

Parc National de l'Asinara Aire Marine Protégée "Île de l'Asinara"

Décision n° 607 du 15-12-2018

**PROJET GIREPAM – "GESTION INTÉGRÉE DES
RÉSEAUX ÉCOLOGIQUES À TRAVERS LES PARCS ET
LES AIRES MARINES". CUP E76J16001050007**

**(Programme de Coopération Italie – France Maritime 2014-
2020) Convention pour la "Quantification du macro-litter, méso-
litter et micro-litter de la zone côtière du Parc National de
l'Asinara". CIG ZB6263CA26.**

Groupe de Travail

- **Coordination :**

Prof. Donatella Carboni - Université de Sassari

- **Groupe de travail :**

- Prof. Umberto Simeoni – Université de Ferrare

- Corinne Corbau – Université de Ferrare

- Prof. Sergio Ginesu – Université de Sassari

- CURSA - Consortium universitaire pour la recherche socio-économique et l'environnement

- Antonella di Roma – analyse en laboratoire

- Massimo Contini – boursier

- Alexandre Lazarou – enquêteur

- Cristina Maria Caria – enquêteur

Table des matières

1. LES DÉCHETS	1
2. UN DÉCHET PARTICULIER : LE PLASTIQUE	10
2.1 - <i>Plastique : définition et classification</i>	10
2.2 - <i>Histoire du plastique</i>	15
2.3 - <i>Plastique : production et consommation dans le monde</i>	18
3. LE PROBLÈME DES DÉCHETS MARINS	22
3.1 - <i>Marine Litter</i>	23
3.2 - <i>Beach Litter</i>	28
3.3 - <i>Débris en plastique dans l'environnement marin</i>	32
3.4 - <i>Conséquences du Marine Litter sur l'environnement et la santé</i>	40
4. MARINE LITTER EN EUROPE, EN MÉDITERRANÉE ET EN ITALIE	45
5. LOIS, MESURES ET INITIATIVES	54
5.1 - <i>Conventions, stratégies et accords internationaux</i>	54
5.2 - <i>Accords, conventions et initiatives au niveau européen et en Méditerranée</i>	57
5.3 - <i>Initiatives législatives</i>	59
6. MÉTHODOLOGIE	68
6.1 - <i>Lignes directrices internationales pour la collecte du Beach Litter</i>	68
6.2 - <i>Zone d'étude</i>	70
6.3 - <i>Méthodologies d'échantillonnage</i>	73
6.4 - <i>Structuration et distribution du questionnaire</i>	96
7. RÉSULTATS DU SUIVI SUR LES PLAGES DE L'ASINARA	98
7.1 - <i>Macroplastiques</i>	98
7.2 - <i>Mésoplastiques et microplastiques</i>	102
8. QUESTIONNAIRE : RÉSULTATS	105
9. CONCLUSIONS	119
9.1 - <i>Échantillonnage et analyse du Beach Litter</i>	119
9.2 - <i>Questionnaire</i>	122
Bibliographie	125

1. LES DÉCHETS

Les déchets sont définis par la Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil européen comme : « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire » (UE, 2008, Article 3). Ces matériaux doivent être collectés, transportés et, enfin, éliminés, accumulés ou recyclés. Pour cette raison, les déchets peuvent également être définis de la sorte : « material that is discarded without being resold to other persons or companies, and it generates collection, transportation, and disposal costs¹ » (Kawai et Tasaki, 2016, p. 5)

La production de masse de déchets est principalement un produit de l'urbanisation, du développement économique et de la croissance démographique. Alors que les nations et les villes deviennent plus peuplées et plus prospères, offrent plus de produits et de services aux citoyens et participent au commerce et aux échanges mondiaux, elles doivent gérer des quantités équivalentes de déchets par le traitement et l'élimination (Letcher et Vallero, 2019). La gestion des déchets solides est un problème universel qui affecte à la fois l'économie et la santé de communautés entières dans le monde entier. On estime que 2,01 milliards de tonnes de déchets solides urbains sont produits dans le monde (chiffres de 2016), et qu'en moyenne chaque personne en produit entre 0,11 et 4,54 kg par jour (Kaza et autres, 2018). Les pays d'Asie de l'Est et du Pacifique, d'Europe et d'Asie centrale produisent 43 % des déchets du monde. Les régions du Moyen-Orient, de l'Afrique du Nord et de l'Afrique subsaharienne sont celles qui produisent le moins de déchets, puisqu'elles produisent ensemble 15 % des déchets mondiaux. L'Asie de l'Est et le Pacifique produisent la plus grande quantité en termes absolus, estimée à 468 millions de tonnes en 2016, tandis que la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord produit la quantité la plus faible, soit environ 129 millions de tonnes. Alors que pour l'Asie de l'Est et le Pacifique, le pourcentage élevé de production de déchets dépend principalement du nombre élevé de personnes qui y vivent, l'Europe, l'Amérique du Nord, la Chine et l'Australie restent les régions qui produisent le plus de déchets par rapport à la population (Kaza et autres, 2018).

¹ « matériau qui est éliminé sans être revendu à d'autres personnes ou entreprises et qui génère des coûts de collecte, de transport et d'élimination »

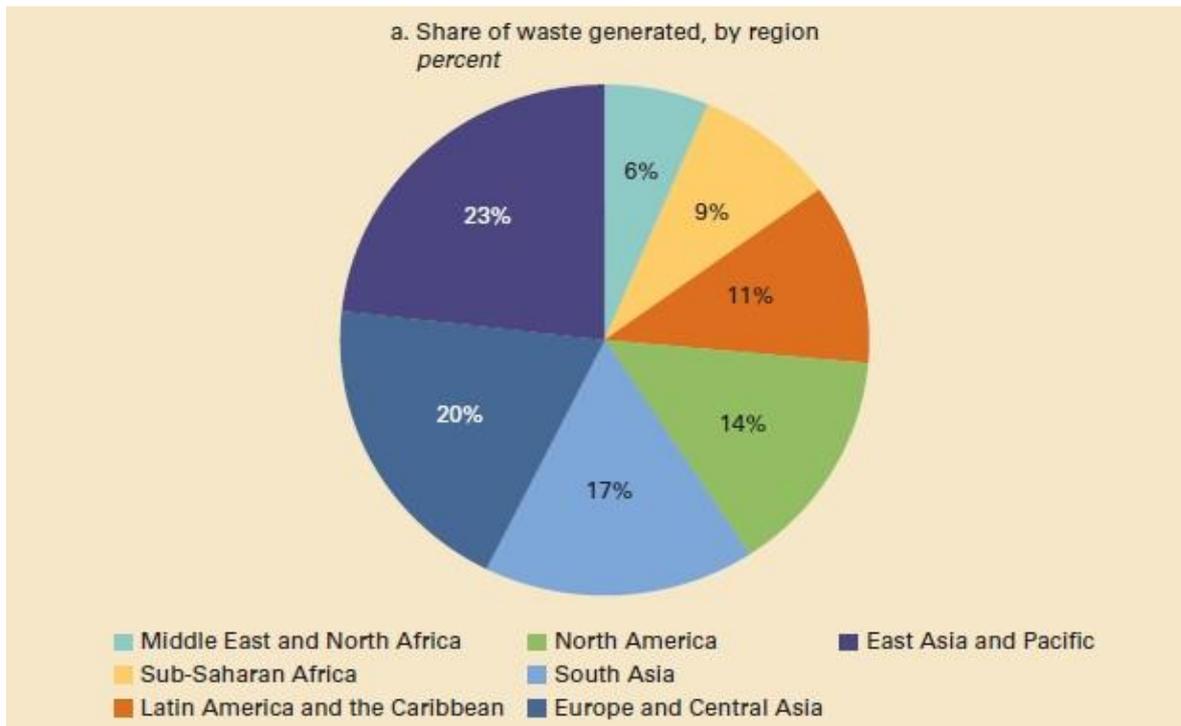


Fig. 1 - Production de déchets par zones géographiques dans le monde en 2016 (valeurs en pourcentage). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 19.

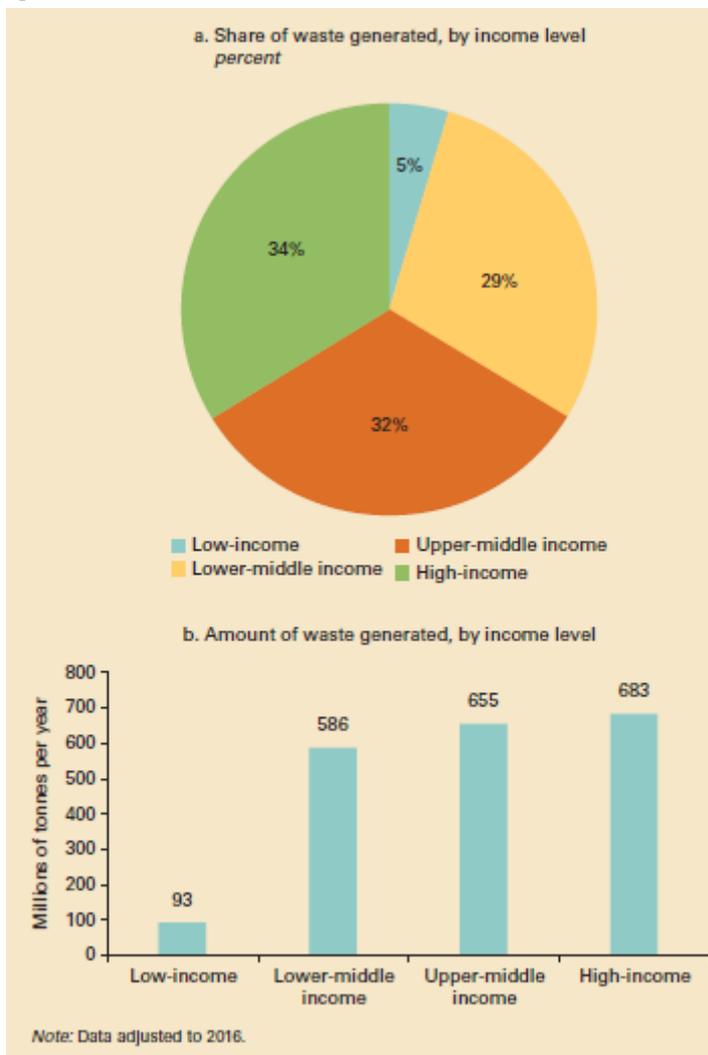


Fig. 2 - Production de déchets par habitant (en kilogrammes) en 2016. Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 19.

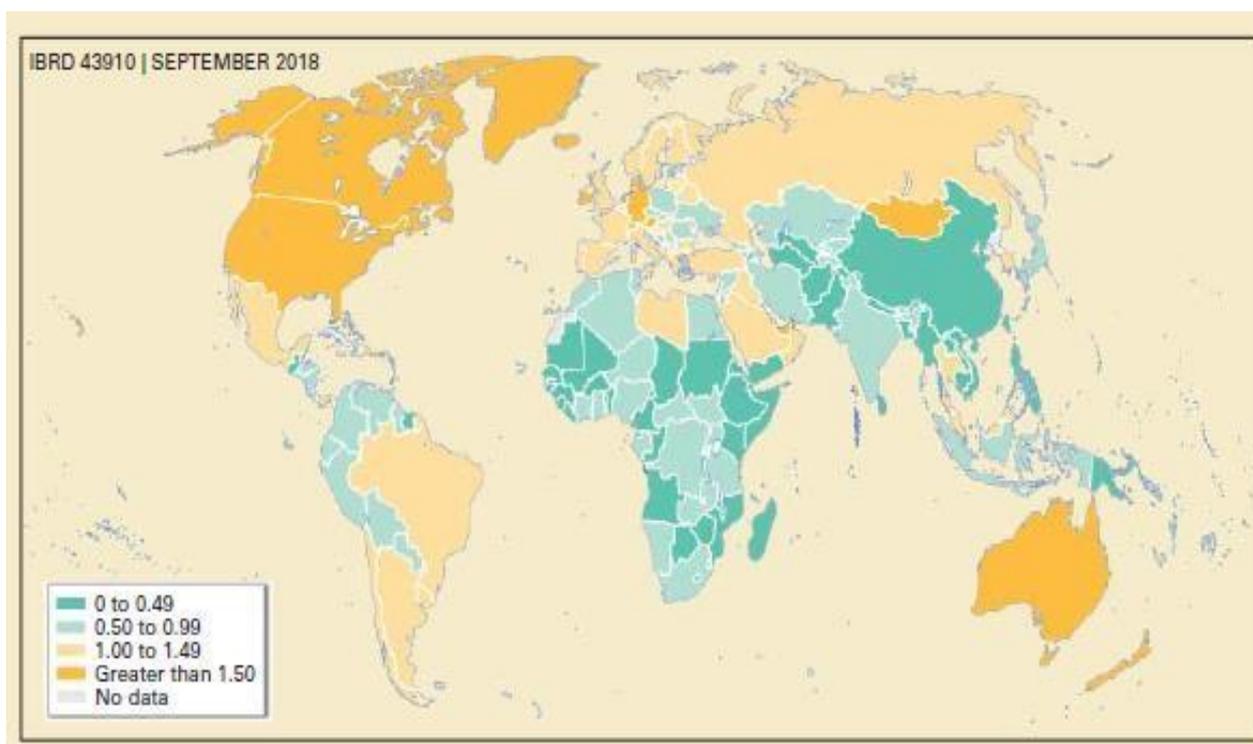


Fig. 3 - Pourcentage (a) et quantité (b) de déchets produits au niveau économique (données 2016). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, 2018, p. 21.

Les pays à revenu élevé produisent environ 34 % des déchets (683 millions de tonnes), bien qu'ils ne représentent que 16 % de la population mondiale. Les pays à faible revenu représentent 9 % de la population mondiale, mais ne produisent qu'environ 5 % des déchets mondiaux (93 millions de tonnes) (Fig. 3). Cela signifie que la production de déchets a une relation très étroite avec le développement économique (Yadav et Samadder, 2017 ; Kaza et autres, 2018).

La production de déchets augmente également avec l'urbanisation, et ceci est également lié au niveau économique du pays. Les pays et les économies à revenu élevé sont plus urbanisés et génèrent plus de déchets par habitant et au total. Au niveau régional, l'Amérique du Nord, avec le taux d'urbanisation le plus élevé (82%), produit 2,21 kilogrammes de déchets par habitant et par jour, tandis que l'Afrique subsaharienne en produit 0,46 kilogramme par habitant et par jour avec un taux d'urbanisation de 38% (Fig.4) (Kaza et autres, 2018).

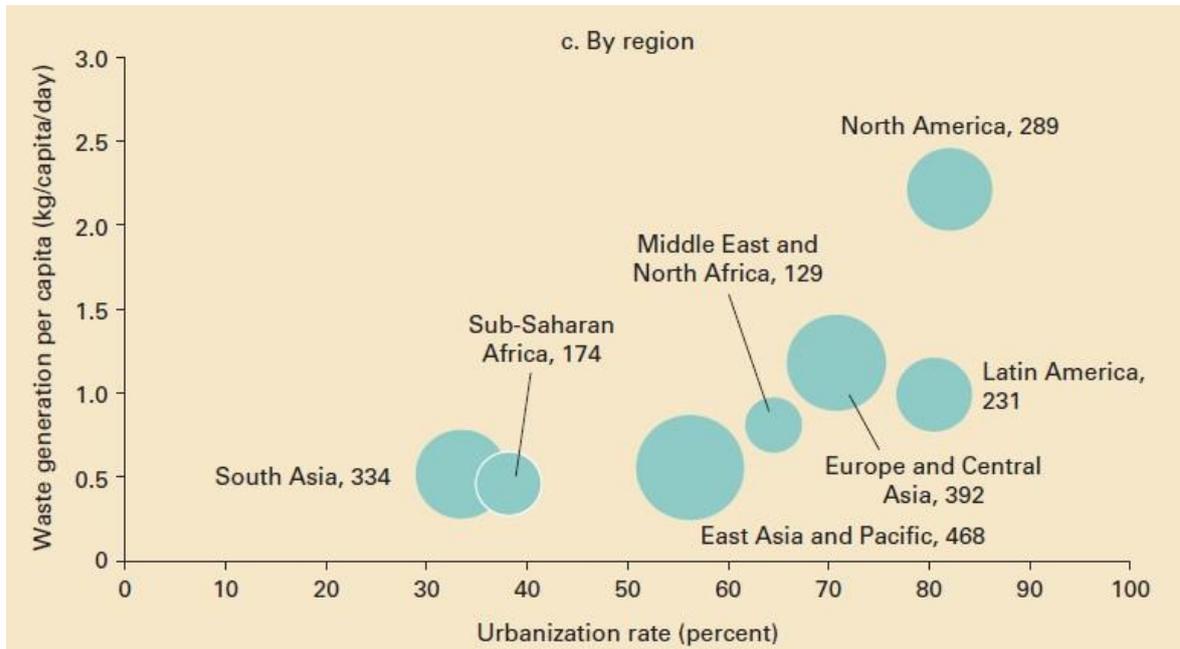


Fig. 4 - Production de déchets en relation avec l'urbanisation des différentes régions du monde (données 2016). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 24.

À l'avenir, la production de déchets dans le monde devrait augmenter et pourrait atteindre 2,59 milliards de tonnes par an en 2030. En 2050, elle sera de 3,40 milliards de tonnes. Les pays à développement économique moyen et faible contribueront le plus à cette augmentation. En effet, les pays les plus industrialisés ont atteint un point de développement économique où la consommation matérielle est moins liée à la croissance du PIB. Il est donc peu probable que la production de déchets augmente en termes absolus ou par habitant. Dans les pays à faible revenu, en revanche, la production de déchets devrait tripler d'ici 2050 en raison de la croissance économique et de l'augmentation de la croissance démographique et de l'urbanisation (Fig. 5) (Kaza et autres, 2018).

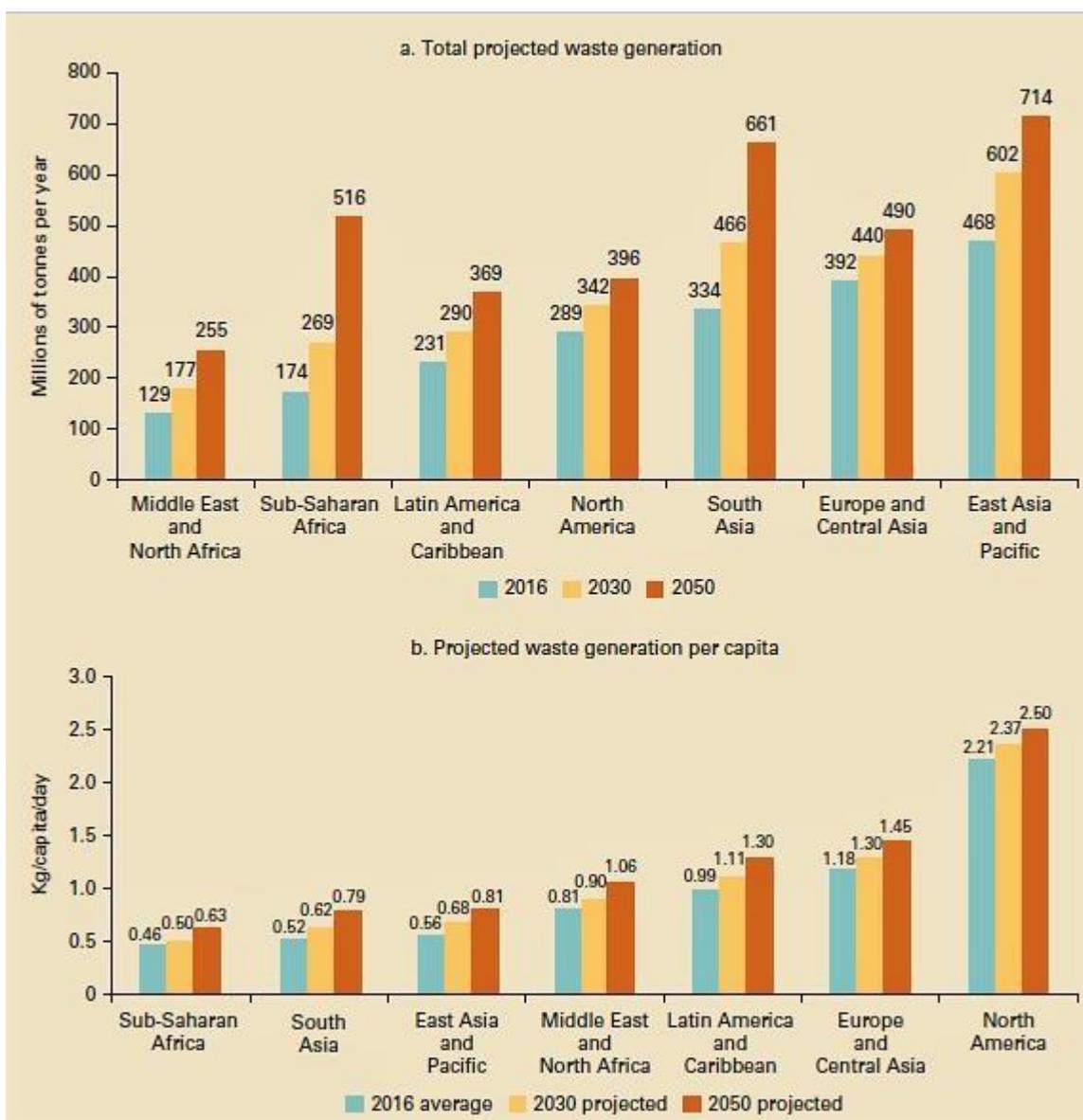


Fig. 5 - Projections de l'augmentation de la production de déchets en valeur absolue et par habitant dans différentes régions du monde (données 2016). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 28.

En ce qui concerne l'analyse de la composition des déchets, au niveau international, la catégorie la plus représentée est celle des déchets alimentaires et verts, qui représentent 44 % du total des déchets. Les déchets secs (plastique, papier et carton, métal et verre) représentent en revanche 34% du total (Fig. 6).

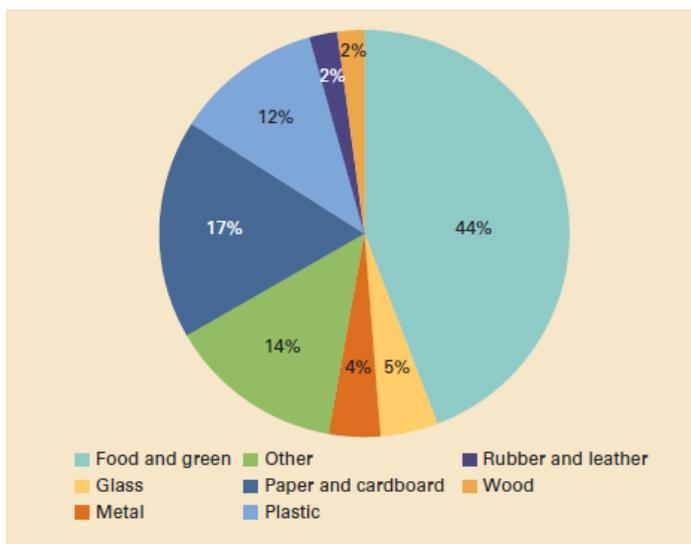


Fig. 6 - Type de déchets produits dans le monde en 2016 (valeurs en pourcentage). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 29.

Naturellement, les déchets secs causent plus de pollution directe que les déchets alimentaires et verts, qui sont plus faciles à éliminer, bien que la quantité de ces derniers soit le signe d'une production considérable et d'une inefficacité dans la gestion des produits alimentaires, ce qui entraîne un déséquilibre de la consommation alimentaire au niveau social, ainsi qu'une pollution indirecte due à l'élimination (Corrado et Sala, 2018).

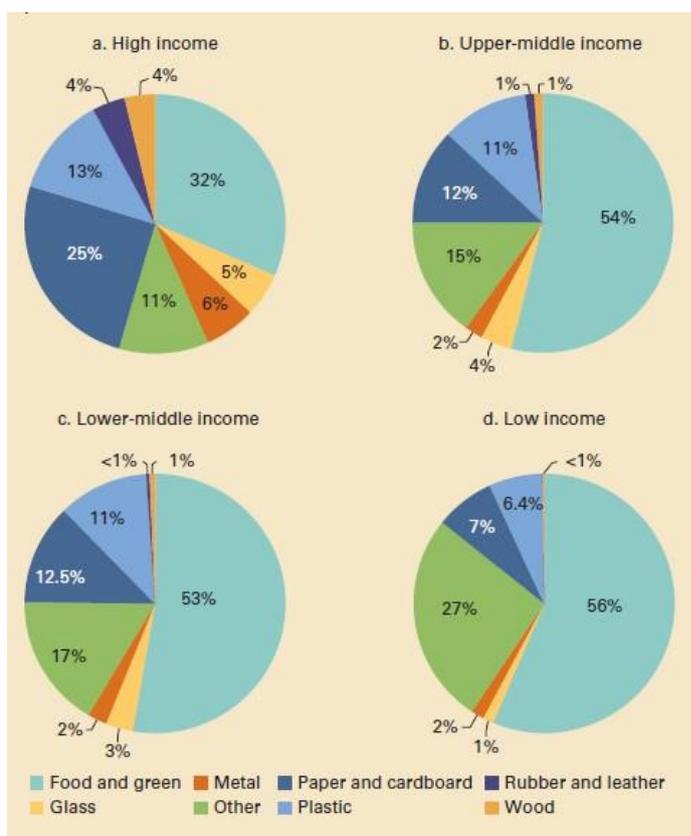


Fig. 7 - Type de déchets produits par les pays par rapport au niveau de revenu en 2016 (valeurs en pourcentage). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 30.

La composition des déchets change également en fonction du niveau de revenu, à la fois par zones géographiques et selon les pays, et au niveau des ménages et de l'individu (Edjabou et autres, 2015 ; Yadav et Samadder, 2017). Le pourcentage de matières organiques dans les déchets diminue à mesure que le niveau de revenu augmente. Les biens consommés dans les pays à revenu élevé comprennent plus de matériaux tels que le papier et le plastique que dans les pays à faible revenu. De même, pour les résidus de caoutchouc et les déchets de bois, les données augmentent en fonction

du niveau de revenu (Fig. 7) (Kaza et autres., 2018).

Dans l'ensemble, près de 40 % des déchets sont éliminés dans des décharges. Environ 19 % sont soumis à la récupération des matériaux par le recyclage et le compostage et 11 % sont traités par incinération. Les pratiques d'élimination des déchets varient considérablement en fonction du

niveau de revenu et de la zone géographique.

L'élimination de déchets à ciel ouvert est courante dans les pays à faible revenu, où les décharges ne sont souvent pas encore disponibles. En effet, 93% des déchets sont brûlés ou déversés sur les routes, dans les terrains vagues ou dans les cours d'eau dans les pays à faible revenu, alors que dans

les pays à revenu élevé, ce n'est le cas que pour 2% des déchets (Fig. 8).

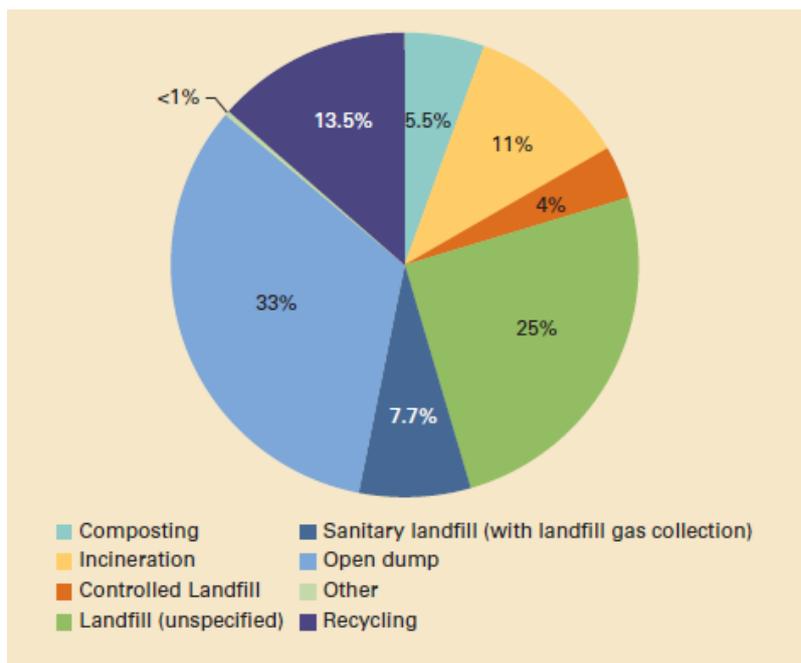


Fig. 8 - Traitement et élimination des déchets à l'échelle mondiale en 2016 (valeurs en pourcentage). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 34.

La construction et l'utilisation de décharges sont généralement la première étape vers une gestion plus durable des déchets (Letcher et Vallero, 2019). Alors que dans les pays à faible revenu, seuls 3 % des déchets sont mis en décharge, dans les pays à revenu moyen ou élevé, environ 54 % des déchets sont mis en décharge. En outre, les pays les plus riches tendent à récupérer un pourcentage plus élevé de déchets par le recyclage et le compostage. En effet, dans les pays à revenu élevé, jusqu'à 29 % des déchets sont recyclés et 6 % sont compostés. L'incinération est également très répandue. Dans les pays à revenu élevé, 22 % des déchets sont incinérés, en particulier dans les pays et territoires à forte production ayant une faible superficie (Fig. 9). Des exemples significatifs sont le Japon ou les îles Vierges britanniques (Kaza et autres, 2018).

