ODYSSEY CORSICA : acquisition de données sous-marines

Tout au long de l'expédition de la Blue Odyssey Corsica, la récolte des données sous-marines s'est effectuée via l'observation, géolocalisation et la caractérisation (catégorisation entre le vivant et le non-vivant) directement sous l'eau et en direct.

Elles concernent uniquement les déchets échoués sur les fonds sous-marins de moins de 15m de profondeur. Et les zones explorées sont en général situées (sauf exception si non possibilité de navigation à cause de la bathymétrie trop faible) à 1km du trait de côte environ.

Pour rappel, le bilan complet de cette expédition est disponible sur :

- Le site web de la Blue Odyssey Initiative :
www.blue-odyssey.org
- Lien direct de téléchargement :
<https://blue-odyssey.org/wp-content/uploads/2023/10/Bilan-Blue-Odyssey-Corsica.pdf>
- Plus d'informations sur demande, notamment les cartes



1.6.1. Platypus

Des observations sous-marines sont effectuées à bord de Platypus. Un bateau prototype semi-submersible permettant le parcours de grande distance en plongée sous-marine, produit par la société Platypus Craft (Marseille). Sur la Figure 7 ci-dessous est observable la position de navigation conventionnelle et la position de navigation sous-marine du Platypus.

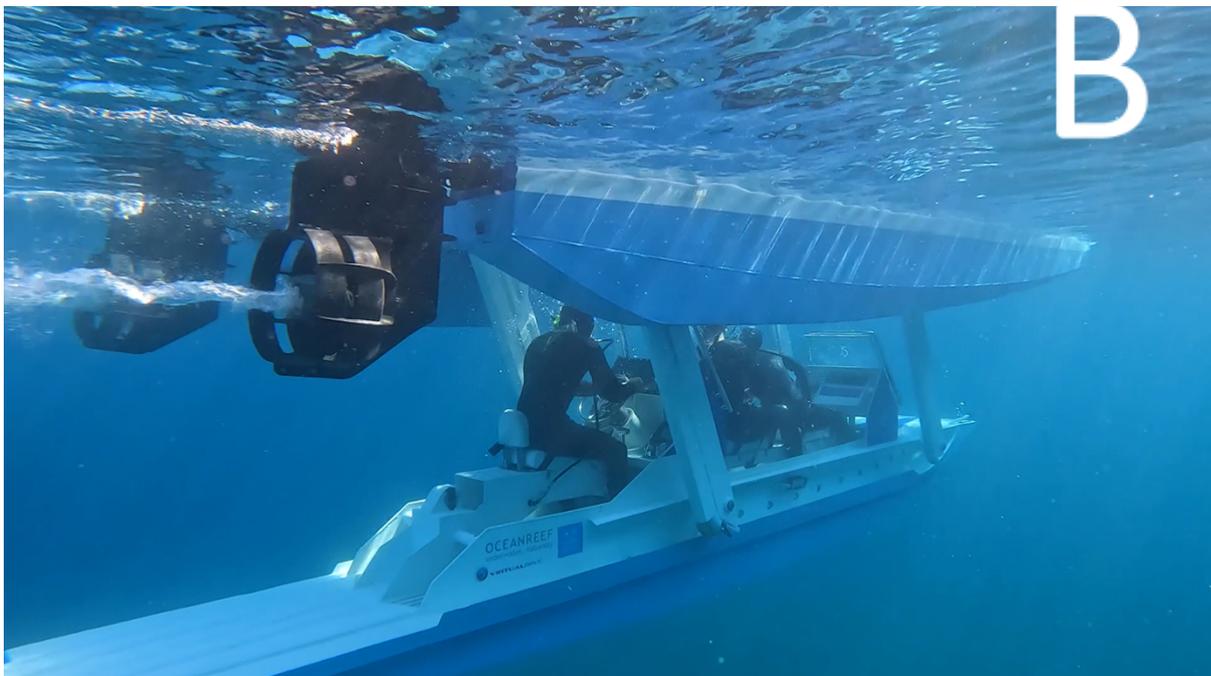


Figure 7 : Photographie du platypus a) en position de navigation classique b) en position de navigation sous-marine.



Cette expédition permet d'utiliser ce nouvel outil dans le but d'observer les petits fonds et plus précisément la faune, la flore ainsi que la pollution visuelle par les macrodéchets.

L'avantage principal de l'utilisation de ce type de méthode pour l'exploration sous-marine et pour récolter des données c'est qu'elle est déployable facilement (si les conditions météorologiques le permettent). L'utilisation d'un Platypus permet le parcours de grande distance rapidement et sans beaucoup d'effort physique pour l'observation, le recensement de données de pollution de faune et de flore par exemple.

De plus, il permet des plongées relativement longues comparée à des plongées classiques puisqu'un compresseur d'air est directement embarqué sur le bateau et permet d'avoir de l'air de manière « non limité ».

Enfin, il permet d'intégrer un système de connectivité sous-marine, les plongeurs étant connectés par interface tactile étanche en 4 ou 5G : cette particularité fait du Platypus un bateau connecté.

Ce système est dénommé "PlatyObs" pour « observations Platypus ».



1.6.2. PlatyObs

Les objets d'observation de cette étude (et des suivantes) seront les macrodéchets en priorité. Cependant d'autres types objets (vivants) pourront être recensés comme la flore, notamment *Posidonia Oceanica* (herbiers de Posidonie) ou encore la faune, notamment des dauphins communs.

Pour recenser les données, la priorité a consisté à connecter le monde sous marin : le bateau Platypus disposant d'une nacelle reliée à la surface par des bras de soutien disposant de passages de câbles conséquents, une connectivité sous-marine a été testée :

- Installer un téléphone de surface pouvant capter les signaux 3G, 4G et 5 G en surface, à l'abri des intempéries
- Le relier à un câblage en cuivre blindé faisant la jonction entre cette interface de surface et le téléphone sous-marin à disposition de chaque plongeur
- Un support de téléphone sous-marin à disposition de chaque plongeur qui recueille une masse de câble enroulée sur 3 tours
- Le téléphone sous-marin positionné sur ledit support dans un caisson étanche et tactile de marque DiveVolk et de type « SeaTouch »

Pour pouvoir cartographier les fonds, une application nommée **PlatyObs. v1.0** a été développée par notre partenaire Glokis. Cette application permet la localisation spatio-temporelle des données.

Une classification en entonnoir a été utilisée : les 4 grandes catégorisations sont faune, flore, pollution et autres. Cette application est utilisable sur des smartphones.

Lors de l'expédition, la société Platypus Craft a fourni trois iPhone 13 Pro max (1To), reconnus pour leur qualité optique, placés dans des caissons étanches et tactiles (développés par un des partenaires de l'expédition DiveVolk).



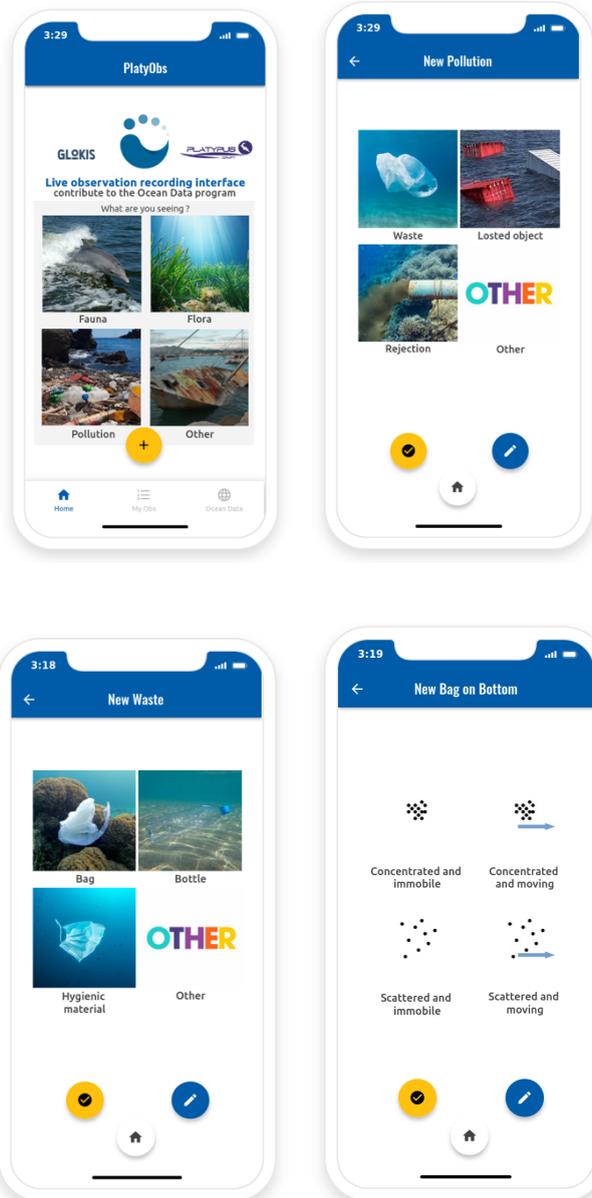


Figure 8 : aperçu de Platyobs en suivi linéaire des déchets

Lors des plongées, les plongeurs à bord du Platypus utilisent l'application pour caractériser leur observation. Pour caractériser un objet visible il suffit de cliquer dans les catégories et sous-catégorie de l'application PlatyObs.v1.0, sachant que chaque catégorie est représentée par des images, aucun texte ou nom d'espèce n'est à écrire sur le clavier du téléphone sous l'eau. Ce processus de catégorisation par les images facilite grandement le recensement des données.

Cependant des commentaires peuvent être ajoutés au moment de l'enregistrement de l'observation. Lorsqu'une observation est enregistrée elle est automatiquement géolocalisée. La géolocalisation est possible directement sous l'eau grâce à une connexion internet établie entre un téléphone en surface et ceux sous l'eau. La connexion est établie grâce à un câble de type CamDo : par ce câble transite le signal 4G ou 5G vers les téléphones sous-marins.

En parallèle, des données audiovisuelles sont récoltées via l'enregistrement de vidéos de photos directement via l'application PlatyObs ou non.



Plusieurs vidéos peuvent illustrer le fonctionnement du système « PlayObs » :

- vidéo de connectivité du Platypus ([cliquez sur l'image](#))



Figure 9 : Platypus en navigation sous marine à 3 nœuds

- Travail de cartographie sous-marine sur PlatyObs in situ ([cliquez sur l'image](#))

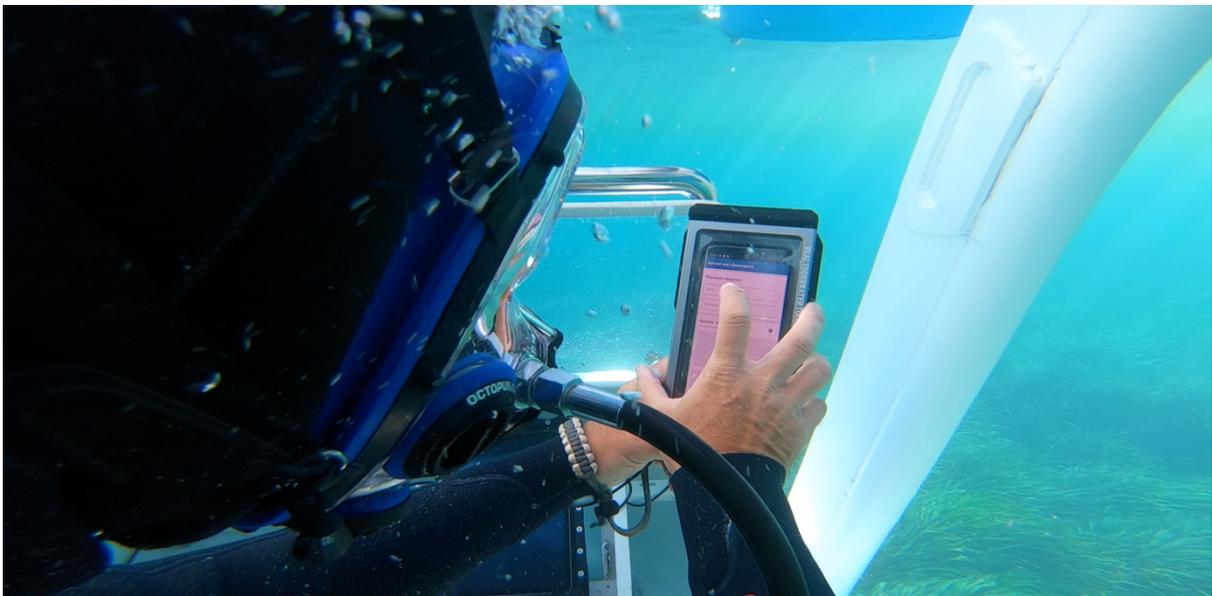


Figure 10 : Opérateur utilisant PlatyObs sur un Iphone 13ProMax connecté en 4G sous l'eau

1.6.3. Autres méthodes et protocoles testés depuis le Platypus

Avec une amélioration du protocole actuel d'observation, il peut s'avérer très utile dans la collecte de données d'observation et de prélèvements scientifiques. Par exemple, durant cette expédition une Benne Van Veen a pu être déployée depuis le bord du Platypus (à la demande du CEREGE pour une étude des microplastiques dans les sédiments).

Le test en lui-même n'a pas été concluant mais il s'agit d'ajustement mineurs d'intégration du système pour en permettre un déploiement optimal lors d'une prochaine mission.

La corrélation potentielle de l'identification visuelle de la zone d'étude, d'un échantillonnage et d'une vidéo rendant compte du contexte du prélèvement peut apporter un éclairage intéressant pour affiner les résultats de ces échantillonnages.

Au-delà du protocole Van Veen, la possibilité de carotter les fonds marins peut apporter dans certains cas de figure une information importante également.



Figure 11 : Benne Van Veen utilisée

1.7. Données de l'IFREMER et d'Echos d'Océans : données existantes marines (de surface)

Les données de l'IFREMER ont été récoltées durant plusieurs années entre 2018 et 2021. Lors d'une mission qui a longé la côte des zones d'accumulation de déchets ont été mises en évidence. Pour mettre en évidence ces zones d'accumulation potentielles des observations depuis la surface ont été effectuées près des côtes.

Pour effectuer cela, des sites favorables à une accumulation de déchets sont repérés (crique, renfoncement, vents et courants marins). Une fois les zones repérées, alors un comptage des déchets est effectué dans chaque zone (protocole de la DCSMM). Si un comptage directement sur site n'est pas envisageable alors les repérages sont effectués à distance à l'aide de jumelles. Certains indices comme les bois flottés sont essentiels pour effectuer ce genre d'étude longue et chronophage.