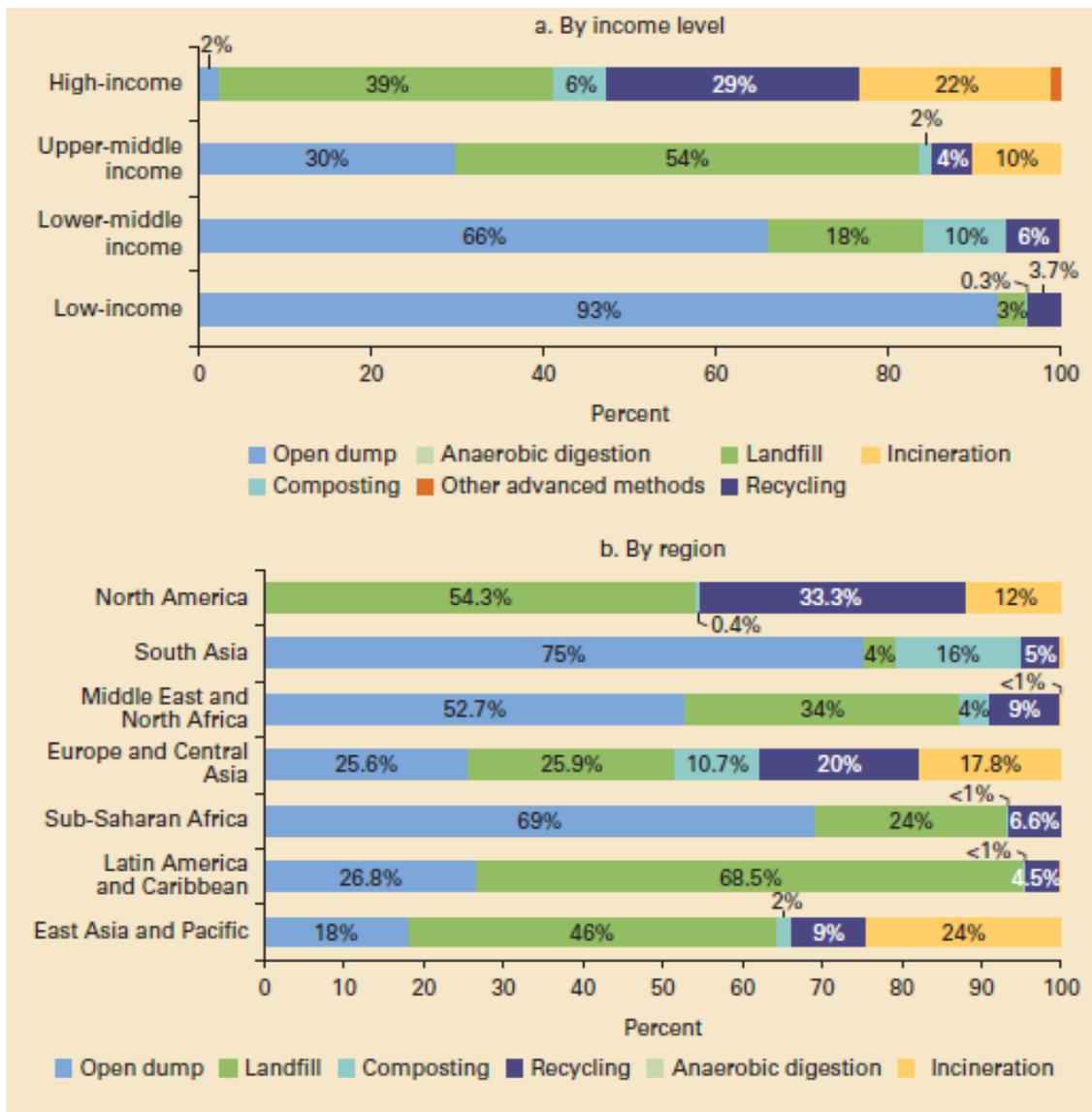


Fig. 9 - Méthodes d'élimination des déchets par revenu (a) et par zone géographique (b) (valeurs en pourcentage). Source : Kaza et autres, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, 2018, p. 35.

Comme on le sait, la gestion des déchets solides a un impact direct sur l'environnement et la santé publique (Letcher et Vallero, 2019). Comme nous l'avons vu, la production de déchets va augmenter de plus en plus globalement, et pour cette raison il est nécessaire d'activer des politiques de réduction et de recyclage, pour éviter des conséquences irréversibles sur l'environnement. Le problème se pose davantage avec les déchets les plus persistants, ceux qui ne se biodégradent pas et qui sont jetés dans l'environnement

(terrestre et surtout marin), où ils restent pendant des années, voire des siècles. C'est pourquoi, ces dernières années, l'attention s'est de plus en plus portée sur certains types de déchets, en particulier les déchets plastiques, qui, en raison de leur capacité à résister aux facteurs biodégradants, restent dans l'environnement plus que tout autre matériau ; surtout dans les systèmes marins, où 95% des déchets sont d'origine plastique.

2. UN DÉCHET PARTICULIER : LE PLASTIQUE

De tous les déchets solides, les matières plastiques sont parmi les plus courantes et les plus nocives pour l'environnement. Il ne fait guère de doute que le plastique, grâce à sa polyvalence et à sa capacité d'innovation, qui permettent son utilisation dans d'innombrables domaines, applications et secteurs de l'industrie et de l'économie, est le matériau qui caractérise le plus notre société de consommation au moins depuis les années cinquante du siècle dernier, à tel point que ces années sont désignées comme « l'ère du plastique » (Thompson et autres, 2009). L'expansion rapide de l'utilisation des polymères synthétiques au cours du dernier demi-siècle a été telle que la caractérisation de l'ère actuelle comme « Age of Plastics » semble appropriée. La valeur d'utilisation du matériau est vraiment étonnante. Il peut remplacer presque tous les matériaux traditionnels (du bois au métal en passant par le verre) et offre des qualités inconnues dans les substances d'origine naturelle, si bien qu'il alimente aujourd'hui une industrie mondiale. L'industrie du plastique crée de nouvelles applications et de nouveaux produits avec un taux de croissance qui tend fortement à la hausse et ne montre aucun signe de ralentissement dans un avenir proche.

Mais les caractéristiques qui rendent le plastique si spécial (légèreté et durabilité) font que les déchets plastiques mal gérés constituent une menace environnementale importante. Les matières plastique sont facilement transportées sur de longues distances depuis leurs zones d'origine, affectant les systèmes terrestres et d'eau douce, mais finissant principalement dans les océans, où ils ont un certain nombre d'impacts environnementaux et économiques importants.

Il y a eu une augmentation rapide de la quantité de déchets plastiques dans l'environnement, en raison de leur résistance mais aussi de l'augmentation continue de la production. Pour leur impact sur l'environnement, il convient d'expliquer ce que sont les matières plastiques et de quantifier leur niveau de production et de consommation.

2.1 - Plastique : définition et classification

Le terme « plastique » vient du grec « *plastikos* », utilisé pour décrire quelque chose qui peut être mis en forme, qui se prête à prendre une forme. En effet, les matières plastiques sont dotées, pendant leur transformation, d'une malléabilité et une plasticité remarquables, ce qui leur permet de prendre différentes formes et d'être utilisés à des fins multiples

(Millet et autres, 2019). Le terme est utilisé depuis l'Antiquité pour désigner des matériaux naturels qui présentent cette caractéristique, et ce n'est qu'au début du XX^{ème} siècle qu'il a commencé à se répandre en tant que nom désignant certains matériaux synthétiques ou semi-synthétiques créés chimiquement par l'homme.

Les caractéristiques particulières du plastique en font un élément fondamental et presque indispensable à notre activité économique et à notre vie quotidienne. Il présente de nombreuses caractéristiques exceptionnelles telles que la légèreté, la robustesse, la malléabilité et la durabilité. Les plastiques sont également des matériaux hydrophobes et bio-inertes. Ces caractéristiques, associées à des coûts de production relativement faibles, ont fait du plastique une ressource et un matériau privilégiés, apportant également une contribution fondamentale à la résolution de nombreux défis de la société, des économies d'énergie à l'innovation en matière de santé et de dispositifs médicaux. C'est pourquoi leur utilisation et leur présence sont en augmentation et, dans de nombreux domaines, indispensables (Commission européenne², 2018 ; Geyer et autres, 2017).

Les matières plastiques sont définies comme des substances organiques artificielles, principalement dérivées de matériaux fossiles tels que le pétrole et le gaz. La production de plastiques, bien qu'elle puisse également provenir de sources végétales ou d'autres matériaux, dépend aujourd'hui à 90 % des matériaux fossiles (bien qu'elle n'utilise que 4 à 6 % de tout le pétrole et le gaz consommés en Europe) (Millet et autres, 2019). Mais la demande de combustibles fossiles, d'énergie et d'émissions de carbone correspondantes de la part de l'industrie augmentera à mesure que la demande future des consommateurs pour les plastiques augmentera. D'ici 2050, comme le prévoit l'UE, la production et la transformation du plastique augmenteront pour couvrir 20 % de la consommation mondiale de pétrole et 15 % du budget annuel consacré aux émissions de carbone (World Economic Forum, 2016).

Les matières plastiques peuvent être classées de plusieurs façons :

- en fonction du processus de synthèse ;
- en fonction de la thermoplasticité ;
- en fonction de la biodégradabilité ;
- en fonction de la conductivité électrique ;

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52018DC0028>

- en fonction de la base de la densité ;
- en fonction de la résistance à différents produits chimiques (Millet et autres, 2019).

Cependant, il existe essentiellement deux grandes familles dans lesquelles les matières plastiques sont divisées (Fig. 10) (PlasticsEurope, 2018) :

- Thermoplastiques (Thermoplastics) : Les matériaux thermoplastiques sont une grande famille de matières plastiques synthétiques qui fondent lorsqu'elles sont chauffées et durcissent lorsqu'elles sont refroidies. Ces processus sont réversibles, c'est-à-dire qu'elles peuvent être chauffées et façonnées à plusieurs reprises. Il s'agit donc de matériaux mécaniquement recyclables.
- Polymères thermodurcissables (Thermosets) : ce sont des matériaux synthétiques qui, s'ils sont traités, forment des réseaux tridimensionnels au niveau moléculaire qui les font durcir. Une fois chauffées et traitées, les molécules ne peuvent pas être refondues et la mise en forme du matériau est donc irréversible.

Discovering the wide family of plastics

The plastics' family is composed of a great variety of materials designed to meet the very different needs of thousands of end products.

The two categories of plastics

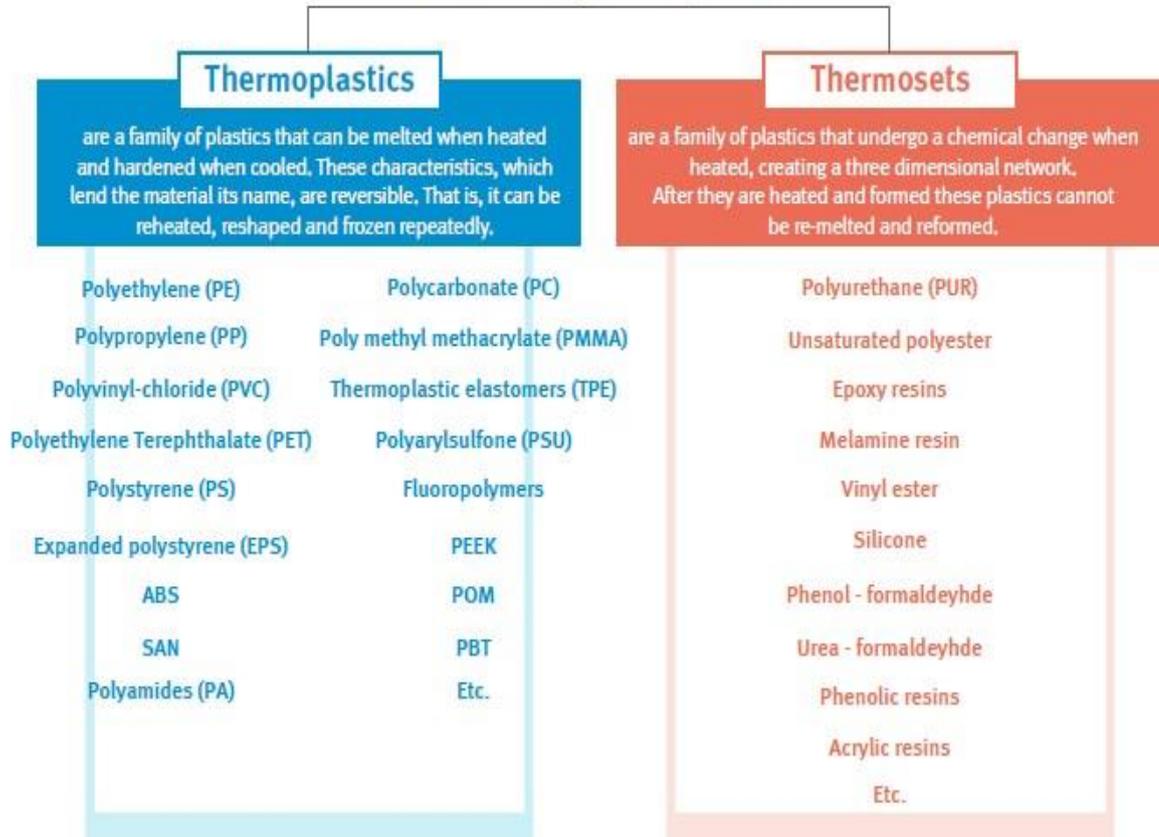


Fig. 10 - Les deux grandes familles en lesquelles les plastiques sont divisés, avec des exemples des principaux matériaux. Source : PlasticsEurope, *Plastics - the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*, 2018, p. 17.

Parmi les différents types de plastiques, les plus courants sont : le polyéthylène (PE, 29%), le polypropylène (PP, 18%), le polychlorure de vinyle (PVC, 15%), le polytéréphtalate d'éthylène (PET, 20%), le polystyrène (PS, EPS, 7,8%) et le nylon (PA, 1%) (Marchetto et autres, 2017).

Outre les matières plastiques d'origine fossile, qui sont les plus polluantes, il existe d'autres types de plastiques, issus de matériaux biologiques ou biodégradables, qui ont souvent les mêmes caractéristiques que les matières plastiques mais sont moins polluants : les bioplastiques. Mais seulement 1 % des matières plastiques produites dans le monde

aujourd'hui sont des bioplastiques. Ils peuvent être divisés en trois principaux groupes (European Bioplastic, *Bioplastic Material*, 2018³) :

- Matières plastiques non biodégradables à base biologique ou semi-biologique ;
- Matières plastiques qui sont à la fois biodégradables et d'origine biologique ;
- Matières plastiques d'origine fossile mais biodégradables.

Bien que les bioplastiques représentent, pour l'instant, un pourcentage si faible dans la production de plastiques, ce sont des matériaux qui ont les mêmes propriétés que les plastiques conventionnels, mais qui peuvent offrir des avantages supplémentaires, comme une empreinte carbone plus faible et des options supplémentaires de gestion des déchets comme le compostage (European Bioplastic, *Bioplastic Material*, 2018). Les bioplastiques peuvent être un moyen supplémentaire d'atténuer l'impact des matières plastiques sur l'environnement. C'est pourquoi certains États et les agences environnementales européennes exercent une pression croissante pour encourager la production de ces matériaux (UN Environment, 2018), bien que pour l'instant, il s'agisse plus d'une possibilité que d'une solution (Kubowicz et Booth, 2017). Selon European Bioplastics⁴ (2018), la capacité mondiale de production de bioplastiques passera d'environ 2,11 millions de tonnes en 2018 à environ 2,62 millions de tonnes en 2023 (Fig. 11).

³ European Bioplastic, *Bioplastic Material*, 2018. <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>, consulté le 17/06/2019.

⁴ European Bioplastics, *Bioplastics market data*, 2018. <https://www.european-bioplastics.org/market/>, consulté le 17/06/2019.

Global production capacities of bioplastics



Fig. 11 - La production de bioplastiques en 2017 et 2018, avec les prévisions de croissance jusqu'en 2020.
Source : European Bioplastics, *Bioplastics market data*, 2018.

2.2 - Histoire du plastique

Si la production de masse du plastique n'a réellement commencé que dans les années 50, son histoire commence bien plus tôt, et est plus structurée et moins évidente qu'on ne pourrait l'imaginer.

Les matériaux naturels présentant des caractéristiques plastiques (tels que l'ambre ou la corne) étaient largement utilisés avant le XIX^{ème} siècle, en particulier au XVIII^{ème} siècle. Il s'agissait cependant de matériaux plutôt rares, très chers et ayant souvent un impact très important sur l'environnement et l'écosystème. Au XIX^{ème} siècle, grâce aussi à la poussée de l'expansion industrielle, on a acquis les connaissances nécessaires pour pouvoir créer des matériaux semi-synthétiques ayant des caractéristiques plastiques (toutes les

informations historiques sur les matières plastiques sont tirées de : Gilbert, 2017).

Dans les années 50 du XIX^{ème} siècle, il y a eu plusieurs tentatives de production de nitrate de cellulose en modifiant les fibres naturelles de cellulose avec de l'acide nitrique. Après plusieurs tentatives et échecs des scientifiques et de l'industrie, c'est le britannique Alexander Park qui a inventé la première matière plastique semi-synthétique, la « *Parkesine* », en 1862. Ce matériau, cependant, avait un coût de production très élevé, de sorte qu'il a été fondamentalement un échec. Cependant, il a conduit à la création de la Xylonite par Daniel Spill, un matériau moins coûteux qui a trouvé un certain succès dans la production de différents objets tels que des boîtes, des manches de couteau, des ornements, et sous une forme plus souple pour produire des casques et des colliers. Enfin, en 1869, l'Américain John W. Hyatt découvre le procédé révolutionnaire de production du Celluloïd, qui pouvait remplacer de nombreux matériaux naturels tels que la corne, l'ivoire et le lin, et qui a été introduit par la production de masse en 1872. C'est la première fois dans l'histoire qu'un matériau dépassant les limites imposées par la nature a été créé.

Toutefois, ce type de matériaux semi-synthétiques n'était pas encore aussi répandu qu'aujourd'hui, en raison des coûts relativement élevés et du fait que le nitrate de cellulose est hautement inflammable et impossible à traiter à haute température. Pour surmonter ce problème, l'acétate de cellulose a été développé au début du XX^{ème} siècle comme revêtement ininflammable pour raidir et imperméabiliser les ailes et le fuselage en tissu des premiers avions, et plus tard comme pellicule cinématographique de sécurité. La caséine formaldéhyde a également été inventé à partir de lait sans matière grasse et de rennine, utilisée pour produire des boutons, des boucles et des aiguilles à tricoter.

1907 est une année charnière, au cours de laquelle le plastique commence à revêtir les aspects et les caractéristiques qui conduiront à son succès, surtout après la Seconde Guerre mondiale. C'est en effet l'année où le Belge Leo Baekeland (qui fut le premier à définir ces matières synthétiques par le terme "plastique", jusqu'alors utilisé uniquement comme adjectif) a inventé la « Bakélite », le premier plastique entièrement synthétique, c'est-à-dire ne possédant aucune molécule que l'on puisse trouver dans la nature. La Bakélite a été une découverte extraordinaire, non seulement parce qu'elle était un excellent isolant à utiliser dans les circuits électriques (elle était fondamentale pour le développement de l'industrie automobile et radio), mais aussi parce qu'elle était durable, résistante à la chaleur, et

contrairement au celluloid, elle était idéale pour la production mécanique de masse. En outre, elle possédait de formidables caractéristiques « plastiques » et pouvait être façonnée dans n'importe quelle forme souhaitée.

La découverte de Baekeland, qui dérivait de la découverte fondamentale de Hyatt et du Celluloid, a rapidement amené l'industrie à rechercher de nouveaux matériaux dont l'utilisation était alors décidée en fonction de leurs caractéristiques. Bientôt, de nouveaux polymères et plastiques sont apparus sur le marché.

En 1912, le chlorure de polyvinyle (PVC)⁵ et l'acétate de polyvinyle⁶ (PVA) ont été inventés en Allemagne, et l'année suivante, le Cellophane⁷, un matériau d'emballage transparent, souple et imperméable, a été créé en Suisse.

En 1922, les études d'Herman Staudinger sur la possibilité que les molécules se lient entre elles en chaînes pour former des polymères et des macromolécules ont permis à l'industrie du plastique de se développer rapidement, ce qui lui a valu le prix Nobel de chimie en 1953.

En 1927, le PVC est plastifié et devient un matériau flexible, idéal pour les revêtements de sol et l'isolation électrique ; il est également utilisé pour les toitures et la production de fenêtres et de portes. Dans les années 30, la commercialisation du Polystyrène⁸ (matériau découvert en 1839), du Plexiglas⁹ (1933) et du Nylon¹⁰ (1935) démarre.

La Seconde Guerre mondiale a donné un élan considérable à l'industrie du plastique, car la rareté des ressources, notamment naturelles, a nécessité l'invention de nouveaux matériaux, ainsi qu'une nouvelle utilisation des matériaux existants. Les matières plastiques ont été

⁵ Le polychlorure de vinyle (PVC) a été l'une des premières matières plastiques découvertes et est également l'une des plus répandues. Il est dérivé du sel (57%) et du pétrole ou du gaz (43%). Il s'agit du troisième polymère plastique synthétique le plus répandu dans le monde, après le polyéthylène et le polypropylène. Le PVC se présente sous deux formes de base : rigide (parfois abrégé en RPVC) et souple (PlasticsEurope, 2019 : <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family>, consulté le 01/07/2019).

⁶ Il s'agit de résines principalement utilisées pour les adhésifs, les revêtements et les traitements des tissus (http://www.treccani.it/enciclopedia/materie-plastiche_%28Enciclopedia-Italiana%29/ - consulté le 01.07.2019).

⁷ Pellicule de cellulose régénérée (Bertolotti G. et Capitelli V., 2007).

⁸ L'une des matières plastiques les plus répandues sur le marché, il est obtenu à partir de vinylbenzène par polymérisation. (Bertolotti G. et Capitelli V., 2007).

⁹ Nom internationalement connu des feuilles de méthacrylate de méthyle produites par Rohm & Haas. Le nom est également couramment utilisé pour indiquer le polymère de base (Bertolotti G. et Capitelli V., 2007).

¹⁰ Classe de polymères synthétiques, également appelés polyamides, utilisés notamment comme fibres textiles. (http://www.treccani.it/enciclopedia/nylon/ - consulté le 01.07.2019).

largement utilisées. Par exemple, le nylon se retrouvait dans les parachutes et les casques des soldats, tandis que le plexiglas remplaçait le verre dans les cabines d'avion. Parmi les matériaux innovants inventés pendant la guerre, toujours produits aujourd'hui, on se souvient du polyéthylène¹¹ (PE), du polystyrène, du polyester, du polytéréphtalate d'éthylène, des silicones, etc.

Après la Seconde Guerre mondiale, et surtout depuis les années 50, la technologie des polymères s'est considérablement améliorée. De meilleurs plastiques ont été produits et, surtout, on a de mieux en mieux compris comment combiner le bon polymère avec la bonne application (Freinkel S., 2011). Le plastique s'est répandu comme un produit idéal non seulement dans les secteurs industriel et manufacturier, mais aussi dans le design et l'art (surtout entre les années 60 et 70).

Au cours des cinquante dernières années du XX^{ème} siècle, la consommation de plastiques a augmenté de façon démesurée, remettant en question les matériaux traditionnels sur le marché, avec au moins 15 nouvelles classes de polymères synthétisés, apportant une contribution fondamentale à la formation de la société de consommation telle que nous la connaissons aujourd'hui (Andrady et Neal, 2009). Parmi les plastiques les plus importants inventés à cette époque figure le Polypropylène¹², découvert par Luigi Natta en 1954, commercialisé en 1957, et qui est devenu le thermoplastique le plus répandu dans le monde (Thompson et autres, 2009).

2.3 - Plastique : production et consommation dans le monde

La production mondiale de matières plastiques a augmenté de façon spectaculaire depuis 1950, avec une croissance moyenne de la production de 9 % par an (UN Environment, 2018). Selon les dernières estimations, 348 millions de tonnes de plastiques ont été

¹¹ C'est la matière plastique la plus répandue et la plus commercialisée. Il est obtenu par la polymérisation du gaz éthylène, à partir duquel on peut obtenir différents types de matériaux aux caractéristiques différentes. Cela permet d'obtenir une large gamme de produits qui couvrent de nombreuses applications d'usage courant (Bertolotti G. et Capitelli V., 2007).

¹² Il est obtenu par polymérisation du propylène en présence de catalyseurs à base d'aluminium et de tétrachlorure de titane. Il est largement utilisé à la fois pour sa facilité de transformation et pour le large éventail d'applications auxquelles il s'adapte. Par exemple, c'est la matière plastique la plus utilisée dans l'industrie automobile pour sa bonne résistance à la température, aux produits chimiques et aux solvants, ainsi que pour ses bonnes propriétés électriques. Il est également largement utilisé dans l'industrie des fibres synthétiques (Bertolotti G. et Capitelli V., 2007).

produites dans le monde en 2017, dont 64 millions de tonnes en Europe (PlasticsEurope, 2018).

La plupart des matières plastiques sont produites en Amérique du Nord, en Europe occidentale et en Chine, qui sont également les principaux consommateurs. Les secteurs où elles sont le plus utilisées sont : l'emballage (30%), la construction et le bâtiment (17%) et les transports (14%) (UN Environment, 2018).

Il existe généralement une très forte corrélation entre la production de plastique et sa consommation. Alors qu'en Amérique du Nord et en Europe occidentale, la production élevée est due à la forte consommation de plastique par habitant, en Chine, la consommation et la production sont liées à la très grande population, même si la consommation par habitant est toujours en constante augmentation (Fig. 10) (UN Environment, 2018).

En 2017, 161 millions de tonnes de déchets plastiques ont été produits, soit 12 % de l'ensemble des déchets solides urbains produits cette année-là (UN Environment, 2018).

Selon certaines estimations, d'ici 2020, le monde produira plus de 200 Mt de déchets plastiques urbains par an et environ 230 Mt d'ici 2025 (Lebreton et Andrady, 2019). Ces projections sont basées sur les prévisions de croissance de la population mondiale et du PIB. En effet, tout comme pour la production de déchets solides, la production et la consommation de plastique sont influencées par la croissance démographique et le niveau de revenu du pays. Dans le cas du plastique, plus un pays est riche et a une population importante, plus sa production et sa consommation sont élevées. Par conséquent, les estimations de croissance de la production et de la consommation sont principalement dues aux pays à revenu moyen-inférieur, car la marge de croissance de la population et du PIB est plus importante. On a estimé que la production mondiale de déchets plastiques urbains pourrait atteindre 300 Mt par an en 2040 et 380 Mt en 2060 (Lebreton et Andrady, 2019).

Ces projections peuvent être réduites si le traitement des déchets est amélioré et si l'on encourage une utilisation plus judicieuse des matières plastiques, notamment dans les emballages et les plastiques jetables. Il y a également un intérêt considérable à passer des sources fossiles aux sources biologiques et biodégradables, pour fabriquer des bioplastiques qui remplacent également le plastique synthétique le plus utilisé, le polyéthylène.



Fig. 12 - Production (en jaune) et consommation (en violet) de matières plastiques dans différentes régions du monde (valeurs en pourcentage).
 Source : UN Environment,
Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment (With a Particular Focus on Marine Environment), 2018, p. 30.

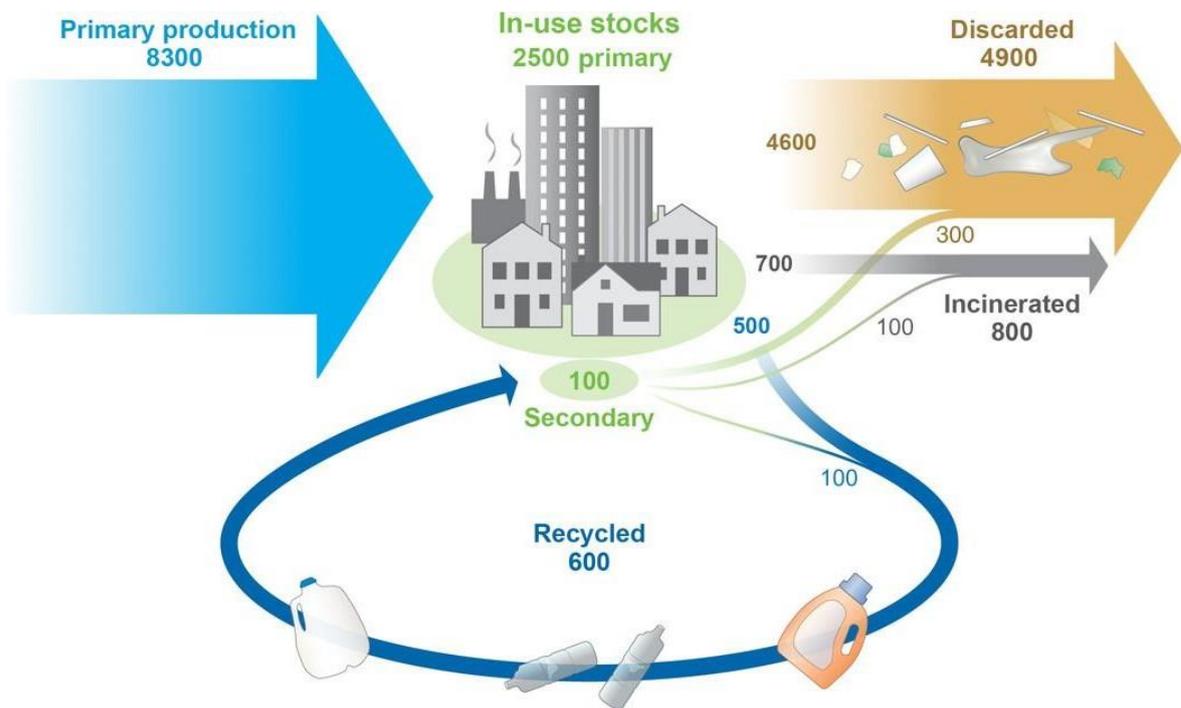


Fig. 13 - Production mondiale, utilisation et devenir des matières plastiques synthétiques (de 1950 à 2015, en millions de tonnes).

Source : Geyer et autres, *Production, use, and fate of all plastics ever made*, 2017, p. 2.

L'un des plus grands problèmes est en effet que la plupart des matériaux thermoplastiques courants fabriqués (PE, PP) sont utilisés dans des emballages qui ont une durée de vie relativement courte et qui entrent rapidement dans le cycle des déchets et des ordures. C'est grave compte tenu de l'omniprésence des matières plastiques une fois dispersées dans l'environnement. Les matières plastiques utilisées dans la construction (par exemple le PVC) représentent environ un tiers de la production mais ont au moins un cycle d'utilisation réel plus long (GESAMP, 2105).