Les données de l'IFREMER ont été revues et complétées par les données récoltées par Echos d'Océan.



Figure 12 : Photographie d'un bateau utilisé par Echos d'Océans pour la collecte de macrodéchets flottant

1.8. Données Mare Vivu : données existantes terrestre

Les données de Mare Vivu qui sont considérées ont été récoltées au cours de l'année 2022. Les macrodéchets dans cette étude sont considérées comme $> 25\text{mm}$ et elle ne prend en compte que les déchets échoués sur les côtes notamment les plages.

Les déchets échoués se caractérisent par leur position géographique particulière : ils sont situés sur des plages entre la zone intertidale (zone de balancement des marées et des vagues) qui est la limite basse et la limite de la végétation, de dunes ou d'infrastructures anthropique qui est la limite haute.

Une collecte de déchets est effectuée le long d'un transec de 100 m entre la limite haute et basse pour chaque site considéré. Le relevé de 4 coordonnées GPS aux angles des zones permet de calculer une surface de ramassage (cf. Figure 11).

Suite au ramassage des déchets (à la main), une quantification peut être effectuée. Ici sera considéré la quantification via la concentration en macrodéchets par unité de surface : soit des macroplastiques par m^2 .



Figure 13 : Ramassage et catégorisation de déchets sur une plage de Corse

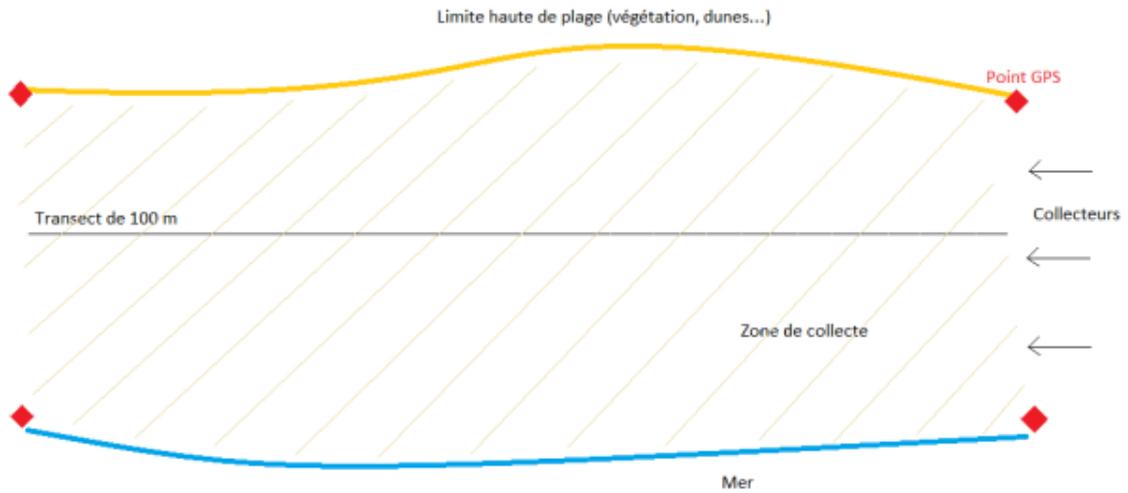


Figure 14 : Schéma de la délimitation des zones de ramassage de déchets sur les plages (limite basse = trait bleu ; limite haute = trait jaune) (Mare Vivu, 2022).



1.9. Traitement des données

Les données recensées sont toutes mises en forme dans un tableau Excel. Ce tableau renseigne les données spatio-temporelles de chaque observation. D'autres informations complémentaires pourront être ajoutées à ces tableaux. Dans le cas de la pollution sera renseigné en plus de la position géographique, le type de déchet, le type de matériaux, le nombre, la taille (< ou > 5 mm), la position dans la colonne d'eau (au fond ou flottant) et la position dans l'environnement (terrestre ou marin) s'ils sont connus.

Dans le cadre de la Blue Odyssey Corsica la caractérisation quantitative des données n'a pas réellement pu être rigoureusement recensée en raison de la nouveauté des méthodes d'observation.

Des approximations par ordre de grandeur de déchets devront alors être associées à chaque observation pour percevoir un début de données semi-quantitative.

Toutes ces données pourront être transférées sur les logiciels de cartographie (Google Earth Pro ou QGIS 3.24.1) pour observer leur dispersion spatiale.

1.9.1. Concentration en macrodéchets

Dans les cas des données produites par PlatyObs, les densités de déchets par km de côte seront calculées en fonction du nombre de km parcourus sous l'eau. Ces données ne permettent pas une homogénéisation des densités de déchets/km à tout le trait de côte.

Les densités calculées ne seront valables que pour les zones concernées et que pour un instant t puisque l'ensemble des données est ponctuel.

Les données terrestres et de surface sont considérées comme exhaustives.

1.9.2. Reconstitution des conditions météorologiques

Les conditions de vent et par extension des courants seront reconstituées afin de mettre en évidence ou non un lien entre les conditions météorologiques et la densité de déchets observés pour chaque zone.

Cette démarche pourrait être particulièrement pertinente dans le cas de l'observation de zone d'accumulation de déchets au fond de l'eau.



Les données météorologiques sont extraites des archives d'après MétéoFrance et MétéoBlue.

1.9.3. Les différents types d'observations

Les données issues des observations de la Blue Odyssey Corsica, de l'IFREMER et Echos d'Océan et de Mare Vivu seront comparées.

La comparaison de ces données permettra d'élaboration d'hypothèses concernant les potentiels liens entre les macrodéchets recensés à terre, en mer et au fond de l'eau.



Résultats

Les résultats présentés dans cette partie sont issus de différentes études. Ils seront présentés indépendamment les uns des autres. Ces résultats sont les résultats principaux de la quantification ponctuelle des macrodéchets en mer ou à terre.

1.10. SOUS L'EAU : Résultats de la Blue Odyssey Corsica

Au total, 18 zones ont été explorées durant la Blue Odyssey Corsica (T1 à T18), soit environ 49 000 m parcourus sous l'eau. Pour chaque zone les distances parcourues étaient variables, soit entre 880 m minimum environ (T9) et 6800 m maximum environ (T13).

Au total, 143 observations ont été réalisées pour environ 242 déchets observés, dont 12 à terre et le reste sous la surface de l'eau, sachant que chaque zone n'a été visitée qu'une seule fois. Les données quantitatives au sens stricte du terme ne sont donc pas un indicateur fiable de la quantité de macrodéchets présents dans chaque zone puisque les données sont ponctuelles et la quantification basée sur le comptage visuel.

Cependant nous considérons les ordres de grandeur entre les différentes concentrations de macrodéchets calculés pour chaque zone.

Sur les 18 zones étudiées, la majorité des zones, soit 12 zones, ont des concentrations de déchets supérieure à 0,0 et inférieure à 10 macrodéchets par km linéaire de côte. 5 zones ont une concentration de déchets nulle, aucun macrodéchets n'a été détecté dans ces zones. Et une seule zone a une densité de macrodéchets supérieure à 10 macrodéchets par km (cf. Figure 13).

Les concentrations en macrodéchets varient entre 0,0 et 14,8 déchets au km. Avec une moyenne de 3,0 (+/- 3,6) macrodéchets par km de côte et une variance élevée de 11,9 macrodéchets entre les échantillons. Les résultats des concentrations de macrodéchets indiquent une forte hétérogénéité des concentrations en fonction des zones et même des zones géographiquement proches. Entre T16 et T17 par exemple est observé respectivement des concentrations de 7 macrodéchets par km et 0,0 macrodéchets par km.

Les directions majeures des vents ont été reconstruites durant la période d'échantillonnage, soit 9 jours (cf. Annexe 2). Elles sont définies comme se dirigeant vers la côte, le large et parallèlement ou obliquement au littoral (vent induisant une houle oblique au littoral qui elles même induisent une dérive littorale). Dans 72,2% des cas le vent est parallèle ou



oblique à la côte durant la période d'échantillonnage, dans 16,7% des cas le vent est dirigé vers la côte et dans 11,1% le vent est dirigé vers le large.

Les résultats de ces reconstructions de la direction majeure des vents montrent que dans les cas où la concentration de macrodéchets retrouvée est nulle, 40% des vents sont dirigés vers le large, 60% des vents sont obliques ou parallèles à la côte et 0% sont dirigés vers la côte.

Dans les cas où la concentration est non nulle et inférieure à 10,0 macrodéchets par km, 16,7% des vents sont dirigés vers la côte, 83,3% sont obliques ou parallèles à la côte.

Dans le seul cas recensé où la concentration de macrodéchets est supérieure à 10,0 déchets par km, la direction du vent est vers la côte.

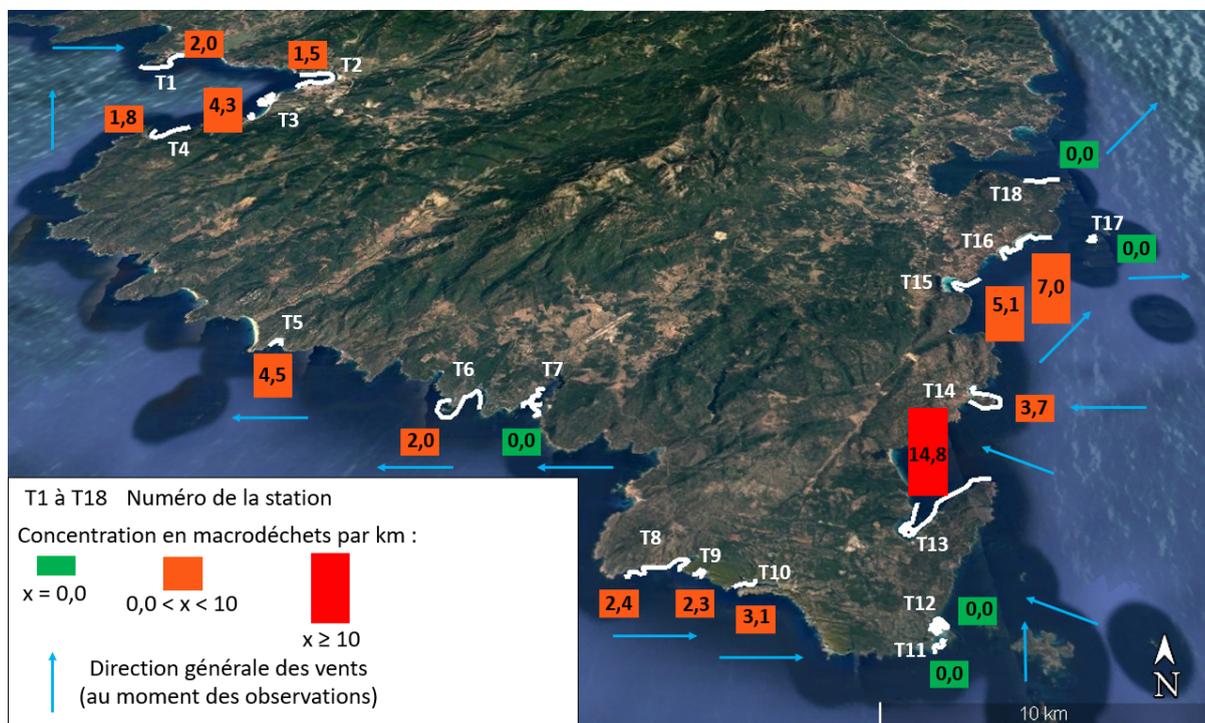


Figure 15 : Résultats des concentrations (déchets par km linéaire de côte) retrouvées dans chaque zone et les directions dominantes de vents au moment des observations.

1.11. EN SURFACE : Résultats de IFREMER et d'Echos d'Océan

Les données de l'IFREMER et d'Echos d'Océan ont permis d'identifier sur l'ensemble des littoraux Corse (de manière exhaustive) les zones d'accumulation potentielle de déchets flottant et échoués au niveau de la zone intertidale.

Les zones d'accumulation traitées et conservées dans notre nouvelle base de données correspondent aux zones identifiées comme étant en face des trajectoires effectuées lors de l'exploration de la Blue Odyssey Corsica. Ainsi il est possible de calculer par zone, T1 à T18, (en fonction de la distance du trajet effectué) un nombre de zones d'accumulation potentielle de déchets par km de côte.

Sur la figure 14 sont représentées les concentrations en macrodéchets sur les fonds marins par km en fonction du nombre de zones d'accumulation potentielles par km pour chacune des zones étudiées (T1 à T18).

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de relation linéaire entre la concentration en macrodéchets sur les fonds marins et le nombre de zones d'accumulation de déchets identifiées en surface ou au niveau de la zone intertidale ($R^2 = 0,0156$).

Les résultats ci-dessous ne représentent cependant qu'un seul cas de figure car les données issues de cette étude (Blue Odyssey Corsica) sont ponctuelles (cf. figure 14).

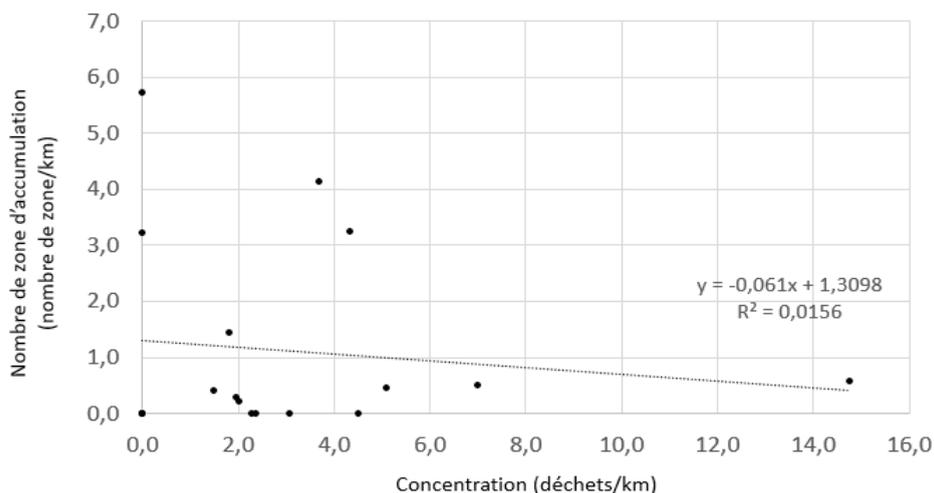


Figure 16 : Représentation graphique de la concentration en déchets/km sur les fonds marins, via les données issues de PlatyObs, en fonction du nombre de zones d'accumulation/km, via les données de l'IFREMER.