3. LE PROBLÈME DES DÉCHETS MARINS

Bien que le bien-être de l'homme soit étroitement lié à la mer et à ses ressources naturelles, l'humanité a considérablement modifié l'aspect de l'océan en quelques siècles. La pêche, la pollution, l'eutrophisation, l'exploration des hydrocarbures en eaux profondes, l'acidification et le réchauffement climatique des océans, accompagnés d'une élévation du niveau de la mer due à la fonte rapide des glaciers et à l'expansion thermique de l'eau de mer (IPCC 2014), sont des exemples importants de la pression humaine sur les océans, avec de graves conséquences écologiques et socio-économiques. En conséquence, la protection et la gestion de l'environnement marin sont devenues des questions politiques et sociales à part entière dans de nombreux pays du monde.

Au cours des dernières décennies, la pollution des océans par les déchets anthropiques (*Marine Litter*) a été reconnue comme une préoccupation environnementale mondiale majeure, compte tenu de l'importance du milieu marin et de son impact sur les biotes. L'utilisation croissante de produits jetables, l'élimination incontrôlée des déchets, ainsi que les mauvaises pratiques de gestion et de recyclage, sont les principales raisons de l'accumulation des déchets dans la mer. Des quantités croissantes de déchets sont perdues dans les flux de déchets urbains et pénètrent dans les océans. Il est également significatif que la plupart des déchets présents dans la mer soient en plastique, précisément parce que c'est un matériau qui résiste à la biodégradation. Les plastiques dispersés dans le milieu marin absorbent des polluants qui sont ensuite ingérés par la faune marine et entrent dans la chaîne alimentaire.

L'accumulation de déchets en mer et le long des côtes du monde entier et les nombreuses questions ouvertes concernant la quantité, la distribution et le devenir des déchets marins, ainsi que les implications potentielles pour la faune marine et les êtres humains, ont sensibilisé l'opinion publique, stimulé la recherche scientifique et lancé une action politique pour résoudre ce problème environnemental. Il est donc utile de donner une définition de *Marine Litter* et d'illustrer le problème qu'il représente sur le plan environnemental, en général et en ce qui concerne le plastique en particulier.

3.1 - Marine Litter

Selon le United Nations Environment Program (UNEP), le *Marine Litter* est tout matériau solide rejeté, fabriqué ou traité, éliminé ou abandonné dans un environnement marin ou côtier (UNEP, 2019¹³). Il s'agit de matériaux durables et persistants qui, provenant des activités humaines, arrivent en mer pour diverses raisons et finissent par flotter, s'échouer sur les plages (le *Beach Litter*) ou, pire encore, nicher dans les fonds marins.

Le *Marine Litter* est donc constitué d'objets, ou de résidus d'objets, qui ont été produits ou utilisés par des personnes et, intentionnellement ou non, jetés dans les rivières ou en mer, ou sur les plages, ou portés indirectement en mer par les rivières, les eaux usées, les eaux de pluie ou les vents.

Les débris marins (*Marine Debris*) comprennent un large éventail de matériaux fabriqués par l'homme, tels que des sacs en plastique, des briquets, des cigarettes, des bouteilles en verre, des bouées, des boîtes de conserve, des filets et des lignes de pêche, des déchets médicaux, des cordes, etc. (Alessi et Di Carlo, 2018).

L'analyse de la composition des déchets marins est importante car elle fournit des informations sur les déchets individuels et leurs sources d'entrée. Afin de surveiller les déchets plastiques, il est essentiel de comprendre les liens dynamiques entre les sources d'entrée des déchets et les éléments naturels qui influencent leur distribution et leur accumulation, car la combinaison de plusieurs points d'entrée diffus et le transport non aléatoire des débris provenant des vents et des courants entraînent une grande variabilité spatiale et temporelle de dépôt et d'accumulation (Galgani et autres, 2015 ; PNUE, 2016).

Le *Marine Litter* et le *Beach Litter* sont répandus dans toutes les mers et sur toutes les côtes. Les zones à forte concentration de déchets, appelées *hotspot* d'accumulation, sont présentes dans tous les habitats marins, notamment sur les plages, dans les eaux de surface pélagiques et dans les substrats marins à proximité des zones les plus densément peuplées (Leite A et autres, 2014 ; Vlachogianni et autres, 2017). Mais les zones d'accumulation se trouvent aussi dans des régions plus éloignées, loin des sources de pollution, par exemple sur des plages isolées, au milieu de la mer, et aussi dans des *canyons* sous-marins, où les

¹³ « *Marine litter is any persistent, manufactured or processed solid material discarded, disposed of or abandoned in the marine and coastal environment* », Unep, 2019.
<https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/marine-litter>, consulté le 23/06/2019.

déchets provenant de la terre s'accumulent en grande quantité et où le processus de dégradation est beaucoup plus lent (Eriksen et autres, 2014 ; Pham et autres, 2014 ; Galgani et autres, 2015).

En général, on peut dire que les déchets marins ont deux origines : les sources d'origine terrestre et les sources d'origine marine.

Pour Jambeck et autres (2015), environ 80 % des déchets marins mondiaux proviennent de sources terrestres. En ce qui concerne les plages et les mers les plus fréquentées, l'une des principales sources de pollution par déchets solides est le tourisme. Mais il peut y avoir de nombreuses sources d'origine terrestre, comme par exemple :

- les décharges municipales situées sur la côte ou à l'intérieur des terres ;
- le transport fluvial de déchets provenant de décharges ;
- le rejet d'eaux usées non traitées, y compris les eaux de pluie ;
- la présence d'installations industrielles avec rejet de déchets solides (Jambeck et autres, 2015) ;
- la perte accidentelle ;
- la survenance d'événements climatiques extrêmes (Galgani et autres, 2015) tels que les tsunamis ou les tempêtes tropicales.

Seuls 20 % des déchets en général proviennent de sources marines. Elles proviennent principalement du trafic maritime des ferries, des navires de croisière et commerciaux, des bateaux de pêche, des flottes militaires et de recherche, des bateaux de plaisance et des installations offshore telles que les plateformes et les installations d'aquaculture (Vlachogianni et autres, 2017).

Ainsi, les activités humaines, qu'elles soient terrestres ou maritimes, récréatives ou économiques, peuvent produire une pollution des océans, des mers et des plages. Le type et la composition des déchets présents dans la mer sont variés, et les quantités et densités globales de débris sont en constante augmentation, bien que la production de déchets varie d'un pays à l'autre. Par exemple, la quantité de déchets mal gérés produits par la population côtière d'un seul pays varie de 1,1 à 8,8 millions de tonnes par an. En 2010, 83 % du total des déchets mal gérés étaient produits par des pays tels que la Chine, l'Indonésie, les Philippines, le Vietnam et le Sri Lanka (Jambeck et autres, 2015).

Nous pouvons distinguer les débris marins en fonction des zones où ils se trouvent. Ils peuvent être classés en :

Débris flottants : Les débris marins flottants sont les déchets ou les résidus de déchets qui, ayant atteint la mer par diverses voies, restent à la surface de l'eau. Les déchets flottants peuvent être transportés par les courants jusqu'à ce qu'ils coulent au fond de la mer, soient déposés sur le rivage ou se dégradent avec le temps (Galgani et autres, 2015).

Les polymères synthétiques constituent la majorité des débris marins flottants, dont le sort dépend de leurs propriétés physico-chimiques et des conditions environnementales (Galgani et autres, 2015). Si l'identification d'objets flottants anthropiques remonte à plusieurs décennies (Venrick et autres, 1972 ; Morris, 1980 ; Ryan, 2015), la découverte de zones d'accumulation de *Floating Marine Debris* (FMD) dans les tourbillons océaniques est relativement récente et remonte aux études de Moore et autres (2001).

Dans les océans, il y a des *patch* de déchets marins flottants qui se sont accumulés dans les cinq gyres océaniques subtropicaux. Un gyre est un grand système de rotation des courants océaniques, en particulier ceux qui sont impliqués dans les grands mouvements du vent, et que les océanographes expliquent par les forces de friction et la force de Coriolis. C'est un effet qui se produit sur les corps en mouvement à la surface de la Terre, en raison de la rotation de la Terre. C'est une force apparente due à l'effet de la rotation de la Terre, par laquelle tout objet se déplaçant en ligne droite subira une

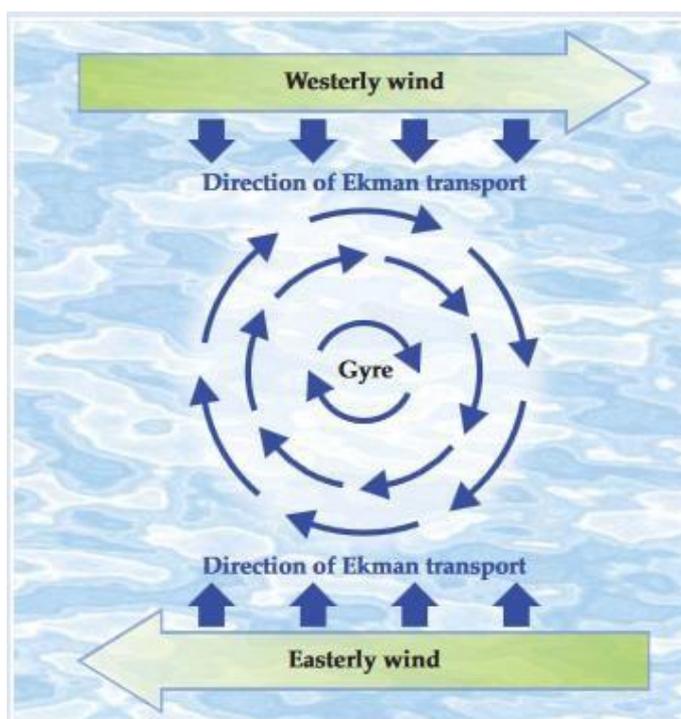


Fig. 14 - Schéma de circulation de l'eau dans un gyre, qui circule dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord et dans le sens inverse dans le sud. En raison du mouvement d'Ekman, le flux d'eau perpendiculaire aux vents qui soufflent se glisse au centre du vortex. Source : van Sebille, *The oceans' accumulating plastic garbage*, Physics Today, 2015, p. 60.

déviations de la trajectoire qui l'éloignera du point souhaité. La force de Coriolis

s'accompagne d'un autre phénomène physique, le transport d'Ekman, c'est-à-dire un flux d'eau perpendiculaire à la direction du vent, en partie dû aux forces de résistance dans l'océan. Sur la figure 14, qui illustre la circulation dans un tourbillon océanique de l'hémisphère nord, on peut voir que les vents d'ouest (soufflant d'ouest en est sur le côté polaire d'un tourbillon subtropical) provoquent l'écoulement de l'eau vers l'équateur. D'autre part, les vents d'est du côté équatorial du gyre poussent l'eau vers le pôle. Cela fait converger l'eau aux latitudes moyennes du bassin subtropical et crée un vortex au centre du gyre. Si l'eau, qui doit quitter le système, peut le faire en profondeur, les déchets amenés au centre du vortex par l'eau ne s'écoulent pas vers le bas avec l'eau qui s'échappe parce qu'ils flottent. C'est pourquoi ils restent en arrière et s'accumulent (van Sebille, 2015).

L'accumulation de ces déchets forme de vastes « îlots » de déchets flottants. Il y a au moins cinq grands « îlots » en plastique dans les océans, précisément au niveau des grands gyres océaniques : deux sont dans l'océan Pacifique, deux sont dans l'océan Atlantique et un dans l'océan Indien (Fig. 15) (Moore et autres, 2001; Eriksen et autres, 2017; Chen et autres, 2017). Une zone d'accumulation considérable de plastique flottant a été identifiée dans la partie orientale du gyre subtropical du Pacifique Nord. C'est ici qu'a été accumulé le plus grand « îlot » (*patch*) de déchets océaniques : le *Great Pacific Garbage Patch* (GPGP). On a estimé que 99 % des déchets marins qui le constituent sont en plastique, avec environ 1,8 trillion de morceaux de plastique de tailles diverses et d'un poids total de 79 000 tonnes (Lebreton et autres, 2018).

Les déchets marins flottants peuvent être présents partout, même dans les zones les plus reculées de la planète comme l'océan Arctique (Bergmann et Klages, 2012) ou l'océan Antarctique (Ivar do Sul et autres, 2011).

Outre les phénomènes naturels, tels que le vent, les courants, la présence de rivières, l'existence éventuelle de *hotspot* de déchets repose principalement sur la densité de la population côtière et les principales voies de navigation présentes dans la zone où ils se forment (Galgani et autres, 2015 ; Liubartseva et autres, 2016). Les données existantes sur les déchets flottants montrent une grande variabilité spatiale, notamment en ce qui concerne les déchets plastiques, confirmant qu'il existe une certaine facilité de déplacement entre les gyres océaniques et entre les hémisphères, ce qui augmente leur propagation dans

les mers et les océans du monde (Eriksen et autres, 2014).

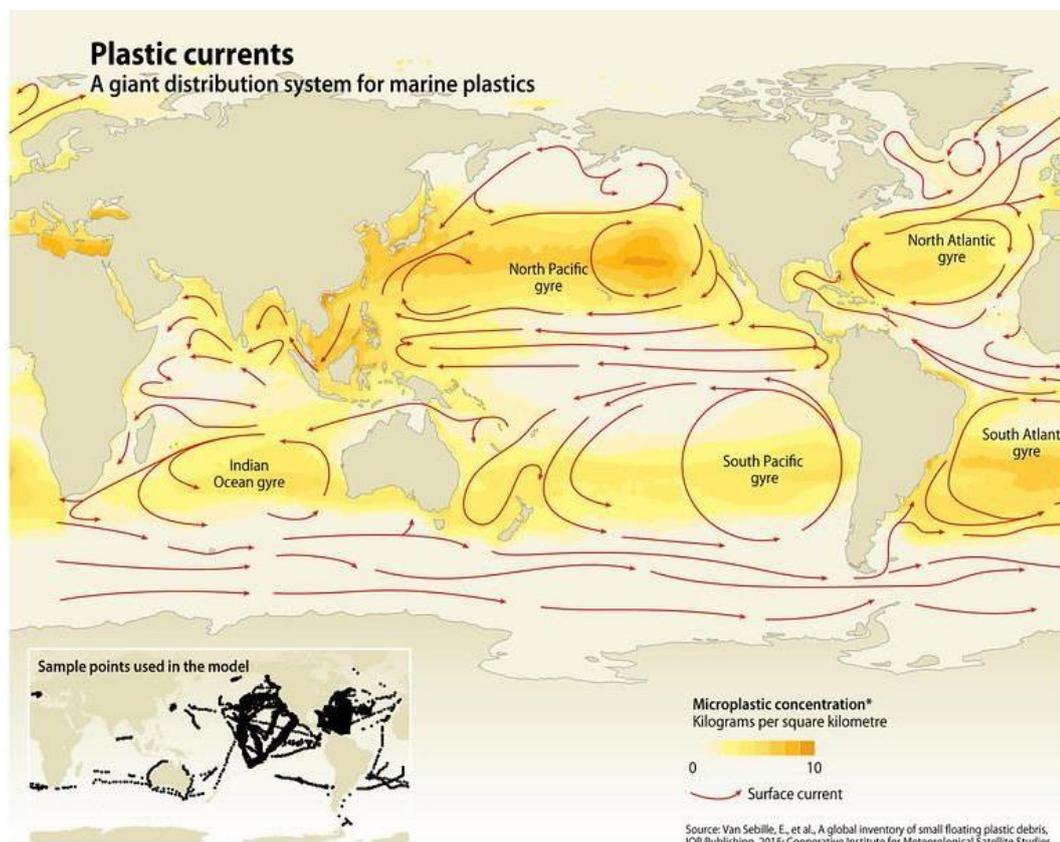


Fig. 15 – Source : UNEP et GRID-Arendal, *Marine Litter Vital Graphics*, United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, Nairobi et Arendal, 2016, p. 37.

https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?1488455779

Débris dans les fonds marins : Les déchets marins peuvent également couler au fond des mers. Ce type d'accumulation est beaucoup moins étudié en raison de la difficulté d'étudier les fonds marins : la difficulté d'échantillonnage, l'inaccessibilité et les coûts élevés permettent rarement de faire des recherches dans ces eaux plus profondes et la plupart des études se concentrent généralement sur les plateaux continentaux. Pourtant, on estime qu'environ 50% des déchets marins d'origine plastique sombrent dans la mer (Galgani et autres, 2015).

La répartition géographique des débris au fond de l'océan est fortement influencée par l'hydrodynamique, la géomorphologie et les facteurs humains (Pham et autres, 2014).

3.2 - Beach Litter

En ce qui concerne les déchets sur les plages, ils méritent un paragraphe spécifique dans cet ouvrage.

Le problème de l'accumulation des déchets affecte les plages de tous les pays du monde qui bordent la mer (Andrady, 2015). Les déchets s'accumulent sur les plages à la fois par des sources directes, lorsqu'ils sont jetés directement sur la plage, et indirectement, lorsqu'ils sont ramenés de la mer. Parmi ces derniers, on trouve principalement des déchets plastiques. En fait, la flottabilité des matières plastiques signifie qu'elles voyagent à la surface des océans même sur de longues distances, jusqu'à ce qu'elles soient en partie projetées sur la côte par les courants et les vagues (Andrady, 2015).

Il existe également un certain nombre de facteurs qui interviennent pour qu'une plage puisse retenir les déchets ou les perdre en mer. Outre le régime vagues-vent, qui semble avoir une influence majeure sur la quantité de déchets collectés sur les plages, l'orientation et la géomorphologie de chaque plage sont considérées comme tout aussi importantes. Outre les facteurs naturels qui influencent la dynamique des déchets de plage, les facteurs humains tels que la proximité des centres urbains, la densité de population, les visiteurs des plages et le trafic maritime jouent un rôle clé dans la détermination de la composition et de l'abondance du *Beach Litter* (Critchell et autres, 2015 ; Prevenios et autres, 2018). Les conditions océanographiques locales jouent sans aucun doute un rôle clé. Dans certains cas, les concentrations plus élevées sont dues à la présence de décharges de déchets mal contrôlées ou illégales, parfois immédiatement adjacentes à la côte (UNEP, 2016).

Dans de nombreuses régions, les eaux côtières présentent une plus forte concentration de matières plastiques marines, car elles reçoivent les matières plastiques d'origine terrestre et sont des zones où se concentrent la pêche, l'aquaculture, la navigation commerciale et d'autres activités maritimes. Des « *hot spot* » de plastique flottant ont été observés dans les eaux côtières adjacentes à des pays à forte population côtière et ayant une gestion inadéquate des déchets, en particulier en Asie du Sud-Est (Ryan, 2013). Dans d'autres cas, c'est toute la conformation du bassin versant et son utilisation qui permet une forte accumulation de déchets dans les eaux côtières et les côtes elles-mêmes. La Méditerranée, par exemple, a des volumes de navigation élevés, une population côtière importante et une industrie touristique très développée. Elle a également un échange très limité avec

l'Atlantique. Pour tous ces facteurs, les niveaux élevés de matières plastiques flottantes, côtières et des fonds marins, observés ne sont pas surprenants. En outre, en Méditerranée occidentale, le plateau continental est très étroit, avec des canyons sous-marins qui s'étendent près du rivage en eau profonde. Ceux-ci ont pour fonction de canaliser les déchets déposés dans les eaux côtières et sur les plages (Eriksen et autres, 2014 ; Galgani et autres, 2014).

Dans certains cas, les plages dont les activités de baignade sont liées à la présence de touristes ont une densité de déchets locaux bien supérieure à la moyenne mondiale (Pham et autres, 2014). En effet, la concentration de débris et de déchets sur les plages peut augmenter jusqu'à 40 % en été en raison du nombre élevé de touristes. Dans certaines zones touristiques, plus de 75% des déchets annuels sont produits en été, où les touristes produisent en moyenne 10 à 15% de déchets de plus que les habitants (Galgani et autres, 2015). On estime que chaque touriste produit environ 7,2 kg de déchets par jour, ce qui dépasse de loin la quantité moyenne de déchets produits par les habitants des zones urbaines (2,8 kg) et des zones rurales (1,0 kg) (ONU Environnement, 2017).

La présence visible de déchets marins a un impact sur la valeur esthétique et l'attrait des plages et des côtes. Si la quantité et la visibilité du *Marine Litter* dépassent un certain seuil, cela peut être une raison de ne pas visiter certaines zones côtières (Leggett et autres, 2014 ; Williams et autres, 2016 ;). Un nombre réduit de visiteurs entraîne une perte de revenus pour le secteur du tourisme, qui à son tour entraîne une perte de revenus et d'emplois dans l'économie locale et régionale (Tudor et Williams, 2003 ; Anfuso et autres, 2017). Cela peut avoir des effets à court terme (par exemple, lorsqu'un événement naturel spécifique tel qu'une inondation ou un tsunami apporte des déchets marins) et/ou des impacts à long terme (par exemple, lorsque des niveaux constants de déchets marins nuisent à la réputation et à l'image de la région en tant que destination touristique et découragent ainsi les investissements du secteur privé) (UN Environment, 2017). Ces impacts peuvent être assez importants dans certains cas, notamment lorsque les économies locales sont fortement dépendantes du secteur du tourisme. Par exemple, Hawaï et les Maldives sont confrontées à une baisse du nombre de touristes et des revenus en raison des déchets marins, en particulier les matières plastiques, qui menacent de compromettre la réputation des îles en tant que destinations touristiques convoitées (Thevenon et autres, 2014).

En plus d'être désagréables et inesthétiques, les déchets marins peuvent présenter des risques pour la santé et la sécurité des nageurs, des pêcheurs et des autres visiteurs du littoral. Les produits industriels (par exemple, les fûts de produits chimiques, les piles et les appareils électroménagers mis au rebut) libèrent des composés toxiques, tandis que les produits d'hygiène personnelle/médicale (par exemple, les couches jetables et les produits sanitaires) contaminent l'eau. Les objets tranchants tels que les canettes, les seringues et le verre brisé peuvent potentiellement blesser les visiteurs de la côte, tandis que les enfants peuvent avaler des objets plus petits tels que des mégots de cigarettes, etc. (UN Environment, 2017).

I DIECI OGGETTI TROVATI PIÙ FREQUENTEMENTE SULLE SPIAGGE

- 1 Bottiglie e tappi
- 2 Mozziconi di sigaretta
- 3 **Cotton fioc (bastoncini cotonati)**
- 4 Pacchetti di patatine, carte di caramella
- 5 Assorbenti igienici
- 6 Buste di plastica
- 7 **Posate e cannuce**
- 8 Coperchi di bibite e tazze
- 9 Palloncini e **bastoncini di palloncini**
- 10 Contenitori di cibo, inclusi quelli del fast-food

Gli oggetti in giallo saranno presto messi al bando. Le alternative non in plastica sono disponibili.



Fig. 16 - Source : Commission européenne, 2019.
<http://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20181005STO15110/plastica-negli-oceani-i-fatti-le-conseguenze-e-le-nuove-norme-infografica>

3.3 - Débris en plastique dans l'environnement marin

De tous les déchets présents dans les eaux et sur les plages, les plus nombreux et les plus dangereux sont les matières plastiques. En effet, on estime que la plupart des déchets solides présents dans les mers du monde (selon les études allant de 60 % à 90 %) sont des matières plastiques (Alessi et Di Carlo, 2018), dont environ 62 % proviennent des emballages des aliments et des boissons (Galgani et autres, 2015). En effet, les matières plastiques liées aux emballages ont une courte durée d'utilisation, dominent la production de déchets plastiques urbains et, par conséquent, représentent également la majorité des déchets mal gérés qui se déversent dans la mer (Geyer et autres, 2017).

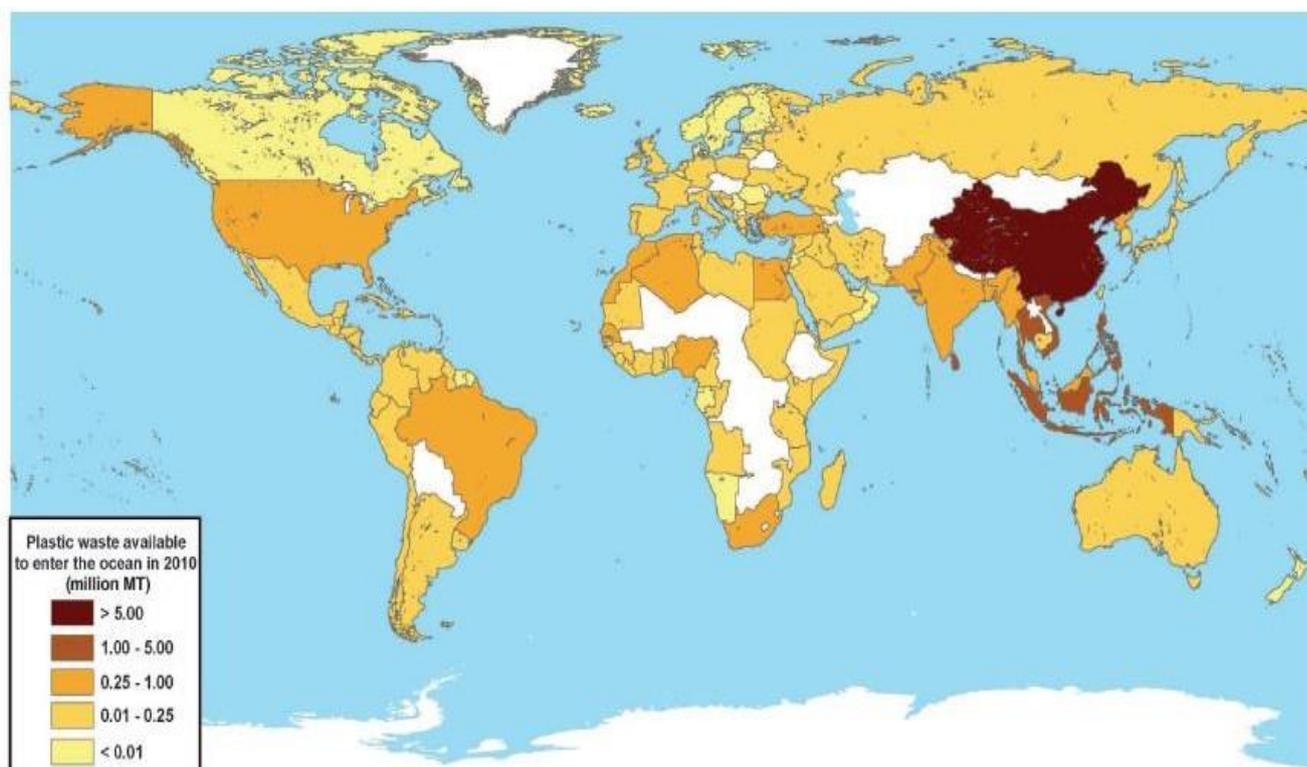


Fig. 17 - Estimation de la quantité de déchets plastiques mal gérés [millions de tonnes (MT)] générés en 2010 par les populations vivant à moins de 50 km de la côte. Source : Jambeck et autres, 2015, p. 2000.

Environ 80 % des déchets plastiques marins sont d'origine terrestre, tandis que 20 % seulement proviennent d'activités marines de l'homme (Andrady, 2011).

On estime qu'il y a plus de 5 milliards de morceaux de plastique en mer, pesant plus de 150 millions de tonnes (Alessi et Di Carlo, 2018), dont entre 1,4 et 3,7 millions de tonnes dans les seules mers de l'UE (European Commission, 2018).

Calculer la quantité de plastique qui se retrouve dans la mer chaque année n'est pas facile, et plusieurs études ont donné des réponses différentes en présentant des données annuelles.

Parmi les études les plus importantes, on peut citer :

- de 4,8 Mt par an à 12,7 Mt par an (Jambeck et autres, 2015) ;
- 12,2 Mt par an (EUNOMIE, 2016¹⁴) ;
- 10 Mt par an (Boucher et Friot, 2017) ;
- 8,28 Mt par an (UN Environment, 2018).

Boucher et Friot (2019), en rassemblant ces études avec des données statistiques sur la production de plastique, ont calculé qu'aujourd'hui la quantité de déchets plastiques qui finissent dans la mer s'élève à 12 millions de tonnes par an, soit 3 % de la production mondiale de plastique.

On estime que d'ici 2025, les océans contiendront une tonne de plastique pour trois tonnes de poissons et que d'ici 2050, il y aura plus de plastique en poids que de poissons (Alessi et Di Carlo, 2018).

En ce qui concerne la dispersion du plastique, les sources et les voies de pollution sont similaires à celles du reste des déchets solides (Fig. 20). En effet, les pertes de plastique en mer sont principalement imputables à :

- La mauvaise gestion des déchets solides, par exemple l'élimination dans des décharges inadaptées (3,9 millions de tonnes) ;
- La négligence des citoyens qui jettent des déchets dans l'environnement, même sur les plages (0,8 million de tonnes) ;
- La perte de filets de pêche et autres activités liées à la pêche (UN Environment, 2018).

¹⁴ <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/plastics-in-the-marine-environment/>, consulté le 01/07/2019.