1.12. A TERRE: Résultats de Mare Vivu

Les échantillonnages des macrodéchets sur les plages par Mare Vivu permettent d'obtenir des concentrations en macroplastiques échoués par m^2 (macroplastique > 25mm). Les données des ramassages de 2022 sont exposées sur la figure ci-dessous. Il est observé une forte hétérogénéité des concentrations allant de 0,02 à 3,75 macroplastiques/ m^2 (cf. Figure 15).

Si nous considérons les données de Mare Vivu et de la Blue Odyssey Corsica d'un point de vue qualitatif, alors les stations de Baraci et Chevano peuvent être comme des sites à terre associés, respectivement, aux zones T2 et T6 en mer.

La ponctualité des données récoltées et la différence des unités de quantifications utilisées ne permettent pas de comparer quantitativement ces résultats seulement qualitativement sur la base des résultats observées avec les mêmes méthodes de quantification sur d'autres sites.

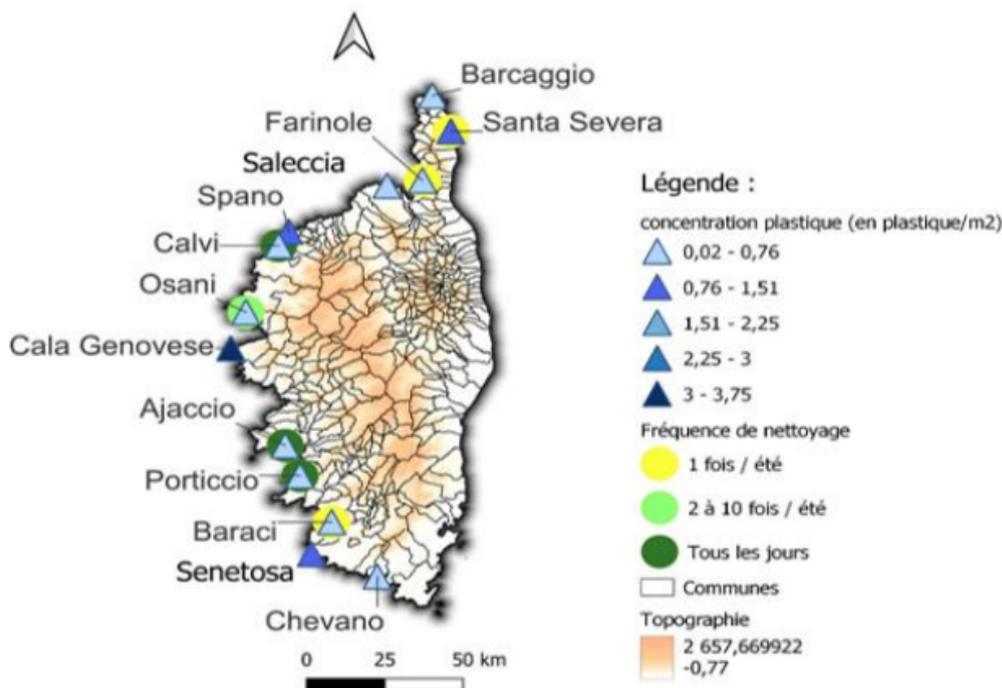


Figure 17 : Répartition spatiale des concentrations en plastiques à terre (plastiques échoués) en plastiques/et des fréquences de nettoyage des plages m^2 (Mare Vivu, 2022).

Tout d'abord, les concentrations au site Baraci et Chevano sont proches et comprises entre 0,02 à 0,76 macroplastiques/ m^2 . Relativement aux concentrations en plastiques retrouvées sur les autres sites, elles sont considérées comme faibles. Les concentrations en macrodéchets au fond de l'eau au site T2 et T6 sont également proches, respectivement 1,5 et 2,0 déchets/km. Relativement aux concentrations observées aux autres sites sous-marins, elles sont considérées comme faibles.

Les types de déchets terrestres recensés par Mare Vivu et leur évolution sur 3 ans sur le même site de 2020 à 2022 sont les suivants :

Voici l'évolution des résultats sur ces 3 derniers étés :

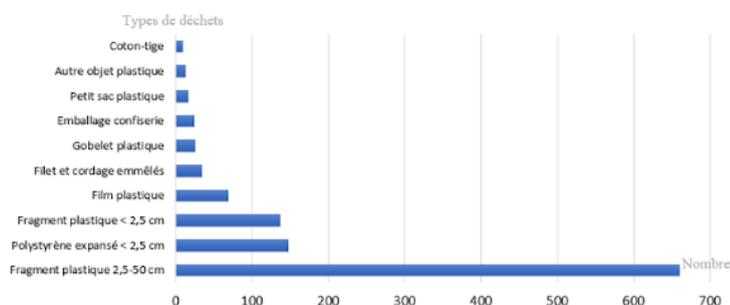


Figure 5 : TOP 10 des déchets collectés à Cala Genovese en 2020

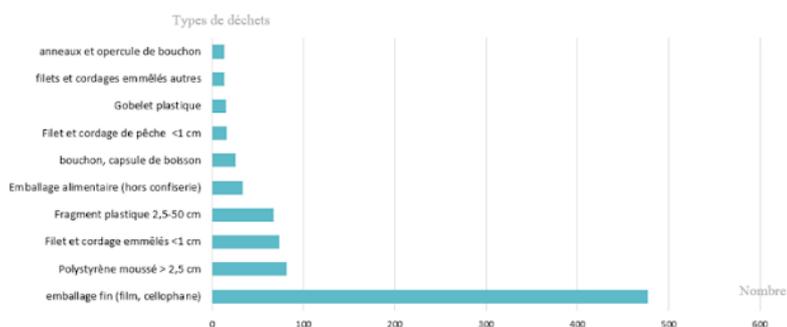


Figure 6 : TOP 10 des déchets collectés à Cala Genovese en 2021

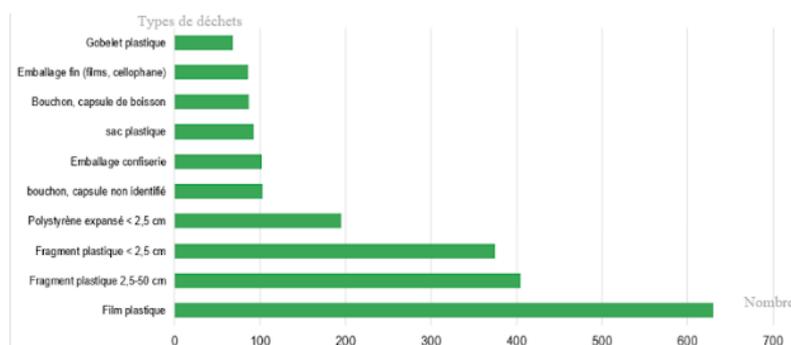


Figure 18 : évolution des typologies de déchets de 2022 à 2022 à Cala Genovese

Discussions

1.13. Impact de la pression anthropique sur la contamination en macrodéchets

D'après les résultats obtenus lors de l'expédition de la Blue Odyssey Corsica nous pouvons comparer les concentrations ponctuelles de déchets échoués sur les fonds marins et les niveaux d'anthropisation de chaque zone d'étude.

La carte de la figure 16 rassemble les principaux facteurs pouvant induire une pression anthropique sur le milieu marin. Sont recensés les ports de commerce ou de plaisance, les principales trajectoires maritimes très fréquentées, les villes ou communes comptant plus de 1000 habitants.

La zone de Porto-Vecchio apparaît comme la zone explorée la plus anthropisée, relativement aux autres zones d'étude avec un nombre d'habitants supérieur à 10 000, deux ports et une voie de navigation maritime commerciale reliant Porto-Vecchio à Bonifacio.

La concentration ponctuelle en déchets dans la zone d'étude T18 à proximité de Porto-Vecchio est nulle, aucun déchet n'a été détecté dans cette zone sur les fonds marins explorés. Il n'est ici pas mis en évidence une relation entre la pression anthropique et la concentration en déchets déposés sur les fonds.

Les concentrations ponctuelles en déchets sur les fonds dans les zones T15 et T16, considérées comme très peu anthropisées (pas de port ni de villes ou communes de plus de 1000 habitants proches ces zones), sont non nulles et peuvent être considérées comme relativement élevées. Pour ces deux zones également il n'est pas mis en évidence une relation entre la pression anthropique et la concentration en déchets déposés sur les fonds marins.

La zone T13 possède la concentration ponctuelle en déchets la plus élevée et significativement différente des autres, soit un ordre de grandeur supérieur à toutes les autres concentrations. Elle sera considérée comme une zone d'accumulation ponctuelle de déchets. Cette zone subit une pression anthropique modérée comparativement à



Porto-Vecchio. En effet d'après les critères sélectionnés seul un port est recensé comme un facteur induisant une pression anthropique. Pour cette zone il n'est pas mis en évidence une relation entre la pression anthropique et la concentration en déchets déposés sur les fonds marins.

Les zones T10 et T7 sont des zones portuaires de taille importante. Par évidence la pression anthropique dans des zones portuaires est supérieure à celles d'autres zones comme les plages ou les baies de part la présence importante de bateaux et une forte activité très proche du littoral (marina, quai...).

De plus, les caractéristiques morphologiques des zones portuaires étudiées induisent un effet venturi, elles constituent des zones favorables à l'accumulation ou au rejet de macrodéchets. Les concentrations en déchets sous-marins pour T7 et T10 sont respectivement nulles ou considérées comme faibles.

Cependant les résultats obtenus pour ces deux sites sont très probables fortement influencés par les conditions météorologiques lors de leur exploitation. En effet, les mauvaises conditions de visibilité lors des observations dans ces zones ont pu avoir un impact sur les résultats obtenus notamment pour T7 où l'exploration fut stoppée pour respecter les conditions de sécurité des plongeurs.

Les résultats obtenus sont critiquables et ne peuvent pas conduire à une interprétation d'une relation potentielle entre les niveaux d'anthropisation et les concentrations en déchets obtenues.

Les données ponctuelles obtenues à la suite de la Blue Odyssey Corsica dans différents sites d'étude, ne permettent pas une corrélation entre les niveaux d'anthropisation et les concentrations en déchets sous-marins. Cependant s'agissant de données ponctuelles la corrélation entre ces deux facteurs ne peut pas être exclue.

De nouvelles données non ponctuelles doivent être récoltées afin de tenter d'établir une relation entre la pression anthropique sur le littoral et la concentration en déchets retrouvés sur les fonds.



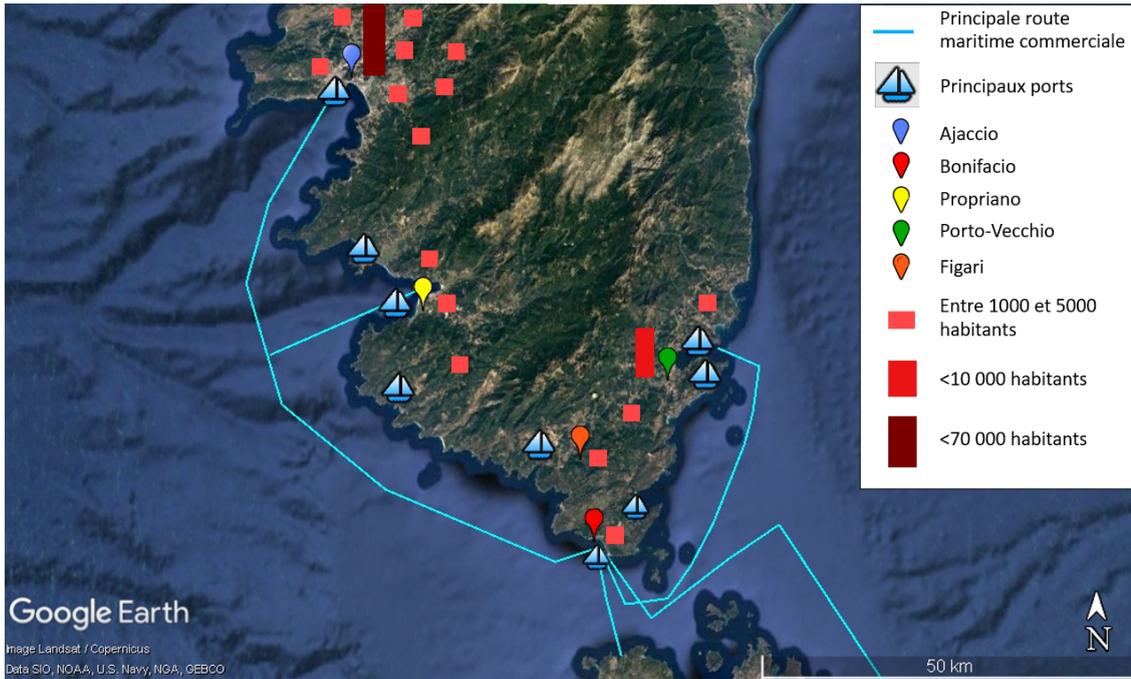


Figure 19 : Représentation spatiale des critères d'anthropisation, voies de transports principales et port et nombre d'habitants par villes ou communes supérieur à 1000 habitants.



1.14. Relation entre conditions météorologiques et dispersion des macrodéchets en mer

D'autres facteurs que la pression anthropique peuvent influencer la distribution des concentrations en déchets sur les fonds par exemple l'influence des conditions météorologiques. Ici cette hypothèse est vérifiée en partie en prenant en compte la direction des vents dominants le jour de chaque échantillonnage pour chaque zone grâce aux données extraites de MétéoFrance et MétéoBlue.

D'après les résultats de la Blue Odyssey Corsica des tendances sont observées dans la répartition des concentrations lorsqu'elles sont mises en relation avec la direction des vents dominants.

Premièrement la fréquence et l'intensité des vents reconstruits durant la période d'échantillonnage est en accord avec les données de vent issues du sémaphore de Pertusato entre 1981 et 1990. Des vents en majorité orientés NO et E ou SE.

Les vents ayant une forte influence sur les courants superficiels de surface pourraient avoir une forte influence sur la répartition des déchets sur les fonds de faibles profondeurs.

D'après les données, ont été mis en évidence que 0% des vents sont dirigés vers la côte lorsque la concentration en macrodéchets est égale à 0.0 déchets/km.

L'interprétation des résultats même si les données sont ponctuelles montrent que la zone T13 est une zone de forte concentration de déchets. Les conditions de vents associés à cette zone d'accumulation sont des vents modérés principalement dirigés vers la côte au moment de l'observation.

Une corrélation entre la direction du vent et la formation d'une zone d'accumulation ou l'absence de déchets semble possible.