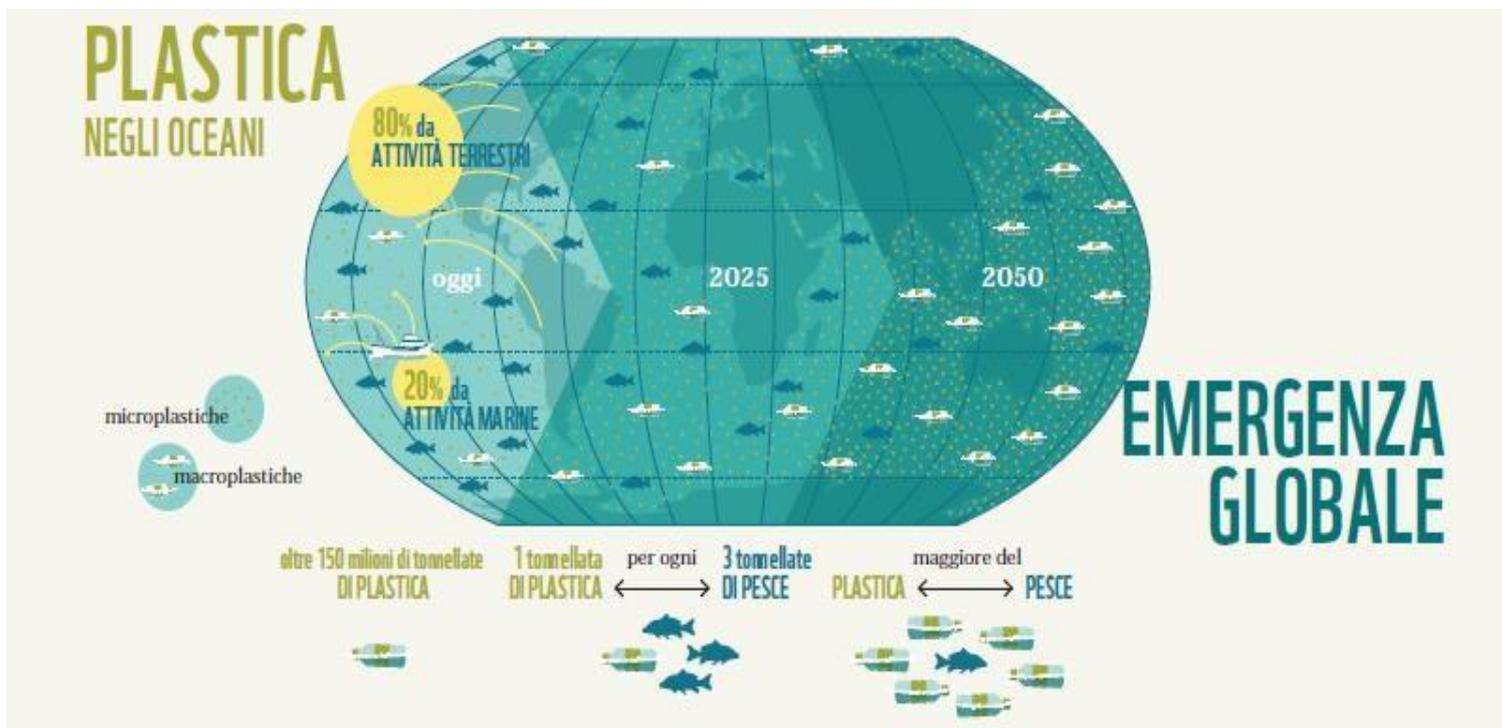


Fig. 18 - Le plastique dans les océans : une urgence mondiale. Source : Alessi e Di Carlo, *Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution*, Rapport du WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, 2018, p. 6.

Il n'y a pas de correspondance complète entre le volume ou l'évolution de la production de certains types ou applications de polymères et les caractéristiques des déchets marins. La variété et la quantité des types de matières plastiques produites se reflètent inévitablement dans la composition des déchets plastiques récupérés dans le milieu marin, mais de nombreux facteurs entrent en jeu pour déterminer la distribution et la composition des déchets plastiques : sociaux, économiques, techniques et environnementaux. Par exemple, une propriété clé qui influence le comportement des plastiques dans l'environnement marin est la densité par rapport à la densité de l'eau de mer. Les objets qui contiennent un vide, comme une bouteille, auront initialement tendance à flotter, mais une fois que les objets perdent leur intégrité, c'est la densité du plastique qui déterminera si les objets flottent et coulent. La vitesse à laquelle cela se produit affectera la distance de l'objet par rapport à sa source. En outre, le développement d'un *biofilm* à la surface de la particule de polymère peut modifier suffisamment la densité pour la faire flotter, même si le polymère « propre » est moins dense que l'eau de mer (GESAMP, 2015).

La persistance des matières plastiques dans l'environnement est la principale raison pour laquelle ils constituent une menace sérieuse pour les écosystèmes marins. En effet, la plupart des matières plastiques ne se biodégradent pas et restent dispersées dans

l'environnement pendant des centaines d'années (Fig. 19) (Geyer et autres, 2017).

Les plastiques dispersés en mer ne se biodégradent pas facilement, mais cela ne veut pas dire qu'ils ne changent pas. Ils subissent des processus de fragmentation en morceaux de plus en plus petits.

Les processus qui interviennent généralement dans la dégradation des débris sont :

- La biodégradation ;
- La photodégradation : action de la lumière du soleil ;
- La dégradation thermo-oxydante : répartition oxydante lente à des températures modérées ;
- La dégradation thermique : action des températures élevées ;
- L'hydrolyse : réaction avec l'eau.

Le seul processus qui affecte la dégradation et la fragmentation des matières plastiques de manière significative est la photodégradation, qui affecte principalement les déchets plastiques flottant dans l'eau et les déchets plastiques dispersés sur les plages (Andrady, 2017).

La classification de ces fragments varie en fonction des études examinées. La classification la plus simple de ces fragments dépend de leur taille. Ils peuvent être divisés en :

- Macroplastiques : débris et fragments de plus de 25 mm.
- Mésoplastiques : fragments entre 5 mm et 25 mm ;
- Microplastiques : fragments allant de 5 mm à 1 mm (*Large Microplastic*) et de 1 mm à 20 μm (*Small Microplastic*).



Fig. 19 - Estimation des temps de dégradation de différents déchets marins. Source : MARILISCO, 2013, p. 6.

Plastic debris in the ocean: a multiplicity of sources and pathways

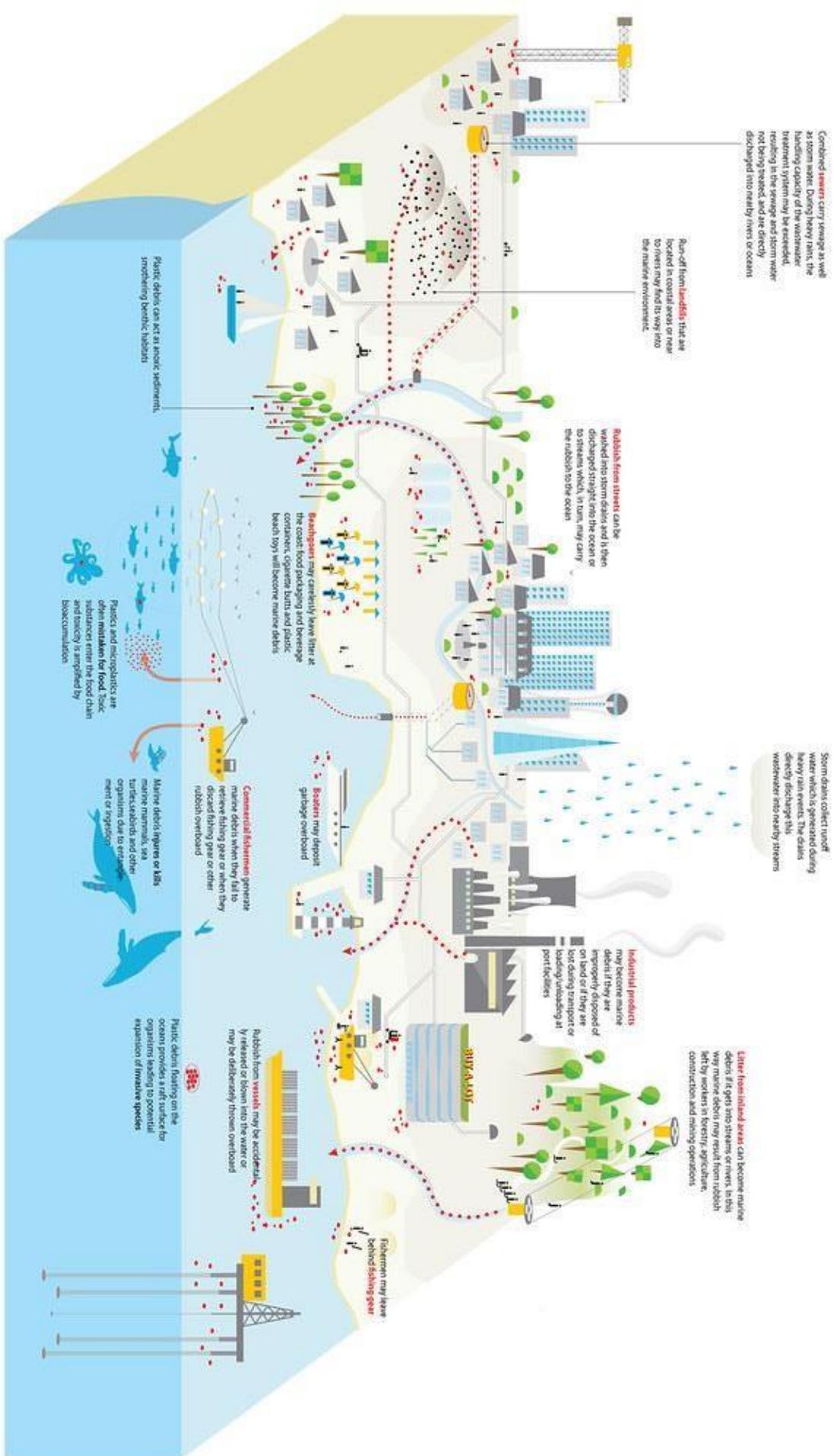


Fig. 20

Source : UNEP et GRID-Arendal, *Marine Litter Vital Graphics*, United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, Nairobi et Arendal, 2016, p. 28-29.

Une attention particulière doit être accordée aux microplastiques, une série très hétérogène de particules qui varient en taille, forme, couleur, composition chimique et densité. Ils peuvent être divisés en fonction de leur utilisation et de la source dont ils proviennent en microplastiques « primaires » et en microplastiques « secondaires » :

- *Microplastiques primaires* : ce sont des microplastiques fabriqués directement pour être de petite taille. Ils peuvent être utilisés en médecine, comme base pour former d'autres plastiques et comme poudres utilisées dans le moulage. Mais surtout, ils sont utilisés dans l'industrie cosmétique. Dans les gommages et les produits exfoliants, les additifs dans les savons, les crèmes, les gels, les dentifrices ; ces microgranulés ont depuis longtemps remplacé les matériaux naturels traditionnellement utilisés. Les microdébris sont ensuite transportés par l'eau domestique qui s'écoule dans les égouts directement dans la mer ou en suivant le cours des rivières. Les microplastiques primaires peuvent également être produits accidentellement, par exemple, à partir de la poussière des pneus ou de l'utilisation et du lavage de fibres synthétiques dans les vêtements.

En raison de leur persistance dans l'environnement, les granulés sont répartis dans l'espace et ont été identifiés dans les systèmes marins du monde entier, y compris dans les îles médio-océaniques qui ne disposent pas d'installations locales de production de plastique (Ivar do Sul et autres, 2011).

- *Microplastiques secondaires* : Ils sont le résultat de la fragmentation des plastiques dispersés à la fois en mer et sur terre. Au fil du temps, les processus physiques, chimiques et biologiques peuvent réduire l'intégrité structurelle des débris de plastique, ce qui entraîne leur fragmentation. La fragmentation est causée par une combinaison de forces mécaniques, par exemple les vagues, et de processus photochimiques activés par la lumière du soleil (Thompson, 2015). L'exposition des matières plastiques à la lumière du soleil peut provoquer une photodégradation, et les rayons ultraviolets (UV) du soleil provoquent l'oxydation de la matrice polymère, entraînant le clivage des fragments (Abdelhafidi et autres, 2015). Avec une perte d'intégrité structurelle due à la photodégradation, ces plastiques sont de plus en plus sensibles à la fragmentation résultant de l'abrasion, de l'action des vagues et des turbulences, ce qui les amène à se fragmenter en morceaux de plus en plus petits. Plus les températures sont élevées, plus le phénomène de dégradation est

important. C'est pourquoi la photodégradation est plus rapide dans les matières plastiques sur le sable chaud, et aussi sur les plages au sable de couleur sombre, car elles absorbent plus de rayons UV. Au contraire, les matières plastiques flottant sur l'eau subissent une dégradation ralentie par la température plus basse de l'eau et par les incrustations naturelles qui peuvent recouvrir les débris. Le phénomène de photodégradation des matières plastiques a pris une place de plus en plus importante dans la littérature scientifique sur le sujet, en raison des conséquences importantes que ces fragments ont sur la santé de la faune marine et la santé humaine (Andrady, 2017).

La distribution des microplastiques dépend de différents paramètres anthropiques (production et consommation de plastique, élimination des déchets, gestion des eaux usées, etc.), ainsi que de paramètres environnementaux, tels que l'encrassement biologique, l'hydrodynamique, le vent, les courants, voire les conditions climatiques locales et les variations saisonnières. Cependant, ils sont omniprésents dans l'environnement, à tel point que l'on trouve des microplastiques dans le sol (Rillig, 2012), les rivières et les lacs (Lebreton et autres, 2017) et les océans (Thompson, 2015).

Les côtes reçoivent des fragments de microplastiques provenant de sources terrestres et marines. Les sources terrestres prédominent généralement à proximité des zones urbaines, des sites touristiques et des débits fluviaux, tandis que les sources marines seront prédominantes dans les zones côtières moins peuplées ou les zones à faible flux touristique (Ryan et autres, 2009 ; Thompson, 2015).

Les données suggèrent que 35 540 tonnes de microplastiques, contre un minimum de 233 400 tonnes d'objets en plastique plus grands, sont à la dérive dans les océans du monde (Galgani et autres, 2015).

Les microplastiques utilisés principalement dans les produits cosmétiques ou provenant du lavage des vêtements peuvent pénétrer dans les cours d'eau par les systèmes de drainage domestiques ou industriels. Alors que les stations d'épuration des eaux usées piègent les macroplastiques, un grand pourcentage de microplastiques dans les bassins d'oxydation ou les boues d'épuration passe par ces systèmes de filtration. Les matières plastiques qui entrent dans les systèmes fluviaux seront ensuite transportées vers la mer (Mason et autres, 2016). La pollution marine due au plastique est omniprésente au niveau mondial, et bien

qu'il n'y ait toujours pas de certitude quant au poids qu'elle peut avoir sur les mécanismes et les processus du « Système Terre », les preuves de ses lourdes conséquences écologiques s'accumulent certainement (Villarrubia-Gómez et autres, 2018).

3.4 - Conséquences du Marine Litter sur l'environnement et la santé

Les déchets constituent un danger pour la vie marine, et la plupart des dommages subis par les animaux proviennent du plastique (loi, 2017). Au niveau mondial, environ 700 espèces marines sont menacées par le plastique, dont 17% sont classées comme « menacées » ou « en danger critique » d'extinction » par l'UICN (Gall et Thompson, 2015).



Fig. 21 - Le problème de l'entanglement affecte aussi sérieusement la faune méditerranéenne. Source : Alessi e Di Carlo, *Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution*, Rapport du WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, 2018.

L'un des plus grands dangers pour la faune marine concerne l'entanglement, c'est-à-dire la possibilité que des spécimens d'espèces marines s'enchevêtrent ou se prennent dans les débris (Fig. 21). Cela peut se produire avec des filaments de filets de pêche, des lacets à anneau ou des emballages (Consoli P. et autres, 2019).

Au total, 344 espèces ont été retrouvées piégées dans du plastique et les principales victimes en Méditerranée sont : des oiseaux (35%), des poissons (27%), des invertébrés (20%), des mammifères marins (13%) et des reptiles (tortues de mer).

L'entanglement entraîne des blessures, des difformités, une incapacité d'échapper aux prédateurs et de se procurer de la nourriture (Gall et Thompson, 2015).

L'augmentation du nombre de microplastiques peut intensifier la possibilité de mélange avec les sources alimentaires de surface et peut affecter la capacité des poissons se nourrissant de plancton et de petits poissons à distinguer le plastique de la nourriture naturelle. Les déchets en plastique sont souvent confondus avec de la nourriture par la faune marine, ce qui entraîne des complications de santé et la mort. L'ingestion de plastique a été observée chez de nombreux animaux. Des morceaux de plastique, par exemple, ont été trouvés dans l'estomac de tortues ; les oiseaux de mer peuvent également mourir d'une obstruction des voies respiratoires ou digestives par des bouchons de bouteilles. En plus des problèmes d'intoxication, les morceaux de plastique ingérés restent souvent dans l'appareil digestif de l'animal, qui souffre d'un manque d'appétit et cesse de manger (Sharma et Chatterjee, 2017). Il a été calculé que 90 % des oiseaux de mer ont des fragments de plastique dans leur estomac (en 1960, ils étaient 5 %) et certaines études ont prédit que d'ici 2050, ils seront 99 % si aucune mesure n'est prise pour réduire la présence de matières plastiques dans la mer (Wilcox et autres, 2015).

Un autre problème est la toxicité des produits chimiques qui accompagnent les déchets marins. Bien que les plastiques soient considérés comme des matériaux biochimiquement inertes (c'est-à-dire qu'en raison de leur structure macromoléculaire, ils ne réagissent pas avec la membrane cellulaire d'un organisme ou ne la pénètrent pas), la plupart des matières plastiques ne sont pas pures. En plus de leur structure polymérique, ils sont constitués d'une variété de produits chimiques qui contribuent à une certaine qualité des matières plastiques (Al-Malaika et autres, 2017 ; Verma et autres, 2016).

Fondamentalement, les déchets plastiques dans l'environnement marin peuvent comprendre deux types de contaminants toxiques :

- 1 Additifs : ils comprennent avant tout des produits chimiques ajoutés lors de la production et de la transformation du matériau. Ces produits chimiques sont incorporés dans le plastique, mais peuvent s'en échapper car la plupart d'entre eux ne sont pas liés chimiquement. En raison de l'accumulation et de la fragmentation du plastique dans les océans, les additifs plastiques peuvent présenter un risque écotoxicologique croissant pour les organismes marins (Hermabessiere et autres, 2017) ;

- 2 Produits chimiques hydrophobes qui sont absorbés par l'eau environnante. Il s'agit notamment des contaminants chimiques présents dans l'océan qui s'accumulent sur les plastiques lorsqu'ils deviennent des déchets, par exemple les Polluants Organiques Persistants (POP) et les métaux lourds (Rochman, 2015 ; Gallo et autres, 2018). L'environnement marin est souvent le dissipateur final pour beaucoup de ces substances.

Parmi les produits chimiques répertoriés comme polluants prioritaires par l'UNEP, 78 % sont associés aux déchets plastiques marins. La Commission européenne (Commission européenne, 2014) a catalogué certains de ces produits chimiques comme polluants prioritaires parce qu'ils sont persistants, bioaccumulables et toxiques (Rochman, 2015). Il a été démontré que nombre d'entre eux ont des effets nocifs (Verma et autres, 2016 ; Gallo et autres, 2018). Pour donner quelques exemples, le bisphénol A, utilisé dans la production du polycarbonate, peut avoir des effets néfastes sur le système endocrinien ; le styrène et le chlorure de vinyle monomère, utilisé dans la production de polystyrène et de polychlorure de vinyle (PVC), peuvent être cancérigènes et mutagènes, et sont répertoriés comme substances toxiques par la plupart des agences américaines de santé et d'environnement (EPA, ATSDR et OSPAR). Le tributylétain provoque des perturbations endocriniennes chez les mollusques ; enfin, le chlorure de cuivre a des effets sur le développement des poissons (Rochman, 2015 ; Azoulay et autres, 2019).

Ces toxines concentrées pourraient ensuite être transférées aux animaux par ingestion et endocytose (Heskett et autres, 2012 ; Chen et autres, 2017). En mangeant les microplastiques contaminés, les organismes absorbent des doses de substances polluantes qui n'étaient pas accessibles auparavant à partir d'autres matrices.

Les contaminants absorbés pénètrent dans les liquides digestifs et peuvent être transférés à d'autres tissus, où ils s'accumulent en concentrations élevées. La contamination du réseau alimentaire ne fait qu'augmenter et répandre la toxicité. (Au et autres, 2017). Cette dernière a été particulièrement documentée chez les baleines (Fossi et autres, 2016 ; Panti et autres, 2019), les requins pèlerins (Fossi et autres, 2014), les oiseaux de mer, les amphipodes et les poissons (Ivar do Sul e Costa, 2014 ; Van Cauwenberghe et Janssen, 2014).

Ce phénomène peut influencer négativement à la fois l'activité alimentaire et la valeur nutritionnelle d'un régime à base de plancton, en particulier chez les espèces qui ne peuvent pas discriminer la source de nourriture (Moore et autres, 2001). Les espèces de plancton constituent en effet la base de tout réseau alimentaire marin, et le transfert des

contaminants est donc particulièrement dangereux, notamment parce que depuis la base de la chaîne alimentaire, le contaminant peut remonter jusqu'à menacer la santé humaine (Fig. 22) (Azoulay et autres, 2019).

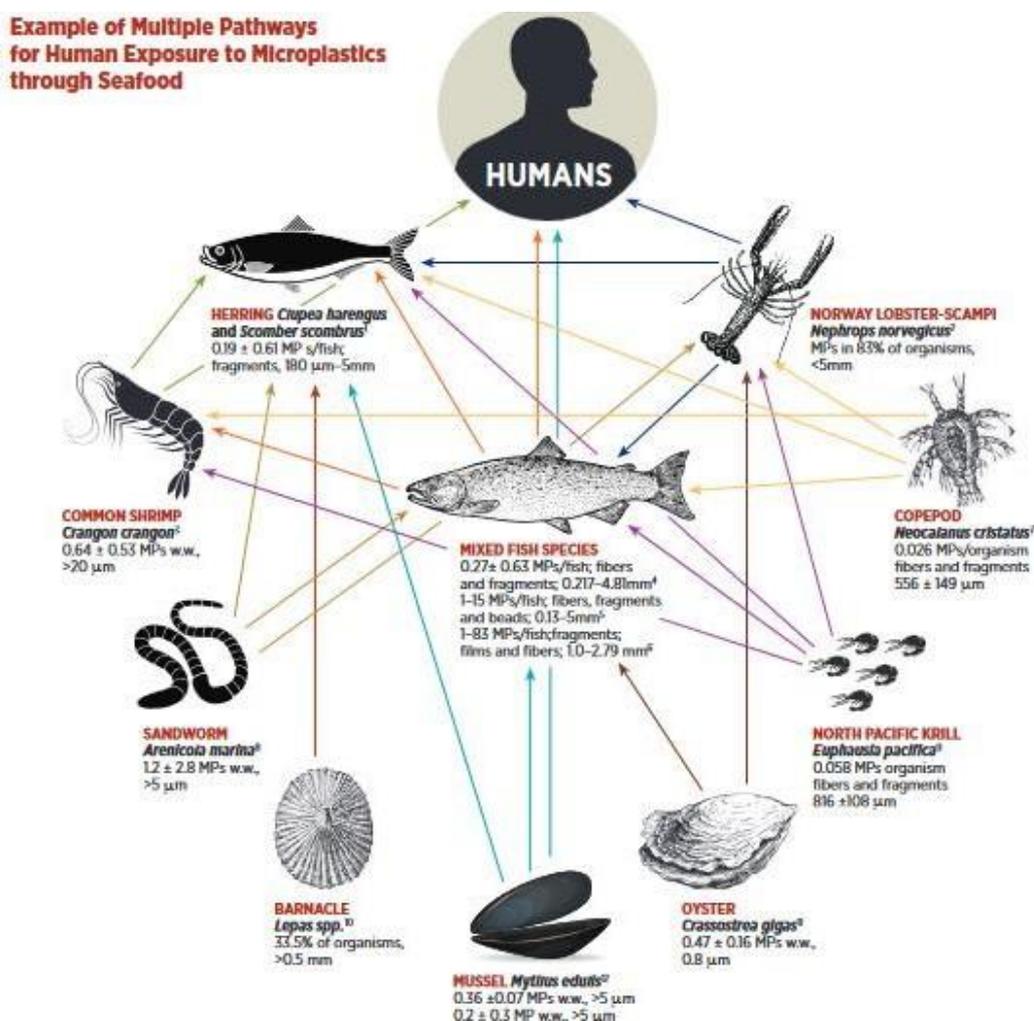


Fig. 22 - Les différentes façons dont les êtres humains peuvent être exposés aux microplastiques. Source : Azoulay et autres, 2019, p. 55.

Les espèces vivant dans les zones industrialisées sont plus exposées à de fortes concentrations et peuvent être plus contaminées. Cependant, la quantité supposée de contaminants varie considérablement entre les fragments d'une même zone, de sorte que la

toxicité des polluants et leur incorporation dans les tissus corporels varient pour chaque espèce biologique (Ivar do Sul et Costa, 2014).

Le *Marine Litter* et le *Beach Litter* causent également des problèmes économiques et sociaux. Les millions de tonnes de plastique qui se retrouvent dans les océans de la planète chaque année causent plus de 13 milliards de dollars de dommages aux écosystèmes marins. Les pertes économiques dans les secteurs de la pêche et du tourisme sont également incluses, ainsi que les coûts de nettoyage des plages (Arcadis, 2014 ; Millet et autres, 2019). Le tourisme, en particulier, est un secteur qui souffre énormément de la présence de déchets sur les plages, en raison de la perte de touristes, ce qui entraîne une perte de revenus pour les activités de loisirs et, de fait, pour le tourisme balnéaire (Brouwer et autres, 2017 ; Krelling et autres, 2017 ; Asensio-Montesinos et autres, 2019).

4. MARINE LITTER EN EUROPE, EN MÉDITERRANÉE ET EN ITALIE

Au cours de la période 2004-2016, le total des déchets produits dans l'UE-28 par l'ensemble des activités économiques et des ménages s'élevait à 2 533 millions de tonnes (Eurostat, 2019¹⁵). Dans l'UE-28 en 2016, un peu plus de la moitié (53,3 %) des déchets ont été traités dans le cadre d'opérations de valorisation : recyclage (37,8 % du total des déchets traités), enfouissement (9,9 %) ou récupération d'énergie (5,6 %). Les 46,7 % restants ont été incinérés sans récupération d'énergie (1,0 %) ou éliminés d'une autre manière (45,7 %). Des différences significatives peuvent être observées entre les États membres de l'UE en ce qui concerne l'utilisation et le choix des méthodes de traitement. Par exemple, certains États membres ont des niveaux de recyclage très élevés (Italie et Belgique), tandis que d'autres ont favorisé l'utilisation des décharges

(Grèce, Bulgarie, Roumanie, Finlande et Suède) (Eurostat, 2019).

En ce qui concerne le plastique, comme nous l'avons vu, l'Europe est le premier producteur mondial après la Chine. Cela signifie donc que l'Europe produit une grande quantité de déchets plastiques.

Sur plus de 60 millions de tonnes de plastique produites par an, 27

millions de tonnes de déchets plastiques sont produits, dont seulement un tiers est recyclé (Fig. 23)

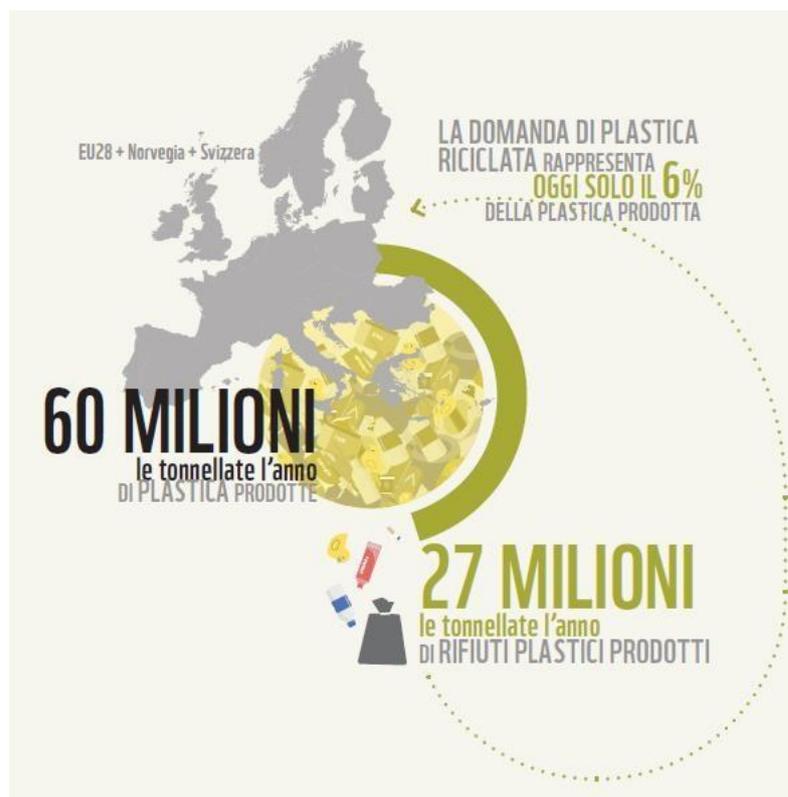


Fig. 23 - Le plastique en Europe : demande, production et déchets. Source : Alessi e Di Carlo, Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution, Report del WWF Mediterranean Marine Initiative, Roma, 2018, p. 4.

¹⁵ <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1183.pdf>, consulté le 30/06/2019.

(PlasticsEurope, 2018).

En effet, sur le marché européen, la demande de plastique recyclé est de 6 % (European Commission (b), 2018).

Chaque année, entre 150 000 et 500 000 tonnes de déchets plastiques se retrouvent dans les mers européennes. Bien qu'il ne représente qu'un faible pourcentage des déchets marins dans le monde, le plastique rejeté dans les mers européennes atteint des zones plutôt vulnérables et sensibles sur le plan environnemental, comme l'océan Arctique et la Méditerranée (European Commission, 2018).

La Méditerranée représente un système particulier car c'est un bassin presque fermé, mais qui communique avec l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar. En outre, certains des fleuves les plus peuplés, comme le Nil et le Pô, s'y jettent. Enfin, ses côtes sont densément peuplées ; on estime qu'environ 7 % de la population mondiale y vit (Cózar et autres, 2015). Dans les pays bordant la Méditerranée, de grandes quantités de déchets urbains solides sont produites par habitant, entre 208 et 760 kg par an. En outre, les plus de 200 millions de touristes qui visitent ses côtes et sa mer chaque année génèrent une augmentation de 40 % de la pollution plastique estivale (UNEP, 2016).