La concentration en déchets/km observé à T14, 3,7 déchets/km, est considérée faible relativement aux autres concentrations. Aucune zone de forte concentration n'est observée à T14 et la direction générale de vents est vers la côte. La configuration est la même que pour T13 mais les concentrations sont significativement différentes. Les morphologies des



zones T13 et T14 sont très différentes, respectivement entre forme anse très allongée et en forme de cap associé de chaque côté à une crique d'une taille largement inférieure à celle de T13. Sur la zone T14 l'intégralité des déchets (n=8) sont retrouvées dans les criques et non sur le cap. Dans la zone T13 la majeure partie des déchets sont situés dans la partie la plus inférieure de la crique donc très proches du littoral (n=100). Les anses sont de par leur morphologie des lieux potentiels d'accumulation de déchets.

Dans ce cas, plusieurs hypothèses, toutes complémentaires, pourraient expliquer les concentrations différentes obtenues entre T13 et T14 dans des conditions de vents très proches.

La première hypothèse serait que la ponctualité des données influence très fortement le résultat.

La deuxième que la taille elle-même des zones étudiées influence les concentrations. La dynamique hydrologique et sédimentologique de transport des masses d'eau, des sédiments et par extension des macrodéchets vers le littoral pourrait être influencée par la grandeur de la zone. L'hypothèse suivante sera émise : plus la zone est étendue, plus cette dynamique est importante.

Et enfin la dernière hypothèse est que l'intensité et la durée du vent ait une influence sur la concentration en déchets sur les fonds.

Lorsque les vents sont obliques par rapport à la côte ou parallèle à celle-ci est observé une grande variabilité des concentrations en déchets sur les fonds entre 7 et 1,5 déchets/km. Des données non ponctuelles sont nécessaires afin de pouvoir émettre des hypothèses sur la dynamique globale des déchets dans ces zones.

Ici l'hypothèse que le vent influence la répartition des concentrations en macrodéchets semble être validée mais reste à confirmer avec des données non ponctuelles. En cas de vent vers la côte et en fonction d'autres facteurs (intensité du vent, durée des périodes de vent, taille et morphologie des zones étudiées) les zones d'accumulation de déchets comme celle de la zone T13 peuvent se former. En cas de vent vers le large, les concentrations en déchets peuvent être faibles voire nulles.

La récolte de nouvelles données notamment un monitoring longue durée de certaines zones caractéristique ainsi qu'une caractérisation des déchets pourrait permettre de mieux comprendre la dynamique spatio-temporelle des macrodéchets échoués sur les fonds en zone littoral de petite profondeur.



Enfin, une corrélation forte a été identifiée par François Galgani de l'IFREMER entre les répartitions de déchets en surface et la houle : il met en avant que la houle semblerait avoir un impact plus important sur la mobilité des déchets que les courants. Si tel est le cas, il semblerait intéressant de considérer l'impact de la houle sur la mobilité des déchets posés au fond en sus de l'impact des vents et des courants.



1.15. Corrélation entre pollution à terre et en mer

Les données croisées entre celles collectées sous l'eau lors de la Blue Odyssey Corsica, surface de l'IFREMER et Echos d'Océans et terrestres par Mare Vivu, ne permettent pas de faire un lien entre les différentes sources de pollution (à terre ou en mer) ni de faire des hypothèses sur les potentiels flux entre le compartiment terrestre et marin. Les données ne permettent pas cela car ce sont seulement des données d'observation, ne prenant en compte comme caractéristique que le comptage. Aucune caractérisation morphologique et morphométrique n'a été effectuée ni même de prélèvement lors de la Blue Odyssey Corsica.

Cependant les données issues de l'association Mare Vivu nous permettent de faire des hypothèses quant aux sources principales des déchets à terre. Les données sur les macrodéchets de Mare Vivu se concentrent sur les déchets échoués sur les plages uniquement.

Les données des concentrations en déchets de la plage Cala Genovese montrent que le site le moins anthropisé et le plus isolé est celui qui est le plus pollué. L'hypothèse proposée par Mare Vivu est la suivante : cette pollution macroplastiques présente sur cette plage est une pollution "indirecte" la source de cette pollution serait marine plutôt que terrestre et les déchets seraient ramenés sur les plages via les courants / et / ou les vents et/ ou la houle.

Dans cette étude des zones d'accumulation de déchets comme la zone T13 sont en faveur de cette hypothèse. Cependant il est également possible que cette pollution soit issue du ravinement et que la source soit tout de même terrestre.

Pour vérifier ces hypothèses, des données de caractérisation morphologique et chimique des déchets sont nécessaires. La comparaison entre les résultats trouvés en mer et sur terre pourrait nous permettre de faire des hypothèses quant au type de transfert, si transfert il y a, entre la plage et les fonds marins de petite profondeur.



Conclusion

Les protocoles utilisés sont simples et doivent être améliorés et homogénéisés afin de produire des résultats quantitatifs robustes. La collecte de données non ponctuelles doit également être envisagée.

Les résultats de la Blue Odyssey Corsica montrent une forte hétérogénéité des concentrations ponctuelles avec une forte variabilité des concentrations entre 0,0 et 14,8 macrodéchets par km de côte. La Blue Odyssey Corsica a permis de démontrer l'utilité et l'applicabilité d'une nouvelle méthode d'observation et de récolte visuelle de données via l'utilisation du Platypus.

Les résultats issus des études menées par Mare Vivu, l'IFREMER et d'Echos d'Océan démontrent la même hétérogénéité des concentrations et une forte variabilité, respectivement en nombre de déchets/m² et nombre de zones d'accumulation par km.

Les résultats issus de l'étude des données de la Blue Odyssey Corsica ne permettent pas de lien entre pression anthropique et concentration en macrodéchets/km. Certaines zones soumises à une forte pression anthropique recensent des concentrations ponctuelles en macrodéchets faibles voire égales à 0. C'est notamment le cas pour les concentrations ponctuelles retrouvées à proximité des zones portuaires. Cependant, la ponctualité des données et les conditions météorologiques ont fortement compromis les résultats. De nouvelles explorations des zones portuaires doivent être effectuées de manière non ponctuelle. D'après les résultats il n'y a pas de mise en évidence d'une relation entre les concentrations et la pression anthropique cependant cette corrélation ne peut pas être exclue sur la base de données ponctuelles.

Les observations ponctuelles de la Blue Odyssey Corsica et la reconstruction des directions des vents en vigueur durant les périodes d'observation permettent la mise en évidence de tendance. En effet, dans le cas où les concentrations en macrodéchets sont égales à 0 alors 40% des vents sont dirigés vers le large, 60% des vents sont obliques ou parallèles à la côte et 0% sont dirigés vers la côte. Dans le seul cas recensé d'une forte concentration de déchets (14,8 déchets/km) le vent est en majorité dirigé vers la côte. Cependant dans des conditions de vent très proches des concentrations ponctuelles différentes peuvent être observées. Cela signifie que d'autres facteurs influent la distribution des déchets en plus de la direction des vents, comme la morphologie des zones étudiées, leur taille et la bathymétrie.



L'étude de l'influence de la direction des vents sur la distribution des macrodéchets met également en lumière que les anses ou criques (même de petites tailles) sont des zones potentielles de concentration en macrodéchets. La récolte de nouvelles données notamment un monitoring longue durée permettraient de mieux caractériser la dynamique spatio-temporelle des déchets au sein de ces zones potentielles d'accumulation.