L'accumulation de débris flottants dans la mer Méditerranée peut être facilitée par les caractéristiques de flux et de reflux de l'eau avec l'océan Atlantique. Le bassin importe des eaux de surface de l'Atlantique et le retour vers l'océan Atlantique ne se fait pas en surface mais en profondeur. Par conséquent, une fois qu'ils pénètrent dans le milieu marin, les déchets flottants sont presque inévitablement voués à s'accumuler, où ils peuvent être stockés dans des gyres isolés et des zones de convergence avant de couler ou d'être divisés en particules de plus en plus petites (Eriksen et autres, 2014 ; Galgani et autres, 2014).

Parmi les déchets dispersés dans la mer Méditerranée, 95% sont des plastiques. Parmi ceux-ci, entre 150 000 et 500 000 tonnes sont des macroplastiques, tandis qu'entre 70 000 et 130 000 tonnes sont des microplastiques (European Commission, 2018). Ces chiffres font de la Méditerranée l'une des zones de plus grande accumulation de débris au monde, à l'instar des cinq grands îlots de déchets au niveau des gyres océaniques. Pour donner un exemple, la Méditerranée abrite environ 7 % des microplastiques mondiaux, bien qu'elle

ne représente que 1 % des eaux de la planète (Cózar et autres, 2015 ; Suaria et autres, 2016).



Fig. 24 - Source : Alessi e Di Carlo, *Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution*, Rapport du WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, 2018, p. 11.

Les zones les plus contaminées sont situées dans la partie la plus orientale de la Méditerranée (mer Égée), dans la mer qui borde la Catalogne et dans la région du delta du Pô. Tout comme cela se passe à l'échelle mondiale, la pollution plastique de la Méditerranée est principalement causée par des sources terrestres (Liubartseva et autres, 2018).

Les plages qui font face à la Méditerranée montrent également des signes de pollution par des débris de plastique ; ces derniers sont très présents dans notre mer. Des quantités importantes de *beach litter* ont été collectées, par exemple, sur les plages : de Corfou en Grèce (Prevenios et autres, 2018), du Latium (Poeta et autres, 2016), de la côte arabo-israélienne (Portman et Brennan, 2017), du nord-ouest de l'Adriatique (Munari et autres, 2016), etc.

Les mers italiennes présentent également des quantités assez importantes de plastique, comme le montre la figure 25.

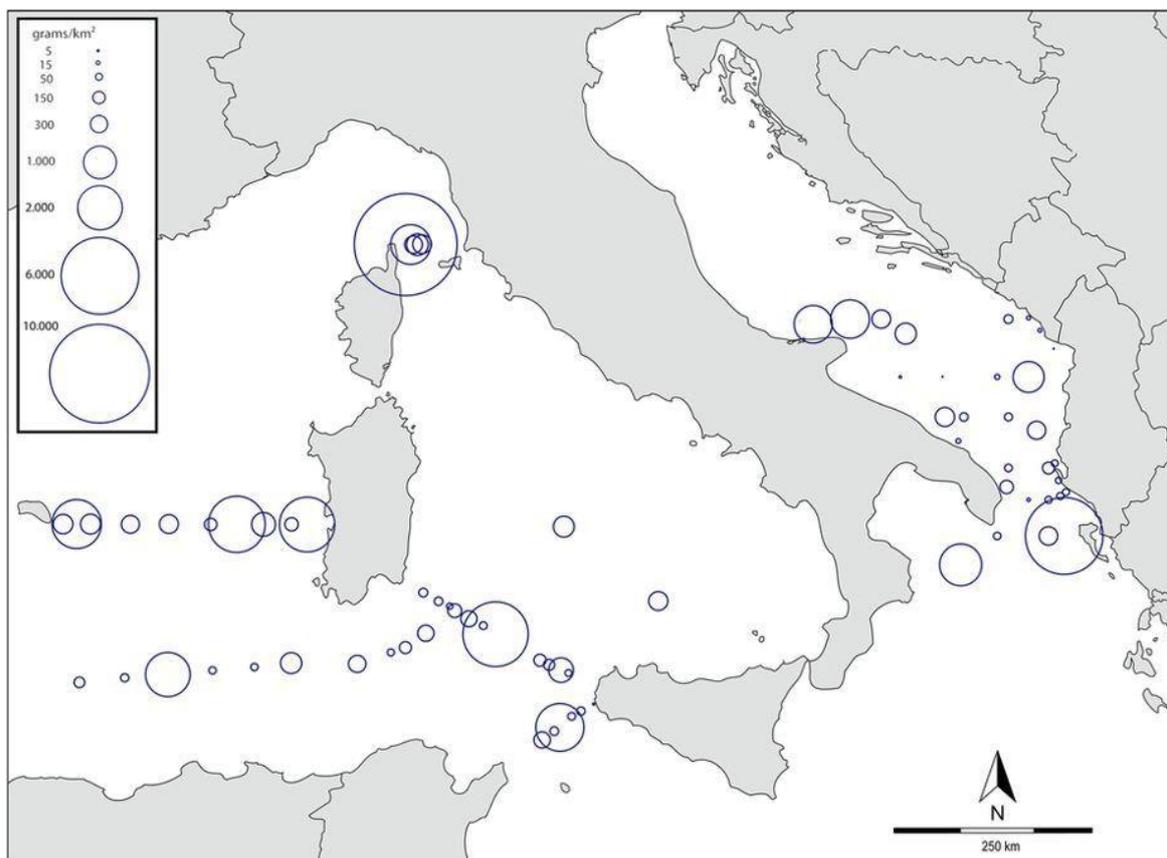


Fig. 25 - Carte de la Méditerranée centrale et occidentale montrant la localisation et la distribution de densités de plastique exprimées en grammes de plastique par km². La taille des cercles est proportionnelle aux valeurs de concentration mesurées sur une échelle logarithmique. Les particules <700 µm et les fibres synthétiques n'ont pas été incluses dans les calculs de densité. Source : Suaria et autres, *The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters*, in Scientific Reports, 2016, p.4.

Les données publiées dans le rapport « *Mare Mostrum* » de Greenpeace (2017), réalisé avec le soutien scientifique de l'Université polytechnique des Marches, de Greenpeace et de l'Institut des sciences de la mer du Conseil national de la recherche (CNR) de Gênes, indiquent qu'entre 25 et 30 % des poissons et des invertébrés analysés dans la mer Tyrrhénienne contiennent des microparticules de plastique.

Une recherche menée sur 7 lieux et 31 sites dans la mer Ionienne et Adriatique rapporte que la valeur moyenne des déchets trouvés sur la plage est de 0,67 éléments/m² (Vlachogianni et autres, 2018).

Un autre rapport du WWF (Alessi, 2019), qui se concentre sur la dispersion des plastiques sur les côtes et dans les mers d'Italie, certifie que 78 % d'entre eux (41 400 tonnes) proviennent des activités côtières en raison d'une gestion inefficace des déchets, d'un flux touristique intense et d'activités récréatives. Les villes côtières qui produisent le plus de déchets sont Catane, Venise, Bari, Rome, Palerme et Naples. 18 % (9 500 tonnes) proviennent de la pêche, de l'aquaculture et de la navigation, qui dispersent des casiers à crustacés, des filets à mollusques et des boîtes pour le transport du poisson. 4% sont transportés par les rivières italiennes. Le Pô est responsable de 3% (1 350 tonnes) du plastique qui se retrouve dans la mer chaque année et représente la dixième source de pollution plastique en Méditerranée. Le Tibre, qui traverse la ville de Rome, déverse 1% du plastique (600 tonnes par an) dans la mer. En termes de *Beach Litter*, 12 600 tonnes de plastique dispersé d'Italie en Méditerranée retournent sur nos côtes en un an, tandis que 2 % supplémentaires proviennent d'activités côtières d'autres pays.

L'étude la plus complète réalisée sur les plages italiennes est celle de Legambiente (2019), qui traite principalement des macroplastiques, certifiant que le problème du *Beach Litter* est répandu et important. Sur les 93 plages

surveillées, on a trouvé un total de 968 déchets tous les 100 mètres linéaires de plage, dont 81 % étaient en plastique.

Parmi les matériaux les plus trouvés figurent le verre et la céramique (7%), le métal (4%) et le papier/carton (3%) (Fig. 26).

Les déchets les plus nombreux font partie des 10 types de déchets que la

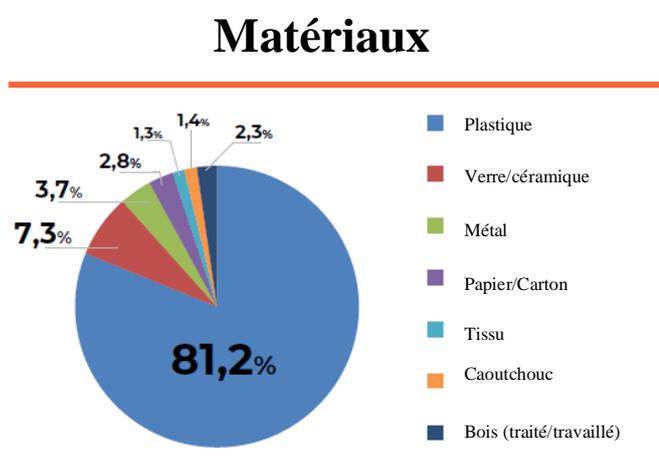


Fig. 26 - Pourcentage des matériaux les plus courants trouvés sur les plages italiennes. Source : Legambiente, *Beach litter: Indagine sui rifiuti nelle spiagge italiane*, 2019, p.18.

proposition de DIRECTIVE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL relative à la réduction de l'incidence sur l'environnement de certains produits en plastique¹⁶ (2018), approuvée le 27 mars 2019, indique comme les principaux polluants des plages européennes, en imposant aux États des mesures de prévention sous forme d'offres et d'objectifs de réduction. Ces déchets, dont la plupart sont en plastique, représentent 66% des déchets trouvés sur les plages surveillées par Legambiente.

Les déchets les plus nombreux sont les morceaux et fragments de plastique ou de polystyrène avec 21,3 %. Les bouchons et couvercles en plastique arrivent en deuxième position, représentant 9,6 % de tous les déchets trouvés. Au total, 9 000 fragments de plastique, environ 8 000 polystyrène et 8 000 bouchons et couvercles en plastique ont été trouvés.

Parmi les déchets les plus trouvés, les quatrième et cinquième places sont occupées respectivement par les mégots de cigarettes (8 %) et les cotons-tiges (7,4 %). Ils sont suivis par les matériaux de construction (7,4%) (Fig. 27). Cette classification générale ne tient cependant pas compte des différences géographiques constatées. Il est en effet intéressant de noter que la composition du beach litter change en fonction de la mer à laquelle la plage fait face.

1. Sur les plages de la mer Tyrrhénienne, plus de la moitié des déchets trouvés (53 %) sont représentés par des mégots de cigarettes, des fragments de plastique et de polystyrène, des bouchons et des cotons-tiges ;
2. Dans l'Adriatique, si les fragments de plastique et de polystyrène sont les déchets les plus nombreux, parmi les cinq premiers figurent les filets pour la mytiliculture ;
3. Dans la mer Ionienne, la classification des déchets est guidée par les bouchons et couvercles de boissons en plastique qui représentent un objet sur dix de ceux enregistrés ;
4. Enfin, dans les grandes îles de Sicile et de Sardaigne, la première place est occupée par les cotons-tiges.

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52018PC0340>, consulté le 30/06/2019.

	%	Total déchets	Type de déchet	Nb de déchets sur 100 mètres
1	11,3%	10162	Morceaux de plastique (de 2,5 cm à 50 cm)	109
2	10,0%	8964	Morceaux de polystyrène (de 2,5 cm à 50 cm)	96
3	9,6%	8607	Bouchons, couvercles et anneaux	93
4	8,0%	7186	Mégots de cigarette	77
5	7,4%	6672	Cotons-tiges / bâtonnets	72
6	4,7%	4227	Matériaux de construction	45
7	4,6%	4187	Bouteilles et récipients en plastique pour boissons	45
8	3,5%	3179	Couverts et assiettes en plastique, couverts et pailles	34
9	3,4%	3027	Filets ou filets de mytiliculture ou ostréiculture	33
10	3,1%	2774	Fragments de verre ou de céramique	30

Fig. 27 - Classification des déchets les plus trouvés sur les plages italiennes. Source : Legambiente, *Beach litter: Indagine sui rifiuti nelle spiagge italiane*, 2019, p.15.

La principale source de déchets est la mauvaise gestion des déchets urbains solides (85 %) ainsi que l'absence de systèmes d'épuration et la mauvaise habitude de jeter les déchets urbains dans les toilettes (8 % des déchets). La pêche et l'aquaculture sont responsables de 7 % des déchets contrôlés.

Estimation des sources : détail

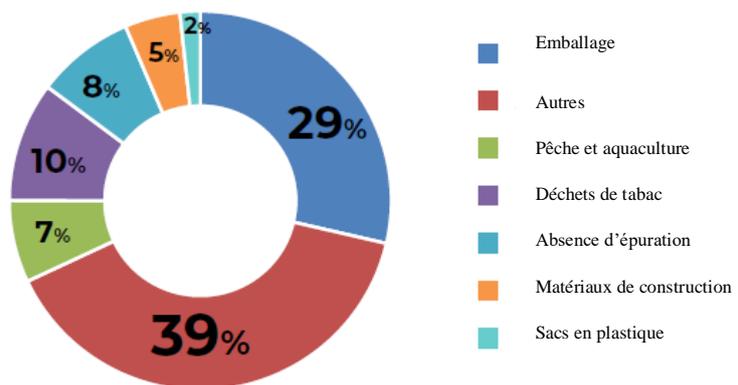


Fig. 28 - Source : Legambiente, *Beach litter: Indagine sui rifiuti nelle spiagge italiane*, 2019, p. 19.

29 % des déchets dus à une mauvaise gestion sont des emballages alimentaires et non alimentaires. Viennent ensuite les déchets de tabac (8 %) et les matériaux issus des activités de pêche et d'aquaculture (7 %) (Fig. 28).

En ce qui concerne la Sardaigne, il n'y a pas beaucoup de données concernant le *Marine Litter* et le *Beach Litter*, bien que ces dernières années, des suivis aient commencé à être effectués sur certaines plages.

Par exemple, dans le golfe d'Oristano (centre-ouest de la Sardaigne), on a trouvé des concentrations de déchets de 0,15 élément/m² en moyenne (Collignon et autres, 2014 ; de Lucia et autres, 2014).

L'étude de Camedda et autres (2017), qui a surveillé le *Beach Litter* de 7 plages (Alghero, Is Arenas, San Giovanni, Porto Pino, Poetto, Costa Rei et La Cinta) pendant une période de 4 ans (de 2013 à 2016), est également importante. L'analyse de la variabilité a été effectuée pour détecter toute différence d'abondance et de type de déchets marins en fonction du temps, de l'exposition et du lieu. Il a été constaté que sur la plupart des plages touristiques, le dépôt direct de déchets est plus élevé. Au total, 39 972 déchets ont été enregistrés et classés pendant toute la durée de l'activité de suivi. Le plastique était le type de déchets le plus abondant (34 551 unités, soit 86,43 %), suivi par le métal avec 3 330 unités (8,33 %), le verre-céramique avec 755 unités (1,89 %), le tissu avec 452 unités (1,13 %), le bois transformé avec 441 unités (1,10 %), le papier avec 204 unités (0,51 %), le caoutchouc avec 201 unités (0,50 %) et autres matériaux avec 38 unités (0,10 %). Sur les 165 catégories rapportées sur le protocole MSFD (OSPAR, 2010 ; Galgani et autres, 2013), 146 catégories ont été enregistrées ici. Les classes de taille de litter les plus représentatives sont les « macro » (17 792 articles ; 44,51 %), suivies des « méso » (12 414 articles ; 31,06 %) et des « mega » (9 766 articles ; 24,43 %). Quinze catégories de déchets ont été identifiées comme les plus abondantes sur les plages sardes, soit 400 articles : petits fragments de plastique, éponge mousse, autres fragments de plastique, bouchons de bouteilles de boisson, filtres à cigarettes, fil, cotons-tiges, articles en polystyrène, autres articles en plastique/polystyrène, couvercles en plastique, bâtonnets, gobelets et couvercles, cordes et cordages d'un diamètre <1 cm, cordes d'un diamètre > 1 cm, sacs en plastique. Selon les enquêtes menées sur les plages sardes, les déchets étaient omniprésents sur tous les sites.

Bien que la Sardaigne ait une très faible densité de population (68,6 habitants par km²) et qu'elle ne possède qu'une seule zone côtière densément peuplée (l'agglomération de Cagliari), elle présente une forte concentration de déchets marins. L'analyse a montré des valeurs significatives dans l'abondance des déchets sur les plages exposées au mistral. Is Arenas, San Giovanni et Alghero ont montré des valeurs élevées d'abondance de déchets,

même si la fréquentation touristique dans ces sites est plus faible que sur les autres plages (La Cinta, Costa Rei, Poetto, Porto Pino). L'analyse des échantillons a également permis de déterminer qu'une partie du *litter* avait été abandonnée directement par les usagers de la plage. En outre, la forte densité de filtres à cigarettes enregistrée sur les plages touristiques indique encore un manque de sensibilisation à l'environnement. Il est remarquable que la présence de déchets provenant des activités de l'industrie de la pêche ait été signalée sur tous les sites (même loin des ports de plaisance).

En conclusion, l'étude souligne la pollution prolongée des plages autour de la Sardaigne, qui affecte négativement l'île en tant que destination touristique.

Dans la perspective de ce travail, il est utile de signaler que, notamment pour les analyses effectuées sur les plages de Sardaigne, l'accent est mis principalement sur les macroplastiques, alors que très peu de travaux sont encore réalisés sur les microplastiques.

5. LOIS, MESURES ET INITIATIVES

Afin de réduire l'impact négatif des déchets dans le milieu marin, des conventions, accords, règlements, stratégies, actions, plans, programmes et lignes directrices ont été élaborés aux niveaux international, régional et national. Bien qu'il soit impossible de rendre compte de toutes les initiatives au niveau mondial, régional et local, nous tenterons ici de donner un aperçu qui puisse donner une idée de la manière dont les diverses organisations et institutions politiques et civiles ont agi (et agissent) pour résoudre le problème du *Marine Litter*.

5.1 - Conventions, stratégies et accords internationaux

L'un des premiers accords internationaux est la « Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires » de 1973 (MARPOL 73/78¹⁷). Revue en 2011 et entrée en vigueur en 2013, il s'agit de l'un des principaux instruments internationaux de prévention de la pollution marine par les navires. Elle impose une interdiction générale du rejet de déchets des navires en mer, sauf dans certaines circonstances clairement définies. Ces circonstances sont liées aux types de déchets qui peuvent être éliminés, à la spécification des distances par rapport à la côte, au déversement de déchets dans ou en dehors de zones spéciales, à la manière dont les déchets peuvent être éliminés et aux exigences relatives aux itinéraires pour le déversement autorisé (IMO(a), 2019).

Un autre instrument important est le Protocole de Londres¹⁸. Adopté en 1996 et entré en vigueur en 2006, le Protocole remplace la Convention de Londres de 1972. Alors que la Convention de Londres se limitait à la gestion des rejets de déchets des navires, le Protocole vise à y mettre un terme. En effet, il restreint la liste des matériaux qui peuvent être éliminés en mer. En outre, le rejet de ces matériaux (par exemple, les boues d'épuration, les déchets de poisson, les matériaux géologiques, etc.) nécessite une autorisation, dont la délivrance est toutefois réglementée. Ensuite, le protocole interdit

¹⁷ [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx), Consulté le 07/07/2019.

¹⁸ <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/PROTOCOLAmended2006.pdf>, consulté le 07/07/2019.

l'incinération des déchets en mer et l'exportation de déchets vers d'autres pays en vue de leur élimination ou de leur incinération. Le protocole comprend actuellement 51 pays (IMO(b), 2019¹⁹).

Ces initiatives importantes ont été introduites pour gérer l'élimination des déchets des bateaux ou des plates-formes maritimes. Aujourd'hui, nous savons cependant que la plupart des déchets marins proviennent de sources terrestres. La prise de conscience de ce phénomène, ainsi que l'attention accrue du public, ont conduit les nations et les organismes transnationaux, depuis les années 2000, à revoir leurs politiques et à préparer des initiatives législatives pour réduire concrètement la présence de *Marine Litter* dans l'environnement marin (Xanthos et Walker, 2017).

Toujours au niveau international, en 2003, l'UNEP *Regional Sea Programme* et le *Global Programme of Action* (GPA) ont lancé le développement du *Global Initiative on Marine Litter* (Initiative globale sur le Marine Litter). Cette initiative a permis d'organiser et de mettre en œuvre des activités sur les déchets marins dans le monde entier. Des activités axées sur la gestion des déchets marins ont été organisées, dans le cadre d'accords individuels, dans la mer Baltique, la mer Noire, la mer Caspienne, les mers d'Asie de l'Est, d'Afrique de l'Est, la Méditerranée, le Pacifique nord-occidental, l'Atlantique nord-oriental, la mer Rouge, le golfe d'Aden, les mers d'Asie du Sud, le Pacifique sud-oriental et les mers des Caraïbes (Chen, 2015).

En Europe, la DIRECTIVE 2008/56/CE²⁰ de 2008, mieux connue sous le nom de *Marine Strategy*, établit un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique environnementale marine, avec pour objectif de parvenir à un « bon état écologie » (*Good Environment Status*, GES). Les dommages causés par la pollution marine peuvent être de trois types : sociaux (réduction de la valeur esthétique et de la sécurité publique), économiques (par exemple, coût pour le tourisme, dommages aux navires, engins et équipements de pêche, pertes dues aux opérations de pêche, coûts de nettoyage) et écologiques (mortalité ou effets létaux sur les plantes et les animaux par *entanglement*, dommages physiques et ingestion, y compris l'absorption de microparticules, principalement des microplastiques, libération de produits chimiques associés, invasion d'espèces exotiques). Le « bon état écologique » définit les dommages acceptables dans ces

¹⁹ <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Pages/default.aspx>, consulté le 07/07/2019.

²⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0056&from=IT#d1e1011-19-1>, consulté le 30/06/2019.

catégories, en évaluant la quantité de déchets et leurs impacts dans différents secteurs du milieu marin (fond, surface de la mer, colonne d'eau, côte), les effets écologiques des déchets (par exemple, les matières plastiques ingérées par les organismes marins, taux d'*entanglement*) et les problèmes liés à la dégradation des déchets (microparticules), ainsi que les aspects sociaux et économiques (Galgani et autres, 2010).

La Directive établit 11 descripteurs²¹ pour mesurer et évaluer le « bon état écologique ». Parmi eux, le numéro 10, concernant les déchets marins, indique que pour qu'il y ait un « bon état écologique » : « Les propriétés et les quantités de déchets marins ne causent pas de dommages à l'environnement côtier et marin ».

Pour chaque descripteur, la Commission européenne a fourni les critères et les normes méthodologiques permettant d'attribuer une valeur quantitative à chaque descripteur. C'est essentiel car cela permet aux États membres d'élaborer plus facilement une stratégie de réduction de la pollution des mers, tout en soutenant la diversité locale.

Une autre initiative internationale importante est la *Honolulu Strategy* de 2015. Elle découle de la Cinquième Conférence internationale sur le *Marine Debris* qui s'est tenue à Hawaï en 2011, organisée par l'UNEP et le *National Oceanic and Atmospheric*. La conférence a contribué à l'élaboration et au développement ultérieur d'une stratégie globale

²¹ Les Descripteurs sont : « 1) La diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes ; 2) Les espèces non indigènes introduites par le biais des activités humaines sont à des niveaux qui ne perturbent pas les écosystèmes ; 3) Les populations de tous les poissons et crustacés exploités à des fins commerciales se situent dans les limites de sécurité biologique, en présentant une répartition de la population par âge et par taille qui témoigne de la bonne santé du stock ; 4) Tous les éléments constituant le réseau trophique marin, dans la mesure où ils sont connus, sont présents en abondance et diversité normales et à des niveaux pouvant garantir l'abondance des espèces à long terme et le maintien total de leurs capacités reproductives ; 5) L'eutrophisation d'origine humaine, en particulier pour ce qui est de ses effets néfastes, tels que l'appauvrissement de la biodiversité, la dégradation des écosystèmes, la prolifération d'algues toxiques et la désoxygénation des eaux de fond, est réduite au minimum ; 6) Le niveau d'intégrité des fonds marins garantit que la structure et les fonctions des écosystèmes sont préservées et que les écosystèmes benthiques, en particulier, ne sont pas perturbés ; 7) Une modification permanente des conditions hydrographiques ne nuit pas aux écosystèmes marins ; 8) Le niveau de concentration des contaminants ne provoque pas d'effets dus à la pollution ; 9) Les quantités de contaminants présents dans les poissons et autres fruits de mer destinés à la consommation humaine ne dépassent pas les seuils fixés par la législation communautaire ou autres normes applicables ; 10) Les propriétés et les quantités de déchets marins ne provoquent pas de dommages au milieu côtier et marin ; 11) L'introduction d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines, s'effectue à des niveaux qui ne nuisent pas au milieu marin » (DIRECTIVE 2008/56/CE, Annexe 1, 2008)

de prévention et de gestion des déchets marins. La *Honolulu Strategy*²² vise à créer un cadre de collaboration mondiale pour réduire les impacts écologiques, économiques et sanitaires des débris marins dans le monde (UNEP et National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015).

La Stratégie est organisée en fonction de trois objectifs principaux (UNEP et National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015, p. 3) :

- Objectif A : réduction de la quantité et de l'impact des déchets et déchets solides terrestres introduits dans le milieu marin ;
- Objectif B : réduction de la quantité et de l'impact des sources marines de débris marins, notamment les déchets solides, les marchandises perdues, l'ALDFG et les navires abandonnés introduits en mer ;
- Objectif C : réduction de la quantité et de l'impact des débris marins accumulés sur les côtes, les habitats benthiques et les eaux pélagiques.

La Stratégie d'Honolulu a été adaptée dans de nombreuses régions du monde pour répondre aux besoins spécifiques de différentes zones géographiques, comme le Canada, les États-Unis et l'Europe (Pettipas et autres, 2016 ; Xanthos et Walker, 2017). Deux points présentent un intérêt particulier, concernant respectivement le marché et les politiques. En particulier :

1. Elle se concentre sur des instruments reposant sur la production et sur le marché (par exemple, les sacs en plastique et les emballages) pour minimiser les gaspillages ;
2. Elle se concentre sur les politiques, les règlements et la législation visant à réduire les débris marins (par exemple en imposant des interdictions sur les microsphères et/ou la production de sacs en plastique).

5.2 - Accords, conventions et initiatives au niveau européen et en Méditerranée

En plus de la *Marine Strategy*, il existe en Europe plusieurs accords et conventions pour la surveillance et le contrôle du *Marine Litter*.

²² <https://www.unenvironment.org/resources/report/honolulu-strategy-1>, consulté le 04/07/2019.

La Convention d'Helsinki de 1992 est un instrument régional visant à protéger l'environnement marin de toute la zone de la mer Baltique, y compris les eaux intérieures ainsi que l'eau de mer et les fonds marins. Cette convention a conduit, en 2009, à la création de l'*European Union Strategy for the Baltic Sea Region* (EUSBSR²³), qui comprend une série de mesures et de réglementations visant à garantir le respect des règles mondiales et régionales en matière de rejets et à éliminer les rejets illégaux de tous les déchets dans la mer Baltique.

L'OSPAR²⁴, mécanisme par lequel 15 gouvernements et l'UE coopèrent pour protéger le milieu marin de l'Atlantique nord-oriental, est également très important. L'OSPAR a débuté en 1972 avec la Convention d'Oslo contre le *dumping* et a été étendue aux sources de pollution marine et terrestre par la Convention de Paris de 1974. Ces deux conventions ont été unifiées, mises à jour et étendues par la Convention OSPAR de 1992. La nouvelle annexe sur la biodiversité et les écosystèmes a été adoptée en 1998 pour couvrir les activités humaines non polluantes qui peuvent avoir des effets néfastes sur la mer. Les États qui adhèrent actuellement à la Convention sont les suivants : Belgique, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Islande, Irlande, Luxembourg, Pays-Bas, Norvège, Portugal, Espagne, Suède, Suisse et Royaume-Uni.

En ce qui concerne la Méditerranée, il existe la *Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean*, plus connue sous le nom de Convention de Barcelone²⁵. Il s'agit d'un instrument visant à protéger et à promouvoir le développement durable de l'environnement marin et côtier de la Méditerranée. Signé en 1995 et toujours en vigueur aujourd'hui, il se compose de sept protocoles traitant d'aspects spécifiques pour la conservation et la protection de l'écosystème marin en Méditerranée. En ce qui concerne le *Marine Litter*, le protocole le plus important est le *Land-based Sources and Activities Protocol (LBS Protocol)*, dans lequel les parties contractantes s'engagent à éliminer les sources de pollution provenant d'activités terrestres et à éliminer les substances nocives et bioaccumulables, y compris les déchets. Les 22 pays qui font partie de la Convention de Barcelone sont les suivants : Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, Égypte, France, Grèce,

²³ <https://www.balticsea-region-strategy.eu/>, consulté le 07/07/2019.

²⁴ <https://www.ospar.org/>, consulté le 07/07/2019.

²⁵ http://ec.europa.eu/environment/marine/international-cooperation/regional-sea-conventions/barcelona-convention/index_en.htm, consulté le 07/07/2019.

Israël, Italie, Liban, Libye, Malte, Monaco, Monténégro, Maroc, Slovénie, Espagne, Syrie, Tunisie, Turquie et Communauté européenne.

5.3 - Initiatives législatives

Dans le cadre de ces conventions, accords et protocoles internationaux, les initiatives législatives des États et des institutions transnationales visant à traiter le problème du *Marine Litter* sont incluses. Les mesures de lutte contre le *Marine Litter* sont variées à travers le monde, mais la plupart d'entre elles consistent à interdire l'utilisation et la consommation de certains matériaux, en particulier les objets en plastique jetables, ou à introduire des taxes pour décourager leur utilisation (Xanthos et Walker, 2017).