Les données issues de l'étude menée par Mare Vivu montrent que la zone la moins anthropisée échantillonnée a la concentration la plus élevée en macrodéchets. L'hypothèse posée à la suite de ces résultats est sur une source de déchets provenant de la mer et ramenés sur la plage via des courants.

Pour mieux identifier les sources de déchets, des comparaisons entre les assemblages de macrodéchets observés à terre et en mer dans une même zone et au même moment doivent être effectuées.

Pour cela une caractérisation physique et chimique des déchets doit être envisagée.

Avec si peu de données et des données ponctuelles et hétérogènes, il est difficile de discriminer un ou plusieurs facteurs pour tenter de comprendre la répartition des macrodéchets sur les fonds marins de faibles profondeurs et les plages.

Mais cette étude a permis de rassembler a priori pour la première fois des données en mer, sur terre et de tenter de les mettre en relation, a priori une première qu'il pourrait s'avérer intéressant de renouveler avec une harmonisation des méthodes et des actions mise en place pour la récolte et l'analyse des échantillons.

Certaines hypothèses ont pu être posées et certaines tendances ont pu être mises en évidence. Pour aller plus loin et répondre à certaines hypothèses de plus nombreuses données doivent être récoltées.

Cependant les données déjà obtenues ainsi que les résultats sont encourageants puisqu'ils permettent de suggérer de concentrer les efforts de récolte des données dans des zones spécifiques comme les criques, les anses et les zones portuaires.



Bibliographie

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C. & Barlaz, M. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **364**, 1985–1998 (2009).

Blair Crawford, C. & Quinn, B. *Microplastic Pollutants*. (Elsevier Limited, 2016).

Carpenter, E. J. & Smith, K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science* **175**, 1240–1241 (1972).

Durrieu de Madron, X. *et al.* Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean. *Progress In Oceanography* **91**, 97–166 (2011).

Galgani, F., Jaunet, S., Campillo, A., Guenegon, X. & His, E. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* **30**, 713–717 (1995).

Galgani, F. *et al.* Litter on the Sea Floor Along European Coasts. *Marine Pollution Bulletin* **40**, 516–527 (2000).

Gerigny, O. Thèse présentée pour l'obtention du grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE CORSE Mention : Biologie des populations et Ecologie.

Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* **3**, e1700782 (2017).

Jarrige, F. & roux, T. L. *La Contamination du monde. Une histoire des pollutions à l'âge industriel*. (Média Diffusion, 2017).

Moullec, F. Impacts du changement global sur la biodiversité en mer Méditerranée : une approche par modélisation End-to-End. (Université Montpellier, 2019).

Pedrotti, M. L. *et al.* An integrative assessment of the plastic debris load in the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment* **838**, 155958 (2022).

Pluquet, F. Evolution récente et sédimentation des plates-formes continentales de la Corse. (Corte, 2006).

Poitou, I. Les macrodéchets littoraux : une gestion publique empirique en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Méditerranée* **100**, 17–22 (2003).

Seuront, L. *et al.* A whale of a plastic tale: A plea for interdisciplinary studies to tackle micro- and nanoplastic pollution in the marine realm. *Science of The Total Environment* **846**, 157187 (2022).

Tramoy R., Gasperi J., Tassin B., Rognard F., 2019. Projet MACROPLAST : Estimation des flux de macrodéchets sur le bassin de la Seine. Projet financé par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, 96p

Weiss, L. *et al.* The missing ocean plastic sink: gone with the rivers. *Science* **373**, 107–111 (2021).

Bilan Juin 2023 Blue Odyssey Corsica
<https://blue-odyssey.org/wp-content/uploads/2023/10/Bilan-Blue-Odyssey-Corsica.pdf>

Mission CorSeaCare | Mare Vivu. *AssoConnect*
<https://ungestepourlamer.org/wp-content/uploads/ninja-forms/3/demande-de-financement/2023/06/MARE-VIVU-Rapport-final-Mission-CorSeaCare-2022.pdf>

Rapport d'activité 2020 de l'Office français de la biodiversité.
Drupal
<https://www.ofb.gouv.fr/documentation/rapport-dactivite-2020-de-loffice-francais-de-la-biodiversite>.

Sortons du piège ! POLLUTION PLASTIQUE EN MÉDITERRANÉE - WWF France.
<https://fr.readkong.com/page/sortons-du-piege-pollution-plastique-en-m-diterrane-e-3667556>



Annexes

x	y	Name	Adresse	Distance (m)	Date (JJ/MM/AA)
8,797298752	41,70125014	T1	plage de Porto Pollo	3570	05/06/2023
8,912532329	41,6816483	T2	port de Propriano/ plage de Baraci	4727	23/06/2023
8,875102413	41,65393054	T3	plage de Portigliolo	1847	23/06/2023
8,823300811	41,63574966	T4	Campomoro	2776	23/06/2023
8,931393404	41,49341173	T5	Rocappina	886	08/06/2023
9,028587056	41,46327486	T6	Punta de Capineru	4467	09/06/2023
9,063163847	41,46589311	T7	port de Figari	2367	09/06/2023
9,111333501	41,39473806	T8	plage de Paraguan	3387	16/06/2023
9,135094249	41,3931113	T9	plage de Fazzio	877	16/06/2023
9,150784775	41,38963948	T10	Port de Boni	979	10/06/2023
9,224495105	41,36875829	T11	Ile Piana	1064	17/06/2023
9,223256864	41,37558992	T12	Ile Piana	3121	17/06/2023
9,228128515	41,41821673	T13	Sant'Amanza	6772	17/06/2023
9,267154701	41,46366938	T14	Rondinara	2177	15/06/2013
9,282674626	41,5272341	T15	Golf de Santa Giulia	2157	12/06/2023
9,321837183	41,55206589	T16	Pallombaggia	4010	12/06/2023
9,363335112	41,55608045	T17	Iles Piana	1243	15/06/2023
9,344502697	41,59710247	T18	Punta di à Chiappa	1916	10/06/2023

Annexe 1 : Tableau de référencement des stations, positions GPS, numéro de station, nom de la station, distance parcourus sous l'eau et date d'observation.



Numéro	Date (JJ/MM/AA)	Direction vent	Vent max (km/h)	Nb de déchet total	Nb déchet/m	Nb déchet/km
T1	05/06/2023	O	20	7	0,001960784	1,96
T2	23/06/2023	S	20	7	0,001480855	1,48
T3	23/06/2023	S	20	8	0,004331348	4,33
T4	23/06/2023	S	20	5	0,001801153	1,80
T5	08/06/2023	E	20	4	0,004514673	4,51
T6	09/06/2023	E	25	9	0,002014775	2,01
T7	09/06/2023	E	25	0	0	0,00
T8	16/06/2023	O	20	8	0,002361972	2,36
T9	16/06/2023	O	20	2	0,002280502	2,28
T10	10/06/2023	O	40	3	0,003064351	3,06
T11	17/06/2023	SE	15	0	0	0,00
T12	17/06/2023	SE	15	0	0	0,00
T13	17/06/2023	SE	15	100	0,014766686	14,77
T14	15/06/2013	E	30	8	0,003674782	3,67
T15	12/06/2023	SO	15	11	0,005099675	5,10
T16	12/06/2023	SO	15	28	0,006982544	6,98
T17	15/06/2023	E	30	0	0	0,00
T18	10/06/2023	SO	20	0	0	0,00

Annexe 2 : Reconstitution des conditions météorologiques station par station, avec la direction des vents, la vitesse des vents et la concentration en macrodéchets.