De nombreux pays s'efforcent de réduire ou d'interdire complètement la production et l'utilisation de sacs en plastique et d'objets en polystyrène. L'UE a donné une impulsion décisive à ces mesures avec la directive UE 2015/720²⁶. Les États membres de l'UE sont invités, entre autres options, à réduire la consommation de sacs plastiques légers à un maximum de 90 par personne par an d'ici la fin de 2019, et à un maximum de 40 d'ici la fin de 2025. Il est probable que le nombre de pays qui prendront des mesures contre le plastique jetable et les déchets les plus dangereux augmentera à l'avenir. À cet égard, de nombreux pays en développement ont introduit, ou étudient, des mesures qui vont dans ce sens (Fig. 29, 30) (UNEP, 2018). En outre, la décision UNEP/EA.3/L.20 traite spécifiquement des déchets marins et des microplastiques et encourage les États membres à réduire l'utilisation de plastique inutile et à promouvoir l'utilisation d'alternatives écologiques, en donnant la priorité aux politiques visant à réduire la quantité de plastique pénétrant dans le milieu marin.

- L'Afrique est l'un des continents qui comptent le plus grand nombre de pays ayant introduit des interdictions sur l'utilisation des sacs en plastique. Sur les 25 pays africains qui ont introduit des interdictions, 58 % les ont adoptées entre 2014 et 2017 (UNEP, 2018).

²⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32015L0720>, consulté le 08/07/2019.

- En Asie de l'Est, plusieurs pays ont introduit des taxes et des prélèvements sur la vente et la consommation de plastique jetable, comme le Bangladesh, il y a plus de dix ans. Mais la mise en œuvre effective de ces mesures a été faible ou inefficace, et les sacs en plastique jetables sont largement utilisés et leur élimination plutôt mal gérée. Contrairement au Japon, où il n'y a pas d'interdictions de plastiques jetable, mais grâce à un système de gestion des déchets très efficace et à un degré élevé de sensibilisation sociale, le pays est responsable de pertes relativement limitées de matières plastiques jetables dans l'environnement et les mers (UNEP, 2018).
- En Océanie, la plupart des États australiens a interdit l'utilisation de sacs plastiques légers, et en Papouasie-Nouvelle-Guinée, tous les sacs plastiques non biodégradables sont interdits.
- En Amérique centrale et du Sud, des réglementations sont en place pour limiter la consommation de sacs en plastique au niveau national et infranational, et des pays comme Haïti et le Costa Rica réglementent également l'utilisation de produits en plastique expansé. En particulier, le Costa Rica vise à devenir le premier pays au monde à éliminer les matières plastiques jetables d'ici 2021.
- En Amérique du Nord, les réglementations ont été introduites principalement au niveau des États ou des villes. Les sacs en plastique légers sont interdits, par exemple à Montréal (Canada), en Californie et à Hawaï (USA). Des mesures contre les produits en polystyrène à usage unique ont été prises à New York City 62, qui a rétabli l'interdiction des récipients en polystyrène à usage unique en 2017 après une première tentative en 2015.
- En Europe, suite à la Directive UE 2015/720, les pays ont mis en œuvre différentes mesures pour réduire l'utilisation des sacs plastiques jetables, allant des interdictions, comme en Italie et en France, à des accords avec le secteur privé, comme l'Autriche l'a fait.

Certains pays avaient pris des initiatives dans ce sens avant la directive. Par exemple, en Irlande, des taxes sur les sacs non biodégradables ont été introduites dès 2007.

L'Italie a également été l'un des premiers pays à introduire des règles restrictives sur l'utilisation de plastique non biodégradable. En 2011, l'interdiction des sacs en plastique non biodégradables <100µ a été introduite, avec l'exemption des sacs en

plastique réutilisables et la promotion des sacs réutilisables. L'interdiction n'est devenue pleinement effective qu'en 2014. Cela a permis de réduire la consommation de sacs plastiques de plus de 55 % entre 2011 et 2018, bien que l'Italie figure parmi les premiers consommateurs mondiaux (Surfrider Foundation Europe, 2018).

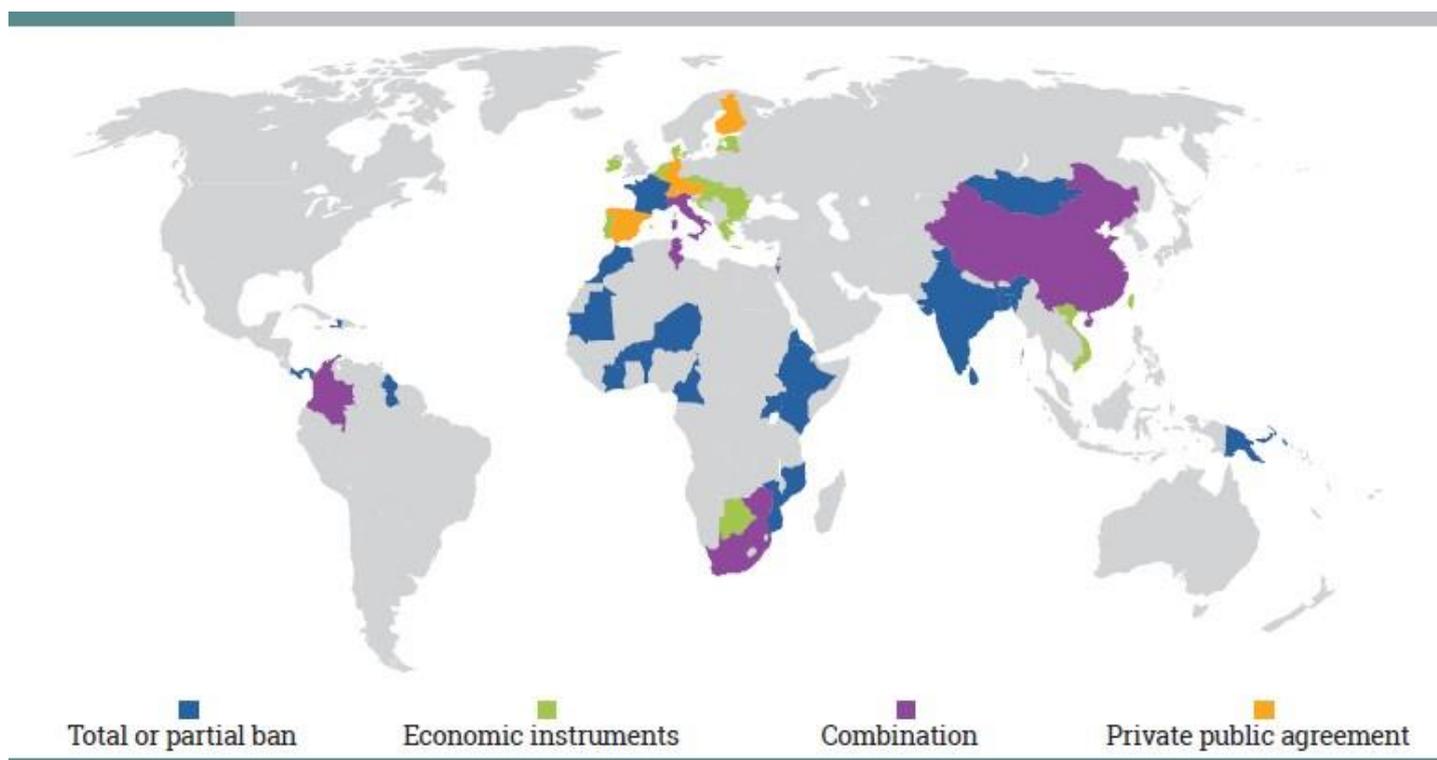
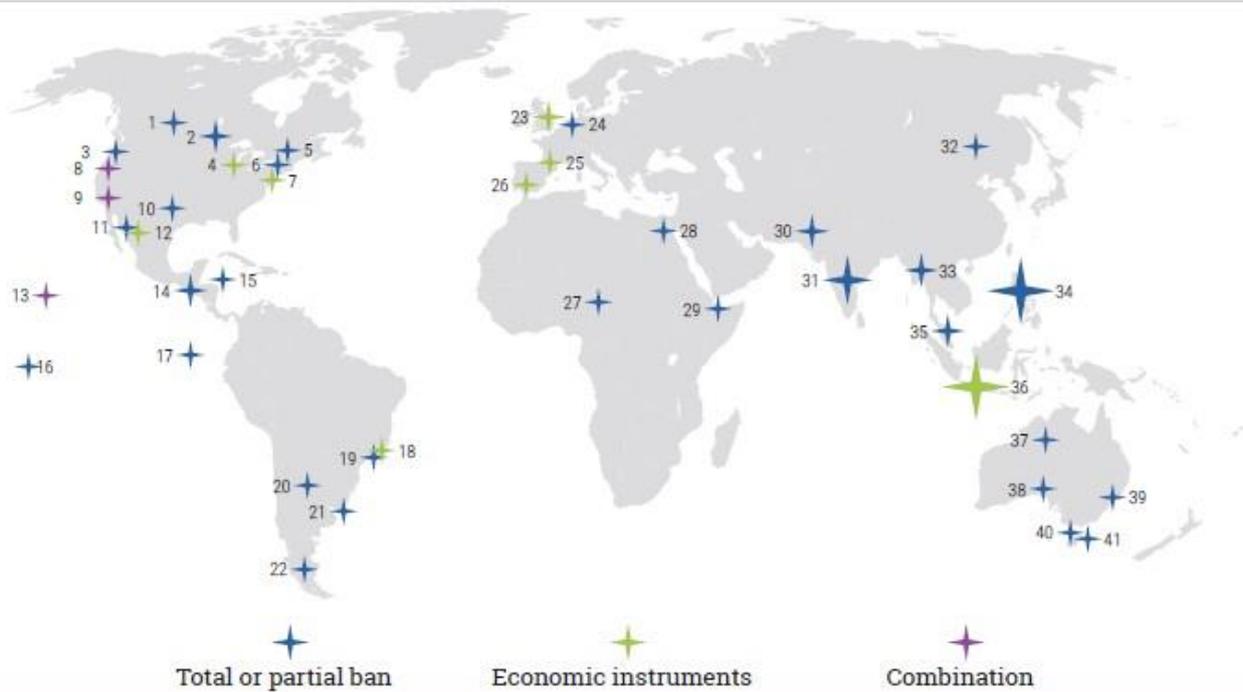


Fig. 29 - Mesures sur la production et la consommation de sacs en plastique et en polystyrène au niveau national. Source : UNEP, 2018, p. 26.



Source: Data independently collected by authors

- | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Wood Buffalo | 13. Hawaii | 23. 4 regions, UK | 34. 27 cities/provinces, Philippines |
| 2. 2 cities, Manitoba | 14. 4 cities, Guatemala | 24. 2 regions, Belgium | 35. Federal Territories, Malaysia |
| 3. Seattle | 15. Bay Islands, Honduras | 25. Catalonia, Spain | 36. >20 cities, Indonesia |
| 4. Chicago | 16. America Samoa | 26. Andalusia, Spain | 37. Northern Territory |
| 5. Montreal | 17. Galapagos Islands, Ecuador | 27. NDjamena, Chad | 38. South Australia |
| 6. New York City | 18. Rio de Janeiro, Brazil | 28. Hurghada, Egypt | 39. Australian Capital Territory |
| 7. Washington, D.C. | 19. Sao Paulo, Brazil | 29. Somaliland, Somalia | 40. Tasmania |
| 8. San Francisco | 20. Cordoba, Argentina | 30. 4 regions, Pakistan | 41. Coles Bay |
| 9. California | 21. Buenos Aires, Argentina | 31. >9 cities/provinces, India | |
| 10. Austin | 22. Pinta Arena, Chile | 32. Jilin Province, China | |
| 11. Querétaro, Mexico | | 33. 3 cities, Myanmar | |
| 12. Mexico City | | | |

Fig. 30 - Mesures sur la production et la consommation de sacs en plastique et en polystyrène au niveau infranational. Source : UNEP, 2018, p. 26.

En ce qui concerne les objets jetables en plastique, les deux principaux mécanismes utilisés par les gouvernements nationaux concernent là encore les interdictions ou les restrictions de production, d'utilisation, de distribution, de vente ou de commerce et comprennent des instruments fondés sur le marché tels que des taxes ou des impôts. Vingt-sept pays ont émis des interdictions de quelque sorte sur la production, la distribution, l'utilisation, la vente et/ou l'importation de matières plastiques à usage unique.

Dans 22 pays, les interdictions visent des produits spécifiques, tels que les assiettes, les tasses et les ustensiles. Dans 16 pays, des matériaux spécifiques (polymères) sont interdits, le plus souvent le polystyrène et le polystyrène expansé. Dans certains cas, des utilisations particulières du plastique sont visées, comme les ustensiles en polystyrène et les boîtes de vente à emporter dans les établissements de restauration. Dans d'autres cas, les pays ont établi des restrictions de production, en limitant la quantité ou l'épaisseur des matières plastiques jetables ou en exigeant un pourcentage de matériau recyclé (Fig. 31) (UNEP, 2019, p. 50).

Vingt-neuf pays ont émis une sorte de taxe sur les matières plastiques jetables, soit sous la forme d'une taxe environnementale spéciale, de taxes ou de charges sur l'élimination des déchets, soit sous la forme de droits d'accise plus élevés pour les matières plastiques jetables. L'Europe compte 17 pays qui taxent le plastique jetable plus que toute autre zone géographique. Cinq pays d'Amérique latine et des Caraïbes, quatre d'Afrique et trois d'Asie et du Pacifique imposent certaines formes de taxation. Deux régions, l'Asie occidentale et l'Amérique du Nord, n'ont pas de réglementation fiscale nationale ou fédérale sur le plastique jetable (UNEP, 2019).

Soixante-trois pays ont étendu la responsabilité du producteur (*Extended Producer Responsibility*, EPR) pour les matières plastiques jetables. Avec 38 pays, l'Europe est le continent où la diffusion de l'EPR est la plus forte. Il s'agit principalement d'une réponse aux directives UE sur les emballages et les déchets d'emballages (directive 94/62/CE et directive (UE) 2015/720), qui imposent aux États membres de mettre en place des systèmes de retour, de collecte, de valorisation et de recyclage des déchets d'emballages. Suivent neuf pays de la région Asie-Pacifique, neuf pays d'Amérique latine et des Caraïbes et sept pays d'Afrique. Aucune EPR fédérale ou nationale n'a été trouvée en Asie occidentale et en Amérique du Nord, bien que certains pays de ces régions, ainsi que d'autres zones géographiques, puissent avoir des réglementations infranationales ou des initiatives volontaires axées sur l'industrie. D'autres pays, tels que l'Afrique du Sud, la Nouvelle-Zélande, la Malaisie et Vanuatu, autorisent l'imposition d'EPR dans la

législation, mais aucune règle spécifique n'a été imposée.

Ainsi, les mandats EPR visent principalement l'utilisation d'emballages plastiques et

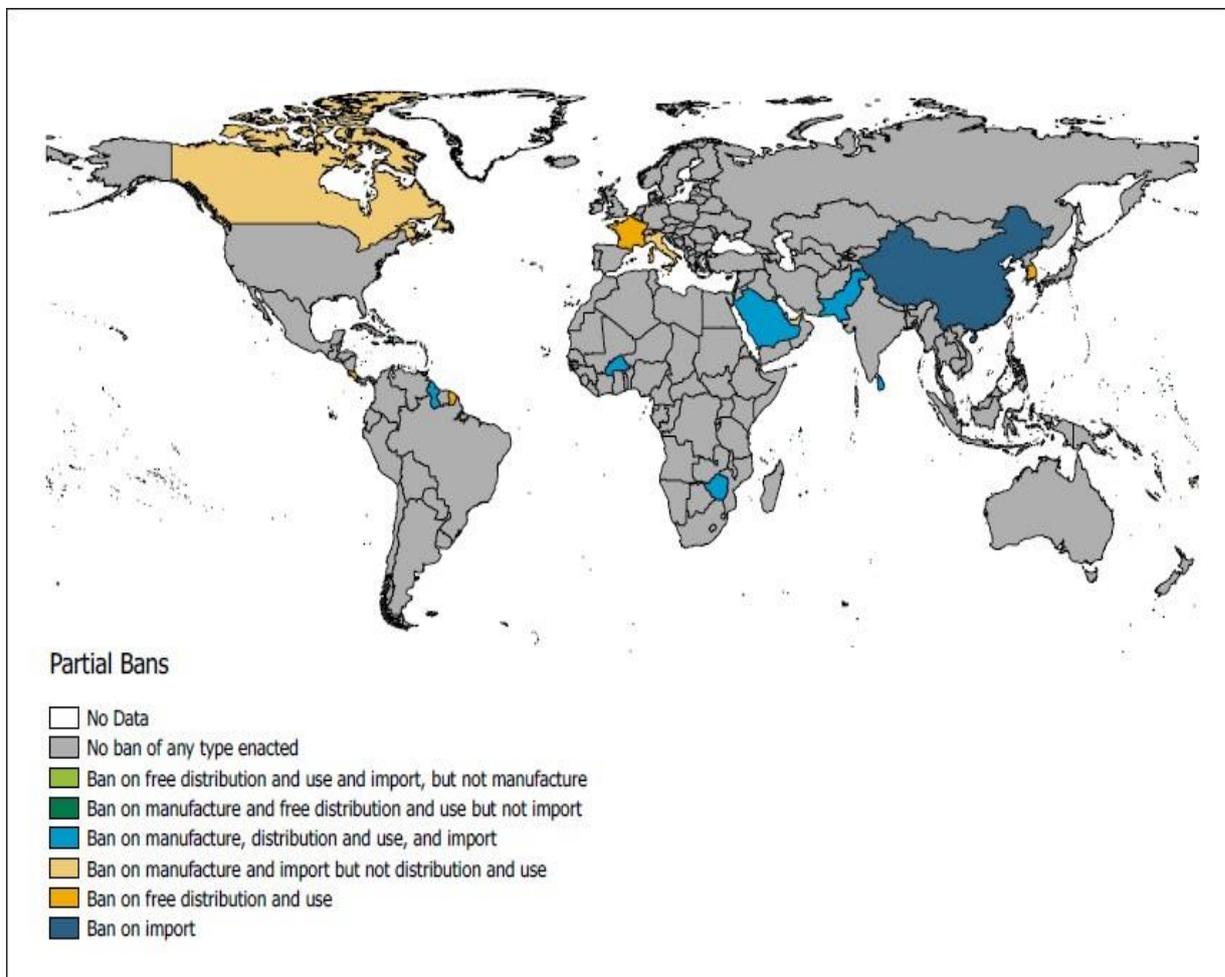


Fig. 31 - Interdictions sur la production, la distribution, l'utilisation et l'importation de plastique jetable par pays. Source : UNEP, 2019, p. 50.

autres articles jetables, et leurs obligations spécifiques varient d'un pays à l'autre.

De nombreux pays étendent les obligations de EPR à la fois aux fabricants et aux revendeurs ou distributeurs, mais certains pays n'imposent la responsabilité qu'au distributeur ou au revendeur.

En ce qui concerne les microplastiques, seuls huit pays ont introduit une forme d'interdiction sur l'utilisation, la production ou la vente de produits en contenant, principalement des produits cosmétiques (UNEP 2019). Ces pays sont les suivants : Canada, France, Italie, République de Corée, Nouvelle-Zélande, Suède, Royaume-Uni et États-Unis d'Amérique (USA) (Fig. 32). Ces mesures diffèrent sur certains aspects selon les pays, par exemple sur la définition des microplastiques, la liste spécifique des produits interdits, le fait que l'interdiction ne concerne que l'utilisation, la vente, la production ou tous ces aspects, ou le moment de l'interdiction.

En Italie, la loi financière 2018 (loi n° 205 du 27, article 1, parties 543 à 548, décembre 2017²⁷), qui définit les microplastiques comme des particules solides de plastique de 5 mm ou moins, interdit leur vente dans les produits cosmétiques de rinçage à action exfoliante ou détergente. Toutefois, la loi ne donne aucun exemple précis des produits interdits. L'interdiction entrera en vigueur en janvier 2020.

51 pays ont des mandats régulateurs explicites concernant le recyclage du plastique, au-delà des objectifs de politique générale sur l'élimination des déchets.

Toutefois, les réglementations varient d'un pays à l'autre. La plupart se limitent à des exigences et/ou objectifs généraux pour le recyclage du plastique, tandis que d'autres pays exigent le recyclage dans le cadre de l'EPR. 26 pays incluent des objectifs de recyclage spécifiques. Neuf pays ont prévu des incitations fiscales pour promouvoir des activités de recyclage. En janvier 2018, l'Europe a adopté une nouvelle « Stratégie sur les matières plastiques dans une économie circulaire » (*European Strategy for Plastics in a Circular Economy*²⁸). L'idée est de moderniser l'industrie du plastique, d'améliorer la conception des matières plastiques et

²⁷ http://www.edizionieuropee.it/LAW/HTML/210/zn27_08_055.html, consulté le 10/07/2019.

²⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52018DC0028>, consulté le 10/7/2019.

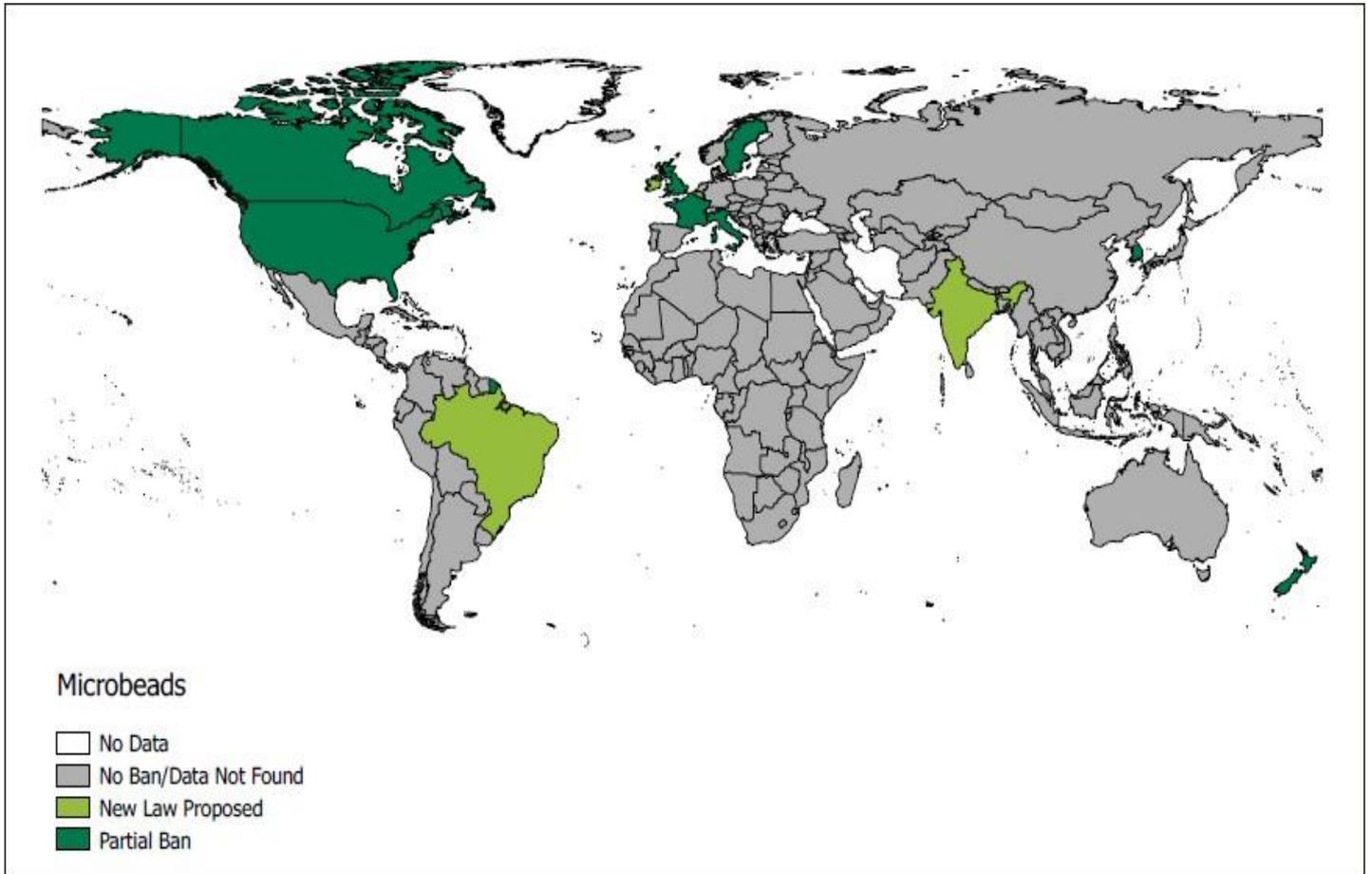


Fig. 32 - Pays qui ont introduit des interdictions sur la production, la vente ou l'utilisation de produits contenant des microplastiques. Source : UNEP, 2019, p.70.

de plastique, d'augmenter la réutilisation et le recyclage des objets en plastique, et d'accroître la demande de plastique recyclé et l'utilisation de matériaux plus durables.

Pour lutter spécifiquement contre le problème du *Marine Litter*, le Parlement européen a voté le 27 mars 2019 en faveur de nouvelles règles visant à endiguer le problème des produits en plastique jetable et des engins de pêche perdus en mer. La Directive (UE) 2019/904²⁹ du 5 juin 2019 sur la « réduction de l'incidence de certains produits en plastique sur l'environnement » porte principalement sur les 10 objets que l'on trouve principalement dans la mer et sur les plages.

Une interdiction totale (à appliquer d'ici 2021) a été approuvée pour les objets en plastique jetable dont il existe déjà une version alternative sur le marché : coton-tige (en Italie, l'interdiction existe déjà depuis janvier 2019), couverts, assiettes, pailles, bâtonnets, agitateurs à boissons et tiges à ballons. Les députés européens ont ajouté les récipients de restauration rapide en polystyrène à la liste des produits à interdire.

D'autres mesures ont également été approuvées, telles que l'extension de la responsabilité de certaines entreprises, notamment les multinationales du tabac, qui devront contribuer à couvrir les coûts de gestion et de nettoyage ainsi que les coûts des mesures de sensibilisation. Ce modèle s'applique également aux fabricants d'équipements de pêche, ce qui évite aux pêcheurs de devoir supporter les coûts de la collecte des filets de pêche perdus en mer.

Parmi les autres propositions approuvées, citons l'objectif d'une collecte de 90 % des bouteilles en plastique d'ici 2029 (par exemple grâce au système des bouteilles consignées) et l'étiquetage obligatoire des produits du tabac avec filtres, des gobelets en plastique, des serviettes hygiéniques et des lingettes humides afin que les utilisateurs sachent comment s'en débarrasser correctement, le tout accompagné d'une activité de sensibilisation.

Enfin, il a été établi qu'une partie du matériau utilisé pour produire les bouteilles en plastique devrait provenir de plastique recyclé dans des pourcentages de 25% d'ici 2025 et de 30% d'ici 2030.

²⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0904>, consulté le 10/07/2019.

6. MÉTHODOLOGIE

L'étude développe deux thèmes distincts : le premier présente les résultats d'une enquête menée sur les plages de l'Asinara dans le but de déterminer une estimation de la présence de déchets marins dans une aire protégée et contrôlée. La seconde analyse la connaissance et la perception des touristes sur l'importance et l'impact des déchets, en particulier des plastiques, présents dans la zone côtière, par la distribution de questionnaires ciblés.

6.1 - Lignes directrices internationales pour la collecte du Beach Litter

La collecte de données sur le *Marine Litter* peut fournir des informations sur la quantité, la composition et les sources de déchets marins. Plusieurs organismes nationaux et internationaux ont élaboré des protocoles d'enquête sur le *Marine Litter*, y compris la surveillance des débris sur les plages, par exemple aux États-Unis, la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2013³⁰), en Afrique, la Western Indian Ocean Marine Science Association (WIOMSA, 2018³¹), et en Europe, la Commission OSPAR (OSPAR, 2010³²). Ces protocoles et d'autres sont conçus pour réduire la variabilité et le biais dans les observations, en établissant des lignes directrices pour définir les protocoles d'échantillonnage, tels que la longueur et la position des transects, et pour spécifier les instructions de catalogage des objets trouvés dans un certain nombre de catégories prédéterminées.

L'Union européenne a également élaboré des lignes directrices qui, conformément à la *Marine Strategy Framework Directive*, permettent l'homologation des protocoles de surveillance des différents pays et agences transnationales, afin de vérifier le respect du descripteur 10 du « bon état écologique » concernant les mers européennes. Ces lignes directrices, élaborées en 2013 par le *Joint Research Centre* de la Commission

³⁰ <https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/Lippiatt%20et%20al%202013.pdf>, consulté le 15/07/2019.

³¹ <https://www.wiomsa.org/wp-content/uploads/2018/09/Guide-on-Marine-Litter-FINAL.pdf>, consulté le 15/07/2019.

³² https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf, consulté le 15/07/2019.

européenne (Galgani et autre, 2013³³), constituent souvent le point de référence pour l'élaboration des différents protocoles de surveillance, et pas seulement au niveau européen. Depuis 2013, suite à un intérêt croissant pour la pollution par les déchets marins, et avec l'augmentation conséquente de la recherche, de l'échantillonnage et de l'analyse au niveau universitaire et institutionnel, il y a eu une tentative de créer des lignes directrices de plus en plus partagées.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a produit deux protocoles de surveillance en 2016, l'un portant sur les engins de pêche abandonnés ou perdus (FAO, 2016a³⁴) et l'autre sur les débris marins ingérés par les poissons et le biote marin (FAO, 2016b³⁵). Les lignes directrices produites par le DeFishGear³⁶, un projet d'étude et de surveillance du *Marine Litter* dans les mers Adriatique et Ionienne, datent également de 2016.

Parmi les protocoles les plus récents, on trouve celui de la Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission (HELCOM, 2018³⁷), principalement axé sur le *Beach Litter*, et celui du International Council for the Exploration of the Sea (ICES, 2018³⁸), sur la collecte de matières plastiques sur les fonds marins.

Enfin, le GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, un organe consultatif des Nations Unies) a proposé en 2019³⁹ une mise à jour des protocoles de l'Union européenne, en prenant comme base les lignes directrices de 2013, et en s'inspirant également d'autres pistes, à commencer par les protocoles de la NOAA et de l'OSPAR. Le résultat est un travail qui compare et propose différentes méthodologies pour mettre en évidence leurs limites et leur potentiel, afin que les États et les organisations puissent décider quelle est la meilleure méthodologie en

³³ <https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201702074014.pdf>, consulté le 15/07/2019.

³⁴ <http://www.fao.org/3/a-i5051e.pdf>, consulté le 16/07/2019.

³⁵ <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>, consulté le 16/07/2019.

³⁶ <http://www.defishgear.net/media-items/publications>, consulté le 16/07/2019.

³⁷ <http://www.helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/manuals-and-guidelines/beach-litter-guidelines>, consulté le 16/07/2019.

³⁸ <http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/HAPISG/2018/01%20WGML%20-%20Report%20of%20the%20Working%20Group%20on%20Marine%20Litter.pdf>, consulté le 16/07/2019.

³⁹ <https://oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/889/rs99e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consulté le 15/07/2019.

fonction des objectifs du travail et du contexte environnemental et temporel de la surveillance.

6.2 - Zone d'étude

L'analyse des déchets marins s'est concentrée sur deux plages de l'île de l'Asinara : Cala dei Ponzesi (ou Cala Sabina) et dans la zone de Punta Salippi la plage de Cala Spalmatore. L'île abrite le Parc National de l'Asinara et l'Aire Marine Protégée du même nom.

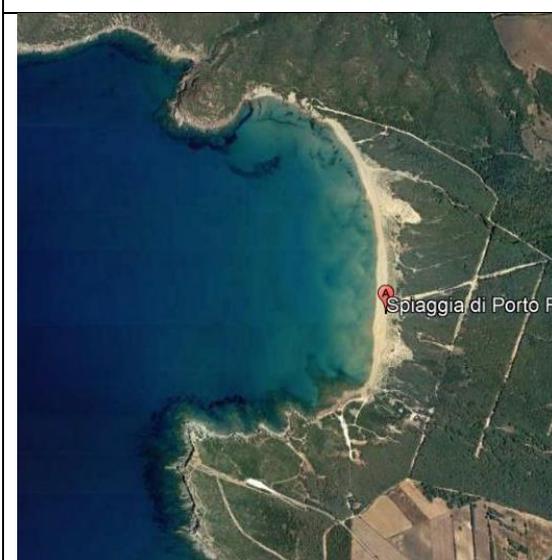
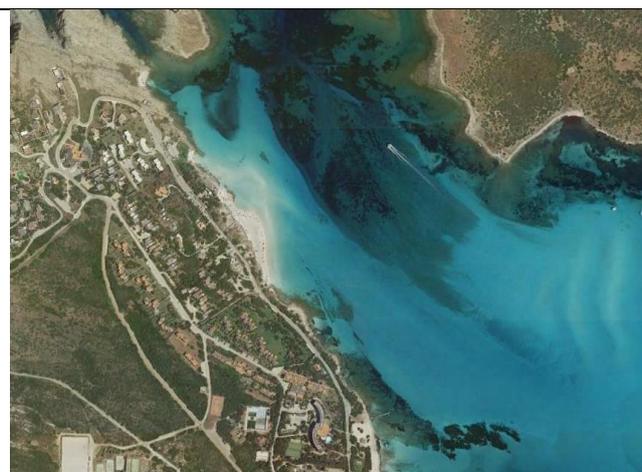
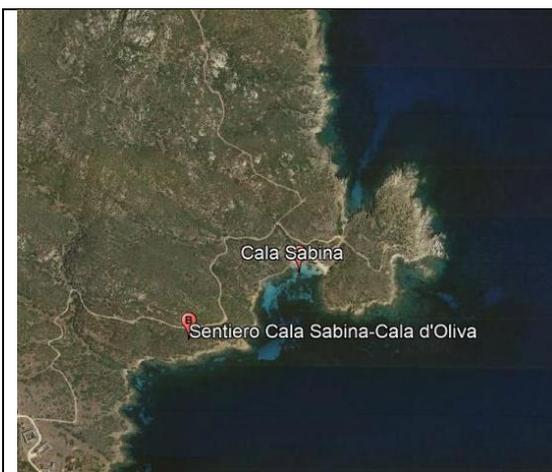
L'Aire Marine Protégée Île de l'Asinara est incluse dans le territoire de Porto Torres, mais touche une vaste zone qui comprend les municipalités donnant sur le golfe du même nom, en particulier les Communes de Stintino, Sassari et Sorso. Elle s'étend sur toute la côte de l'île de l'Asinara, qui abrite le Parc National du même nom. L'AMP couvre près de 80 km de périmètre côtier, a une extension d'environ 108 km² et s'étend jusqu'à 1 à 2 km au large des principaux promontoires de l'île. L'île de l'Asinara est l'une des zones qui composent le réseau Natura 2000, un réseau écologique réparti dans toute l'Union européenne pour assurer le maintien à long terme des habitats naturels et des espèces de la flore et de la faune.

Le promontoire de Punta Sabina est situé dans la partie nord-est de l'Asinara, qui présente une morphologie irrégulière et vallonnée, due à une base structurale paléozoïque, résultant d'une longue période d'urgence et d'exposition aux agents atmosphériques (Ginesu et autres, 1998). L'île est composée de quatre unités physiographiques principales séparées par des isthmes (Ginesu et autres, 1998).

En 2010, le nombre de touristes était estimé à 81 400, puis a été réduit à 74 467 en 2011 et a progressivement augmenté les années suivantes pour atteindre 121 597 visites en 2016 (les données ont été fournies par le Parc National de l'Asinara). La fréquentation touristique maximale a lieu pendant la période estivale (de mai à septembre avec un pic en août). L'offre touristique (Corbau et autres, 2019) est très variée et il existe de nombreux services touristiques tels que les visites guidées, les informations touristiques, les activités sportives ou l'éducation à l'environnement, etc. Les visites à l'intérieur du Parc sont contrôlées par une série de règlements d'utilisation émis par l'autorité du Parc. Le Parc

National de l'Asinara offre également aux visiteurs une expérience historique et culturelle. Chaque bâtiment et chaque ruine sont le témoignage des événements de la préhistoire à nos jours (Carboni D. *et autres*, 2015).

En ce qui concerne les questionnaires, les deux plages de l'île de l'Asinara ont été incluses dans une zone plus large afin de mieux cerner le problème. En effet, les questionnaires ont été distribués non seulement sur l'île de l'Asinara (plage de poche naturelle) mais aussi sur les plages de la Pelosa (plage urbanisée), Porto Ferro (plage de poche naturelle), Porto Torres (plage de poche urbanisée) et Stintino (plage urbaine). La plage de Cala dei Ponzesi (également appelée Cala Sabina), la plage de Porto Torres (Balai) et la plage de Stintino n'ont pas d'établissements balnéaires, tandis que les deux autres sont équipées. De plus, la plage de Porto Ferro a été choisie parce qu'elle surplombe le côté ouest de l'île contrairement aux quatre autres.



1. Île de l'Asinara – Cala dei Ponzesi (également connue sous le nom de Cala Sabina)
2. Stintino – Plage de la Pelosa
3. Sassari – Plage de Porto Ferro
4. Porto Torres – Plage de Balai
5. Stintino – Plage de Stintino paese

6.3 - Méthodologies d'échantillonnage

La surveillance dans la zone d'étude a commencé en 2017 avec un échantillonnage sur le macro (>5 mm), le méso (1- 5 mm) et le micro (<1 mm) litter, et s'est poursuivie en 2019 avec un échantillonnage saisonnier au printemps et en été (mars et juillet). Les échantillonnages ont été effectués au printemps, en mars, et en été, en juillet, afin de surveiller tout changement dans la quantité et la composition du *Marine Litter* dû aux changements climatiques et environnementaux saisonniers, ou aux changements dans le flux de touristes entre la basse et la haute saison. Bien qu'au moins deux échantillonnages supplémentaires soient recommandés en automne et en hiver (comme suggéré par le l'UNEP/MAP, 2016), pour la durée du projet, ce travail est basé sur l'analyse effectuée en 2017 et sur les deux échantillons (mars et juillet) de 2019, le nombre minimum suggéré par les lignes directrices de DeFishGear.

L'échantillonnage a été effectué conformément aux lignes directrices opérationnelles pour l'évaluation rapide des déchets de plage décrites par l'UNEP (Cheshire et autres, 2009 ; UNEP/MAP, 2016) et par le *Joint Research Centre* dans le cadre du *Marine Strategy Framework Directive* (Galgani et autres, 2013). De plus, le Protocole du projet internationale de coopération DeFishGear, financé dans le cadre du programme européen IPA Adriatique, a été utilisé.

Sur chaque plage, une zone avec un transect de 100 m de long dans la direction parallèle à la plage a été délimitée, divisée à son tour en zones de 10 m de long afin de former 10 « bandes » à l'intérieur du transect. Chaque « bande » ainsi formée dans le transect était numérotée de 1 à 10. La hauteur du transect va de ce que l'on appelle la « *strand line* », c'est-à-dire la ligne-limite de sable humide laissée par la marée haute, jusqu'à l'arrière de la plage, délimitée par le début des dunes ou de la végétation. Pour chaque transect, les positions des zones ont été enregistrées avec un GPS afin de pouvoir détecter la même zone, si possible, lors du prochain échantillonnage.

Pour minimiser le risque de contamination, l'échantillonnage du plus petit microplastique (*Small Microplastic* ou **SMP**, 20 µm – 1 mm) a été effectué en premier. Les sédiments ont été collectés (toujours dans les limites du transect) dans cinq zones près de la « *strand line* » et dans cinq zones au sommet du transect. Chaque zone était distante d'au moins 5

mètres. Le sédiment a été recueilli en prenant soin de prélever les 3 premiers cm de sable, à l'aide d'une cuillère ou d'une pelle métallique, et en se positionnant sur la « *strand line* » ; le sédiment a été prélevé (environ 15 ml par cuillère) à intervalles réguliers et de manière à former une zone arquée ou un demi-cercle. Le matériel collecté a été placé dans des bocaux en verre, un pour chaque zone collectée, étiquetés avec le nom de la plage et la position à l'intérieur du transect, et envoyés au laboratoire pour analyse.



Fig. 33 - Exemple de mode d'échantillonnage des « *Small microplastic* » (SMP) en fonction de la configuration de l'arc.

L'échantillonnage des grands microplastiques (***Large Microplastics*** ou **LMP**, 1 mm – 5 mm) a été effectué dans cinq zones à côté de celles où ont été échantillonnés les *Small*



Microplastics de la partie basse de la plage, ou à proximité immédiate, et dont la position a été détectée par GPS. Dans ces zones, un carré métallique ou en bois (100 cm x 100 cm) a été placé sur la surface sableuse, et

Fig. 34 - Matériel pour l'échantillonnage des *Large Microplastics* et des *Mésoplastiques*

à l'intérieur, les 3 premiers cm de sédiment ont été prélevés ; le sable collecté a ensuite été déposé dans un béccher de 2 litres afin de calculer le volume de sédiment échantillonné et de passer le contenu collecté à travers un tamis à mailles de 1 mm. Cette étape a été répétée plusieurs fois jusqu'à ce que toute la surface de la zone soit échantillonnée. La matière retenue par le tamis a finalement été déposée dans des récipients en verre (étiquetés avec le nom de la plage et le type de plastique échantillonné) qui ont enfin été transférés au laboratoire pour la séparation des microplastiques.

Ce protocole d'échantillonnage a également été utilisé pour la collecte de **Mésoplastiques** et de **Mésolitter** (5 mm - 25 mm), en utilisant un tamis à mailles de 5 mm pour séparer les débris de plus de 5 mm des sédiments de la plage.

En ce qui concerne les **Macroplastiques** et les **MacroLitter** (**Macrodéchets**, < 25 mm), le formulaire d'identification des plages (Annexe II) a d'abord été rempli. L'échantillonnage a été effectué en marchant méthodiquement sur la plage, orthogonalement au littoral, dans les 10 zones de 10 m de long dans lesquelles le transect de 100 m de long a été divisé (Fig. 35) et en recueillant tous les déchets solides à la surface de la plage, même partiellement recouverts de sable. Ces déchets ont été collectés dans des sacs étiquetés avec le nom de la plage et numérotés de 1 à 10 selon la bande dans laquelle ils ont été échantillonnés. Il faut exclure les objets trouvés en creusant ainsi que les objets de moins de 25 mm. Au besoin, des notes et des photos de certains déchets ont été prises, également à des fins d'illustration. Les déchets naturels et anthropiques de plus de 50 cm ont été photographiés, leur position prise avec le GPS, et la « bande » de référence notée.

Les déchets collectés ont été catalogués en laboratoire au moyen de la *List of Marine Litter* pour le catalogage du **MacroLitter** et du **Mésolitter** (Annexe I, b)



Fig. 35 - Exemple d'un transect divisé en 10 « bandes » de 10 mètres de large, numérotées de 1 à

Séparation et analyse des **Small Microplastic**

Chaque échantillon prélevé pour déterminer la présence de **SMP**, d'un volume d'environ 250 ml, a été divisé en cinq parties, chacune d'un volume d'environ 50 ml. Le poids de chaque réplique ainsi produite a été déterminé à l'aide d'une balance technique en centigrammes.

Une solution saturée de NaCl d'une densité de $1,2 \text{ g/cm}^3$ a été utilisée pour séparer les microplastiques des granules terrigènes constituant le sédiment de la plage. Cette solution saline a été préparée en dissolvant 360 g de NaCl dans 1 litre d'eau distillée dans un bécher en verre, en prenant soin de le maintenir agité (avec un agitateur mécanique équipé d'une lame en acier) pendant 20 à 25 minutes. À la fin de l'agitation, la solution a été filtrée sur une batterie de filtration, à l'aide d'un filtre en fibre de verre (Wathman GF/D) afin d'éliminer les éventuelles impuretés présentes. Sur certaines solutions, la densité a été contrôlée à l'aide d'un pycnomètre à He.

À chaque sous-échantillon de sédiment, 200 ml de solution saline ont ensuite été ajoutés dans un bécher en verre. L'échantillon a été agité, au moyen d'un agitateur magnétique, pendant 2 minutes et, enfin, laissé à sédimenter pendant environ 4 minutes (Fig. 36a) (remarque : si l'échantillon contient beaucoup de limon, il existe deux solutions : a) augmenter le temps de sédimentation, par exemple 10 min ; b) utiliser des filtres différents).



Fig. 36a et 36b - Agitateur magnétique (à gauche) et batterie de filtration avec entonnoir Büchner (à droite)

Le surnageant (phase liquide surmontant la phase solide), contenant d'éventuelles particules plastiques,

prélevé au moyen d'une seringue en verre, a été transféré dans la batterie de filtration (Fig. 36b) équipée de filtres en fibre de verre (Whatman GF/D) adaptés à la récupération des particules plastiques.

À la fin de l'opération précédente, les filtres ont été soigneusement transférés dans des récipients en verre (boîtes de Petri), dûment scellés et fermés.

Enfin, la batterie de filtration a été rincée avec 200-500 ml d'eau distillée pour éliminer les résidus de la solution saline.

Les filtres contenus dans les boîtes de Petri ont été laissés à sécher à température ambiante et transférés au laboratoire de microscopie pour les étapes analytiques suivantes.

Les filtres issus de la filtration (Fig. 37), une fois séchés, ont été placés en observation à travers un stéréomicroscope équipé d'un objectif 80x (Fig. 38).



Fig. 37 - Boîtes de Petri contenant les filtres à analyser.



Fig. 38 - Microscope stéréoscopique Zeiss Stemi 508 avec caméra utilisée pour la détection des Small Microplastic (SMP)

*Analyse en laboratoire des **LMP** et **Mesolitter***

Séparation en laboratoire des *Large MicroPlastic* (LMP, 1 mm – 5 mm) et du *MesoLitter* (5 mm – 25 mm) :

Les sédiments provenant des sites d'échantillonnage sont séchés (si nécessaire) et tamisés à l'aide d'une batterie de tamis métalliques de 25 mm, 5 mm et 1 mm.

Le **MesoLitter** est prélevée dans les sédiments dont les dimensions sont comprises entre **25 et 5 mm**, tandis que les fragments de plastique appartenant à la classe des **Large MicroPlastic (LMP)** sont extraits des sédiments dont les dimensions sont comprises entre **5 et 1 mm**.

À partir des sédiments ainsi séparés et répartis sur des plateaux métalliques, les fragments de plastique sont identifiés par inspection visuelle (effectuée à l'aide d'une loupe 4x) et séparés à l'aide de pinces métalliques.

Ensuite, chaque objet en plastique appartenant à la classe du **MesoLitter** est classé selon la classification de la « *List of Marine Litters* » (Fig. 39, annexe complète I,b).

Code	Items name	Item counts	Total
ARTIFICIAL POLYMER MATERIALS			
G1	4/6-pack yokes, six-pack rings		
G3	Shopping Bags		
G4	Small plastic bags, e.g. freezer bags, including pieces		
G5	Plastic bag collective role; what remains from rip-off plastic bags		
G7	Drink bottles <=0.5l		
G8	Drink bottles >0.5l		
G9	Cleaner bottles & containers		
G10	Food containers incl. fast food containers		
G11	Beach use related cosmetic bottles and containers, eg. Sunblocks		
G12	Other cosmetics bottles & containers		
G13	Other bottles & containers (drums)		
G14	Engine oil bottles & containers <50 cm		
G15	Engine oil bottles & containers > 50 cm		
G16	Jerry cans (square plastic containers with handle)		
G17	Injection gun containers		
G18	Crates and containers / baskets		

Fig. 39 - Extrait de la *List of Marine Litter* avec laquelle les objets de plus de 25 mm et le méso litter (5 mm - 1 mm) ont été classés.

Les objets en plastique appartenant à la classe **LMP**, une fois séparés, sont classés en fonction de leur type (Tableau 1, Fig. 40) et de leur couleur (Tableau 2) et leurs dimensions maximales sont déterminées à l'aide d'un calibre de précision (pour les objets de forme irrégulière, la taille caractéristique est celle identifiée par la plus grande diagonale).

Table 1: Categories of micro litter Items
<i>Fragments (Fragments)</i> G103, G104, G105 and G106
<i>Pellets</i> G107, G108, G109, G110, G111
<i>Granules (Granulés)</i> G116
<i>Filaments (Filaments)</i> G113
<i>Films</i> G114
<i>Foam</i> G115, G117
<i>Other (matière non plastique)</i> G217
<i>Uncategorized plastic pieces*</i>

Table 2: Colour of plastic items
White (blanc)
Clear-white-cream (crème)
Red (rouge)
Orange
Blue (bleu)
Black (noir)
Grey (gris)
Brown (marron)
Green (vert)
Pink (rose)
Tan (marron clair)
Yellow (jaune)

Fragments < 5 mm (G103, G104, G105, G106)

Forme irrégulière, état solide, bords épais et tranchants :



Figure 40a - Fragments

Films < 5 mm (G114)

Forme irrégulière, flexible (pas solide), mince :



Figure 40b - Films

Pellets < 5 mm (G107, G108, G109, G110, G111)

Forme ronde irrégulière, normalement plate sur un côté :

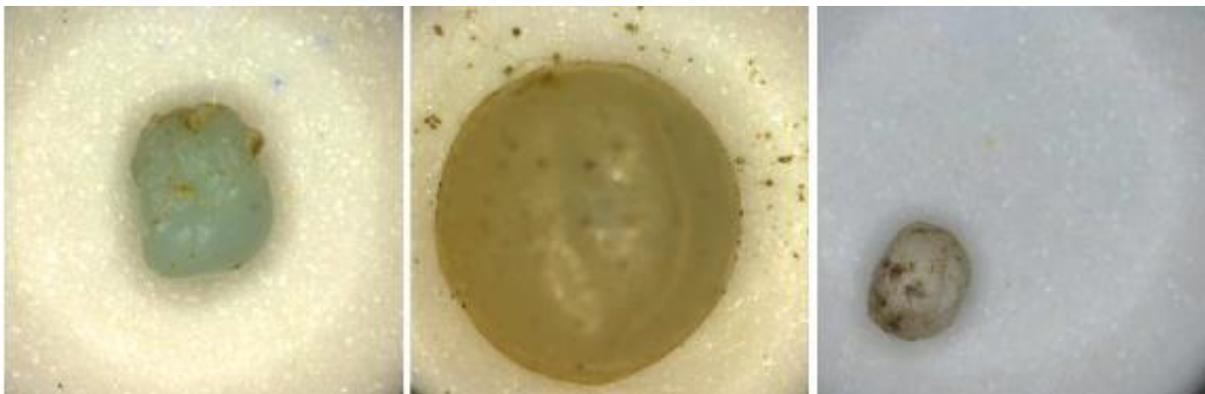


Figure 40c - Pellets

Granules < 5 mm (G116)

Forme ronde régulière :



Figure 40d - Granulés

Filaments < 5 mm (G113)

Fibres fines, courtes et longues



Figure 40e - Filaments

Foams < 5 mm (G115, G117)

État souple, généralement polystyrène expansé et mousses de polyuréthane, couleurs allant du jaune au blanc



Figure 40f - Foam

Pour l'enregistrement des macrodéchets, le formulaire de catalogage du *Beach Litter* (« *BEACH LITTER SAMPLING FORM* » (100 m)) (Annexe II, a) a été utilisé pour chaque sac collecté, où figurent le nom de la plage, le numéro de la « bande » dont

	containers, eg. Sunblocks		
G12	Other cosmetics bottles & containers		
G13	Other bottles & containers (drums)		
G14	Engine oil bottles & containers <50 cm		
G15	Engine oil bottles & containers > 50 cm		
G16	Jerry cans (square plastic containers with handle)		
G17	Injection gun containers		
G18	Crates and containers / baskets		
G19	Car parts		
G21	Plastic caps/lids drinks		
G22	Plastic caps/lids chemicals, detergents (non-food)		
G23	Plastic caps/lids unidentified		
G24	Plastic rings from bottle caps/lids		
G25	Tobacco pouches / plastic cigarette box packaging		
G26	Cigarette lighters		
G27	Cigarette butts and filters		
G28	Pens and pen lids		
G29	Combs/hair brushes/sunglasses		
G30	Crisps packets/sweets wrappers		
G31	Lolly sticks		
G32	Toys and party poppers		
G33	Cups and cup lids		
G34	Cutlery and trays		
G35	Straws and stirrers		
G36	Fertiliser/animal feed bags		
G37	Mesh vegetable bags		

G40	Gloves (washing up)		
G41	Gloves (industrial/professional rubber gloves)		
G42	Crab/lobster pots and tops		
G43	Tags (fishing and industry)		
G44	Octopus pots		
G45	Mussels nets, Oyster nets		
G46	Oyster trays (round from oyster cultures)		
G47	Plastic sheeting from mussel culture (Tahitians)		
G49	Rope (diameter more than 1cm)		
G50	String and cord (diameter less than 1cm)		
G51	Fishing net		
G53	Nets and pieces of net < 50 cm		
G54	Nets and pieces of net > 50 cm		
G56	Tangled nets/cord		
G57	Fish boxes - plastic		
G58	Fish boxes - expanded polystyrene		
G59	Fishing line/monofilament (angling)		
G60	Light sticks (tubes with fluid) incl. packaging		
G62	Floats for fishing nets		
G63	Buoys		
G64	Fenders		
G65	Buckets		
G66	Strapping bands		
G67	Sheets, industrial packaging, plastic sheeting		
G68	Fibre glass/fragments		

G69	Hard hats/Helmets		
G70	Shotgun cartridges		
G71	Shoes/sandals		
G72	Traffic cones		
G73	Foam sponge		
G75	Plastic/polystyrene pieces 0 - 2.5 cm		
G76	Plastic/polystyrene pieces 2.5 cm << 50cm		
G77	Plastic/polystyrene pieces > 50 cm		
G78	Plastic pieces 0 - 2.5 cm		
G79	Plastic pieces 2.5 cm << 50cm		
G80	Plastic pieces > 50 cm		
G81	Polystyrene pieces 0 - 2.5 cm		
G82	Polystyrene pieces 2.5 cm << 50cm		
G83	Polystyrene pieces > 50 cm		
G84	CD, CD-box		
G85	Salt packaging		
G86	Fin trees (from fins for scubadiving)		
G87	Masking tape		
G88	Telephone (incl. parts)		
G89	Plastic construction waste		
G90	Plastic flower pots		
G91	Biomass holder from sewage treatment plants		
G92	Bait containers/packaging		
G93	Cable ties		
G95	Cotton bud sticks		
G96	Sanitary towels/panty liners/backing strips		
G97	Toilet fresheners		

G98	Diapers/nappies		
G99	Syringes/needles		
G100	Medical/Pharmaceuticals containers/tubes		
G101	Dog faeces bag		
G102	Flip-flops		
G108	Industrial pellets		
G124	Other plastic/polystyrene items (identifiable)		
RUBBER			
G125	Balloons and balloon sticks		
G126	Balls		
G127	Rubber boots		
G128	Tyres and belts		
G129	Inner-tubes and rubber sheet		
G130	Wheels		
G131	Rubber bands (small, for kitchen/household/post use)		
G132	Bobbins (fishing)		
G133	Condoms (incl. packaging)		
G134	Other rubber pieces		
CLOTH/TEXTILE			
G137	Clothing / rags (clothing, hats, towels)		
G138	Shoes and sandals (e.g. Leather, cloth)		
G139	Backpacks & bags		
G140	Sacking (hessian)		
G141	Carpet & Furnishing		
G142	Rope, string and nets		
G143	Sails, canvas		
G144	Tampons and tampon applicators		

G145	Other textiles (incl. rags)		
PAPER/CARDBOARD			
G147	Paper bags		
G148	Cardboard (boxes & fragments)		
G150	Cartons/Tetrapack Milk		
G151	Cartons/Tetrapack (others)		
G152	Cigarette packets		
G153	Cups, food trays, food wrappers, drink containers		
G154	Newspapers & magazines		
G155	Tubes for fireworks		
G156	Paper fragments		
G158	Other paper items		
PROCESSED/WORKED WOOD			
G159	Corks		
G160	Pallets		
G161	Processed timber		
G162	Crates		
G163	Crab/lobster pots		
G164	Fish boxes		
G165	Ice-cream sticks, chip forks, chopsticks, toothpicks		
G166	Paint brushes		
G167	Matches & fireworks		
G171	Other wood < 50 cm		
G172	Other wood > 50 cm		
METAL			
G174	Aerosol/Spray cans industry		
G175	Cans (beverage)		

G176	Cans (food)		
G177	Foil wrappers, aluminum foil		
G178	Bottle caps, lids & pull tabs		
G179	Disposable BBQ's		
G180	Appliances (refrigerators, washers, etc.)		
G181	Tableware (plates, cups & cutlery)		
G182	Fishing related (weights, sinkers, lures, hooks)		
G184	Lobster/crab pots		
G186	Industrial scrap		
G187	Drums, e.g. oil		
G188	Other cans (< 4 L)		
G189	Gas bottles, drums & buckets (> 4 L)		
G190	Paint tins		
G191	Wire, wire mesh, barbed wire		
G193	Car parts / batteries		
G194	Cables		
G195	Household Batteries		
G198	Other metal pieces < 50 cm		
G199	Other metal pieces > 50 cm		
GLASS/CERAMICS			
G200	Bottles, including pieces		
G201	Jars, including pieces		
G201	Light bulbs		
G203	Tableware (plates & cups)		
G204	Construction material (brick, cement, pipes)		
G205	Fluorescent light tubes		
G206	Glass buoys		

G207	Octopus pots		
G208	Glass or ceramic fragments >2.5cm		
G210	Other glass items		
UNIDENTIFIED AND/OR CHEMICALS			
G211	Other medical items (swabs, bandaging, adhesive plaster, etc.)		
G213	Paraffin/Wax		

Annexe II

BEACH IDENTIFICATION			
Organization (Who):			
Email:			
State, region:			
Telephone number:			
City		Date	
		Responsible	
Beach name			
Investigation area's coordinates (gg,ggg°)			
Start		End	
LAT:	LONG:	LAT:	LONG:
Investigation area's effective width (m)		100 m Xwidth	
Beach description			
Are there urban areas?		Yes	No
City/Town	City	City	
Distance from the investigation areas (km)			
Are there rivers' estuaries or water sewers? Yes No		Yes	No
Rivers/sewers name	River	River	
Distance from the investigation areas (km)			
Are there harbours nearby? Yes No		Yes	No
Name of the closer harbours	Harbour	Harbour	
Distance from the investigation areas (km)			
Are there industrial sites nearby? Yes No		Yes	No
Name of the closer sites Site	Site	Site	
Distance from the investigation areas (km)			
Are there beach			

resorts/kiosks nearby? Yes No			
Is it a bathing beach? Yes No			
Access to the beach Vehicles Yes No Pedestrian Yes No Only by the sea Yes No			
Other			
Beach type			
SILT - SAND – PEBBLES			
NOTES (events that can influence the sampling)			
i.e wind, rain, etc...			

6.4 - Structuration et distribution du questionnaire

L'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer et comprendre les comportements, les préférences et les opinions des touristes sur différents aspects liés au lieu où ils séjournent est basée sur la distribution de questionnaires visant à définir la perception de la personne interrogée (Micallef et Williams, 1999 ; Vaz et autres, 2009 ; Zacarias et autres, 2011).

La collecte de données concernant la perception de la personne interrogée sur la présence et l'importance des déchets en mer et sur les plages a été effectuée par l'administration et le remplissage anonyme d'un questionnaire divisé en 23 questions ouvertes, dichotomiques et à choix multiples. Pour la rédaction du questionnaire, il a été fait référence aux expériences les plus significatives et les plus récentes publiées au niveau international (Morgan et Williams, 1995 ; Marin et autres, 2009 ; Vaz et autres, 2009 ; Zacarias et autres, 2011 ; Almeida-García et autres, 2016).

Le questionnaire se compose de 23 questions, structurées essentiellement par la division en deux parties. La première partie (questions 1 à 8) fournit des informations sociodémographiques à partir desquelles le profil de la personne interrogée peut être établi (sexe, âge, domicile, nationalité, profession, fréquentation de la plage, avec qui elle est venue et combien de fois elle se rend à la plage, etc.) Dans la deuxième partie du questionnaire, en revanche, la perception et les connaissances du touriste sur la présence de déchets sur les plages, en particulier les déchets plastiques, sont analysées et les connaissances sur la permanence/durée des déchets, leur origine et les conséquences possibles liées à leur présence dans l'environnement sont également évaluées (questions 9 à 16). En outre, toujours dans la deuxième partie, des informations sont recueillies sur la conscience qu'a le touriste de la présence de déchets sur la plage qu'il fréquente actuellement (questions 17 et 18). Enfin, le dernier groupe (questions 19 à 23) se concentre sur les connaissances du touriste en matière de microplastiques.

Lieu	Jours de distribution	Questionnaires recueillis
Asinara - Cala dei Ponzesi	22/07/2019 15/08/2019	23
Stintino - La Pelosa	22-23-24/07/2019 11-13/08/2019	79
Stintino Paese	22-23/07/2019	14
Porto Torres- Balai	22-24/07/2019	22
Sassari- Porto Ferro	30/07/2019 05/08/2019	46

Tableau 2- Résumé du nombre de questionnaires recueillis dans les cinq sites observés (Cala Sabina, La Pelosa, Stintino, Porto Torres et Porto Ferro) avec leurs dates de distribution.

Le questionnaire a été distribué, en mode aléatoire, dans la période juillet - août 2019 (Tableau 2). Il a été décidé d'adopter ce mode pour donner à chaque personne présente sur la plage la même probabilité de réponse (Williams et Micallef, 2009). Bien que la littérature n'indique pas un nombre précis de questionnaires remplis pour considérer l'enquête comme valable, dans l'étude menée, les 184 questionnaires recueillis ont été jugés significatifs.

Les données collectées ont été numérisées dans des bases de données Access (Microsoft) traitées à l'aide du logiciel Statistical Package for Social Science (IBM SPSS Statistics v.20) et d'Excel (Microsoft).

7. RÉSULTATS DU SUIVI SUR LES PLAGES DE L'ASINARA

7.1 - Macroplastiques

En 2017, 1 971 éléments ont été collectés sur les deux anses de Cala dei Ponzesi (ou Cala Sabina) ; la densité moyenne des déchets identifiée dans cet échantillonnage est de 1,9 éléments/m². Lors de l'échantillonnage de 2019, 816 déchets au total ont été collectés sur l'ensemble de la période de surveillance sur le site de Cala dei Ponzesi, pour un poids total de 1 942 g. Une moyenne de 0,81 éléments/m² a été estimée.

Sur le site de Cala Spalmatore, 289 déchets ont été collectés, pour un poids total de 2 906 g et une valeur moyenne de 0,21 éléments/m².

L'abondance de macroplastiques entre les périodes d'échantillonnage étudiées est très variable : le nombre d'éléments recueillis sur les plages de Cala dei Ponzesi en hiver 2017 est 4 fois plus élevé que le dernier échantillonnage de 2019. De plus, l'analyse diversifiée du suivi effectué en mars et juillet montre une croissance des déchets du printemps à l'été. L'augmentation en 2019 du printemps à l'été est de 27% et 39% pour Cala Sabina et Cala Spalmatore respectivement.

Les résultats du pourcentage de déchets totaux dans chaque campagne et pour chaque catégorie (verre/céramique, métal, bois, papier, tissu, caoutchouc, polymères artificiels) sont présentés à la figure 41.

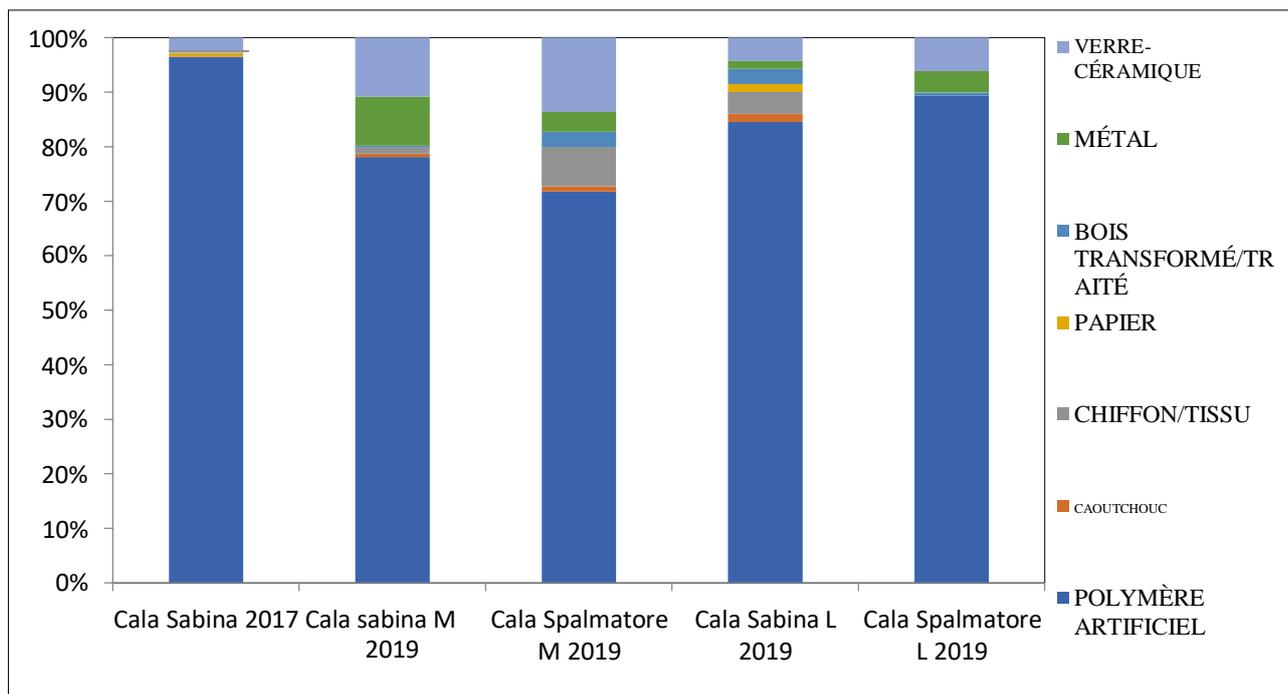


Figure 41 - Résultats du pourcentage de déchets totaux par type (verre/céramique, métal, bois, papier, tissu, caoutchouc, Polymères artificiels). M indique la surveillance effectuée en mars 2019, L celle effectuée en juillet 2019.

La catégorie des polymères artificiels, c'est-à-dire les objets et les fragments de plastique, est la plus présente. Parmi les différentes catégories de déchets, les proportions sont plus ou moins similaires dans les zones d'échantillonnage, avec une prédominance des matériaux polymériques (de 75% à 96%). Le tableau 3 sélectionne les 20 types de matériaux polymériques les plus abondants avec le pourcentage correspondant d'éléments, tandis que la figure 42 montre la répartition des 20 principales catégories de déchets plastiques trouvés sur les plages au cours des trois différents moments d'échantillonnage. Les fragments de plastique d'une taille comprise entre 2,5 et 50 cm représentent près de 25 % du total des déchets plastiques, suivis par 18 % constitués de fragments de plastique de moins de 2,5 cm.

Code des catégories	Catégorie de déchet	Pourcentage dans les échantillons observés
G3	Sacs de courses	0,9
G4	Petits sacs en plastique, par exemple des sacs de congélation	2,8
G9	Bouteilles et récipients plus propres	1,2
G19	Pièces détachées pour voitures	1,3
G21	Boissons en plastique pour couvercles / couvercles	0,8
G22	Bouchons / couvercles en plastique produits chimiques, détergents	1,1
G23	Couvercles en plastique non identifiés	4,7
G24	Anneaux en plastique des bouchons de bouteille / couvercles	1,7
G31	Bâtonnets de glaces	5,8
G32	Jouets et pétards	3,3
G49	Corde (diamètre supérieur à 1 cm)	2,1
G50	Corde et câble (diamètre inférieur à 1 cm)	3,4
G54	Filets et morceaux de filet > 50 cm	0,4
G75	Morceaux de plastique / polystyrène 0 - 2,5 cm	1,5
G76	Morceaux de plastique / polystyrène 2,5 cm > < 50 cm	4,1
G77	Morceaux de plastique / polystyrène > 50 cm	5,9
G78	Morceaux de plastique 0 - 2,5 cm	18,0
G79	Morceaux de plastique 2,5 cm > < 50 cm	24,7
G80	Morceaux de plastique > 50 cm	5,2
G81	Morceaux de polystyrène 0 - 2,5 cm	0,2

Tableau 3 - Pourcentage des 20 principales classes de la catégorie des polymères artificiels (protocole DeFishGear) calculé sur le nombre total de déchets plastiques dans toutes les plages étudiées.

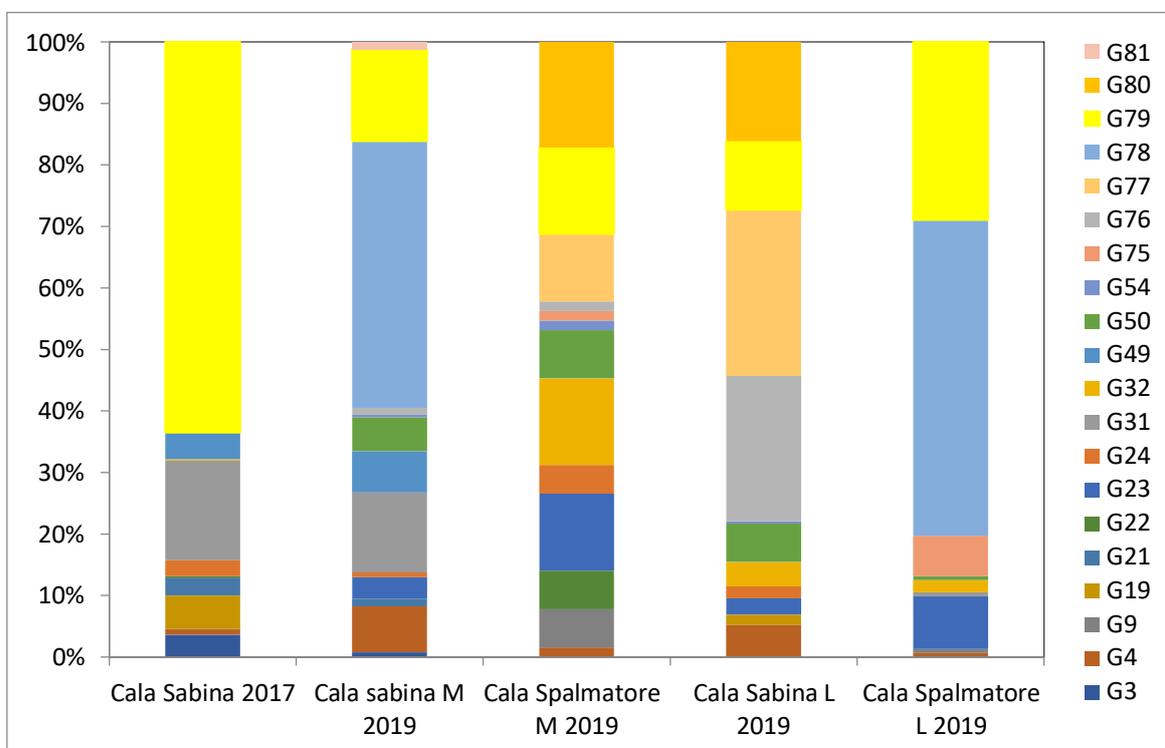


Figure 42 - Répartition des 20 principales catégories de déchets plastiques trouvés sur les plages au cours des deux différentes périodes d'échantillonnage. Le type de déchets est indiqué à l'aide du code des catégories du protocole DeFishGear. La liste des déchets correspondant à chaque code se trouve dans le Tableau 2.

En observant en détail la répartition de la catégorie des matériaux polymères par site d'échantillonnage sur la Figure 42, il est possible de remarquer la présence prédominante de fragments de plastique d'une taille comprise entre 2,5 et 50 cm et entre 0 et 2,5 cm (G78 et G79). Dans le cas de la dernière enquête (juillet 2019) à Cala Spalmatore, les fragments de plastique représentent 80% des déchets collectés. Les autres classes de déchets sont présentes dans de très faibles pourcentages, moins de 6 %. Deux classes dont la présence est assez constante sont la G4, qui comprend les sacs en plastique, et la G31, qui représente les bâtonnets.

L'abondance de fragments pourrait suggérer une origine possible due à la fragmentation d'objets en plastique plus grands, comme le supposent également Isobe et autres (2014). Tout comme des fragments de sacs en plastique pourraient indiquer une désintégration

d'objets plus importants. La figure 43 montre les échantillons de déchets lors du comptage et de la classification en laboratoire.



Figure 43 - Caractérisation des déchets marins effectuée à l'aide de la liste des catégories du protocole proposé par Defishgear.

7.2 - Mésoplastiques et microplastiques

Au total, 165 éléments (dont 12 pellets et 153 fragments de plastique et de verre) appartenant à la catégorie des mésoplastiques ont été isolés lors des cinq campagnes menées sur les plages de l'Asinara, pour un poids total de 14,7 grammes. Les résultats montrent une tendance similaire pour les deux sites analysés avec une augmentation du nombre d'éléments au cours du printemps 2019. Les fragments sont la forme la plus courante, et la classe la plus abondante incluse a une taille comprise entre 0,5 et 1 mm. Pour les mésoplastiques, on constate une variation saisonnière comparable à d'autres études menées en Méditerranée (Baini et autres, 2018). Les variations saisonnières de l'abondance des plastiques ont déjà été étudiées dans la mer Méditerranée également par Collignon et autres (2014), où de très faibles concentrations ont été constatées pendant les mois d'hiver et une augmentation pendant les mois printaniers a également été prise en compte dans cette étude.

En ce qui concerne les microplastiques, le traitement des données ne concerne actuellement que l'échantillonnage de décembre 2017 ; les données de l'échantillonnage de 2019 sont encore en cours d'analyse et de traitement par les laboratoires de l'Université de Ferrare et seront mises à disposition dès qu'elles seront disponibles.

Actuellement, 269 microplastiques (SMP) ont été trouvés sur le seul site de Cala dei Ponzesi pour 2017. La présence de 0,26 éléments/m² a été estimée. Le type dominant est celui des fibres (plus de 98%). Comme le montre le graphique (Fig 44), 90,7 % sont des fibres bleues. Quelques images des fibres trouvées sont présentées dans les Fig. 45a, 45b et 45c

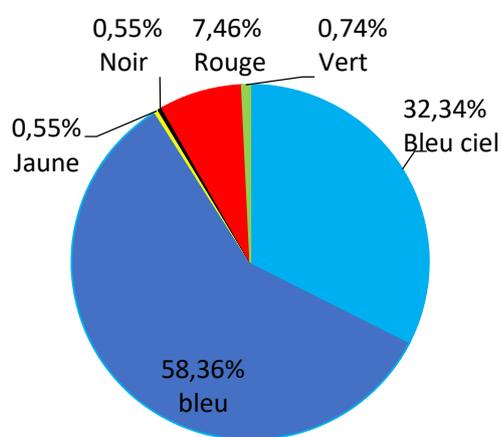
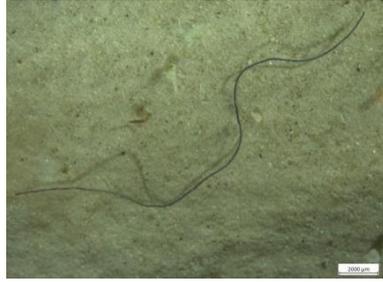


Figure 44 - Proportion de l'abondance totale de particules plastiques observées au stéréomicroscope sur les sables du site de Cala Sabina.



(a)



(b)



(c)

Figure 45 - Images de fibres microplastiques observées au stéréomicroscope à un grossissement de 80x.

8. QUESTIONNAIRE : RÉSULTATS

Qui est touriste ou la personne fréquentant la plage ? Pour répondre à cette question, qui peut sembler simple et immédiate, il est en fait nécessaire d'acquérir une série d'informations sur de nombreux aspects à caractère nettement sociologique et psychologique. En fait, comme l'ont montré des études antérieures, les besoins des personnes qui se trouvent dans les stations touristiques vont de pair avec la satisfaction des attentes de l'expérience qu'elles vivent. Ces attentes dépendent de multiples facteurs : l'attitude des résidents à l'égard des touristes, le profil du touriste, le niveau d'implication expérientielle, la conservation de l'environnement et la beauté des environs (Brougham et Butler, 1981 ; Graefe et Vaske, 1987 ; Bimonte et Punzo, 2003 ; Williams et Micallef, 2009). Au niveau international, il est désormais bien établi que la satisfaction des touristes est une condition préalable essentielle à la définition de politiques communes de développement, de protection de l'environnement et de gestion des plages, et à l'élaboration de mesures spécifiques (Dahm, 2003 ; Santos et autres, 2005 ; Williams et Micallef, 2009).

Profil de la personne interrogée

L'âge des personnes interrogées (Fig. 46a), en majorité des femmes (58%), se situait surtout entre 21 et 30 ans (29%) et entre 31 et 40 ans (21%) ; les questionnaires remplis par des utilisateurs de moins de 21 ans étaient moins fréquents (12%) et seulement environ 11% avaient plus de 61 ans (10% n'ont pas répondu à la question). Les tranches d'âge ont été divisées selon la méthodologie de Morgan et autres (1995). La nationalité des personnes interrogées est environ 94% italienne et environ 63% vivent à moins de 50 km de l'endroit où elles ont été interrogées (Fig. 46b). Ces données sont probablement liées à l'intervalle de temps dans lequel le questionnaire a été soumis (juillet et août 2019). En effet, la nationalité des visiteurs en Sardaigne varie selon les mois de l'année (Carboni et autres, 2015).

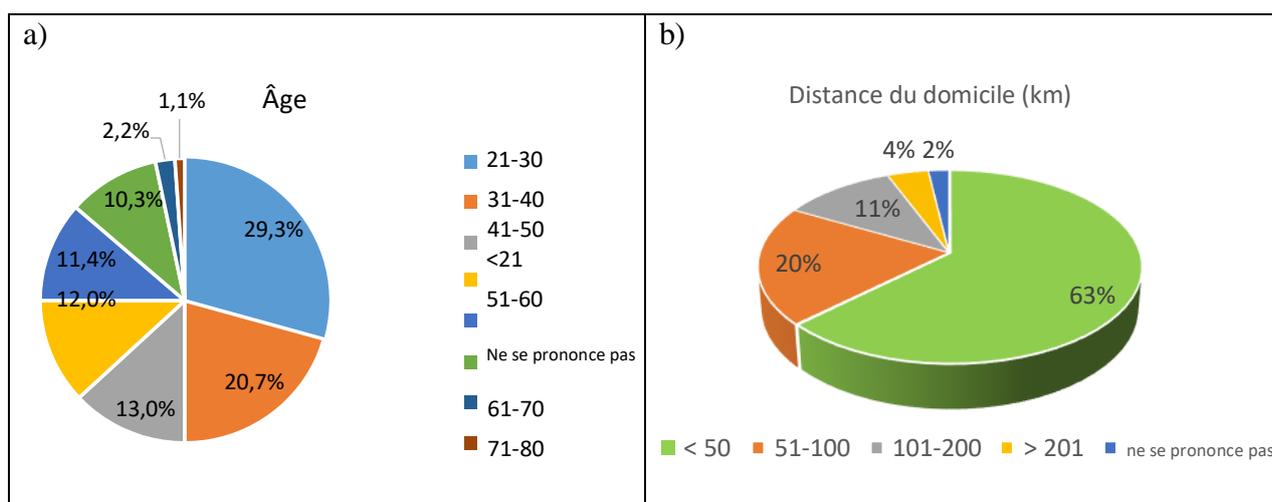


Figure 46 - Données sur la population des personnes interrogées pour connaître leur âge (a) et la distance de leur domicile par rapport à la côte (b).

En ce qui concerne les professions, il a été constaté que les catégories les plus représentées en pourcentage sont les étudiants (23,9 %), les employés (18,5), les professionnels (11,4 %) et les enseignants (11,4 %), qui représentent ensemble 65,2 % des personnes interrogées. La présence des retraités (4,3 %) est très faible (Tableau 4).

Profession	Pourcentage	Profession	Pourcentage
Étudiant	23,9%	Barman/serveur	6,0%
Salarié	18,5%	Retraité	4,3%
Professionnel	11,4%	Vendeur	3,8%
Enseignant	11,4%	Ouvrier/artisan	3,3%
Professionnel diplômé	7,1%	Ne se prononce pas	2,2%
Sans emploi	7,1%	Entrepreneur	1,1%

Tableau 4 - Profession des personnes interrogées

L'analyse des résultats montre que la population interrogée fréquente habituellement les plages faisant l'objet de l'enquête. En effet, près de 72% sont déjà venus ou sont des visiteurs réguliers (Fig. 47a). La personne interrogée préfère généralement les vacances « traditionnelles » en famille et entre amis ou en couple (jusqu'à 94% des personnes interrogées ; Fig. 47b).

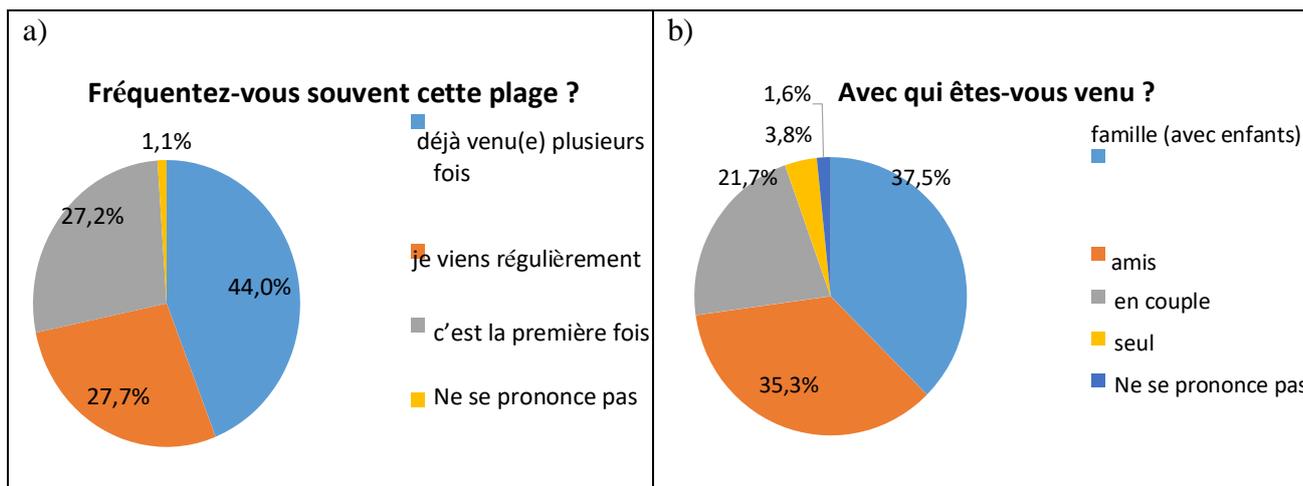


Figure 47 - Traitement des informations relatives à la fréquentation de la plage faisant l'objet de l'enquête.

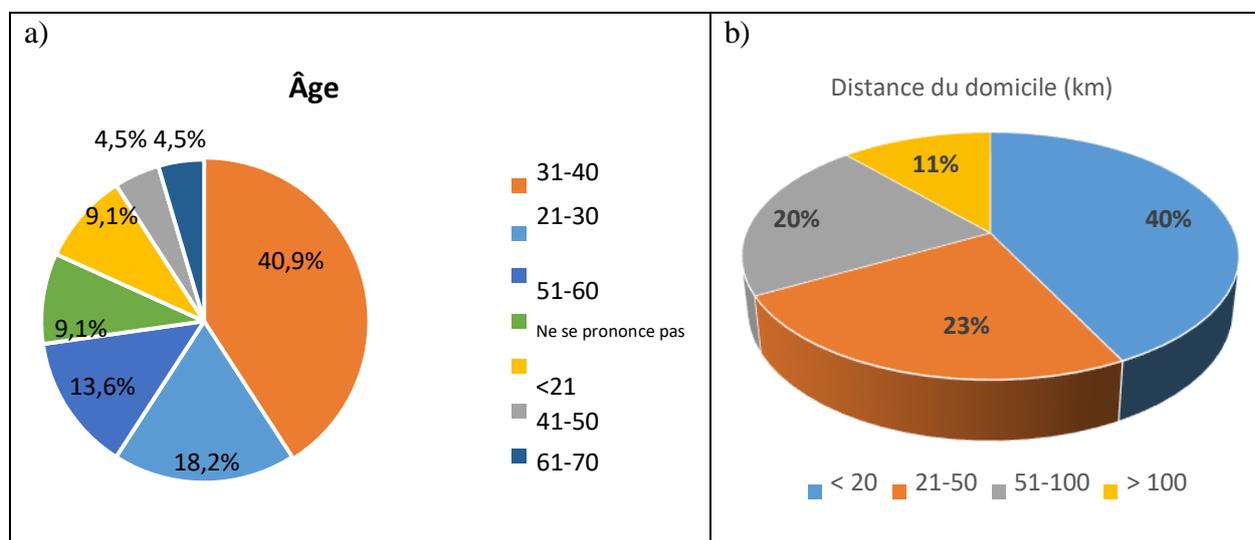
Les questionnaires montrent donc une prévalence d'utilisateurs ayant déjà fréquenté la plage, donc une population caractérisée par une connaissance du lieu et une proximité de leur domicile (44% de résidents).

En ce qui concerne la plage de **Cala dei Ponzesi**, il est important de rappeler qu'elle fait partie du Parc National de l'Asinara, où il n'y a ni installation touristique importante ni population résidente. En fait, le séjour dure généralement une journée. L'île peut être définie comme un musée de la nature en plein air et la baignade, qui n'est certainement pas la raison principale de la visite, est limitée à quelques sites. La validité des réponses est également en partie conditionnée par le nombre limité de questionnaires recueillis.

Malgré cela, le profil du touriste ne diffère pas sensiblement de l'analyse globale menée sur les cinq plages.

Dans cette étude de cas également, la présence de femmes (environ 64 %) est plus élevée que celle des hommes et la nationalité italienne (96 %) prévaut clairement. L'âge moyen du touriste est légèrement supérieur à la moyenne générale, puisque la classe la plus fréquente (Fig. 48a) est celle des 31-40 ans (41%), suivie des 21-30 ans (18%) et des 51-60 ans

(14%). Là encore, les touristes de plus de 60 ans sont relativement peu nombreux (5%). De plus, comme dans le cas précédent, environ 64% vivent à moins de 50 km de l'île de l'Asinara (Fig. 48b).



En ce qui concerne les professions (Tableau 5) exercées par les personnes interrogées, la plus représentée (professionnels) se situe autour de 18%, tandis que les moins fréquentes (vendeur et retraité) atteignent la valeur de 4,5%.

Profession	Pourcentage	Profession	Pourcentage
Professionnel	18,2%	Barman/serveur	9,1%
Étudiant	13,6%	Salarié	9,1%
Professionnel diplômé	13,6%	Vendeur	4,5%
Enseignant	13,6%	Ne se prononce pas	4,5%
Sans emploi	9,1%	Retraité	4,5%

Tableau 5 - Professions des personnes interrogées à Cala Sabina

Une information intéressante ressort de la question sur la fréquentation de la plage (Fig. 49a). En effet, contrairement aux hypothèses sur le tourisme de l'Asinara, les données montrent qu'environ 64% des personnes interrogées ont déjà visité ou visitent habituellement l'île. Pour une meilleure compréhension de ces données, il est important de souligner que 41% des personnes interrogées déclarent habiter dans les communes entourant l'île (Stintino et Porto Torres). En outre, les questionnaires montrent que les visites sont principalement effectuées (Fig. 49b) en compagnie d'amis (41%), en famille (32%) et, dans une moindre mesure, en couple (18%).

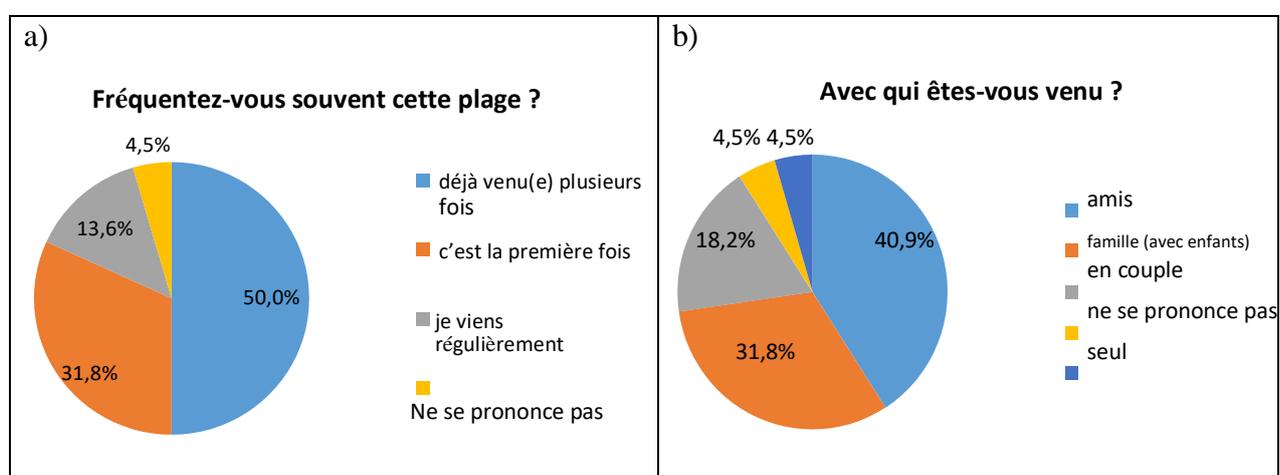


Figure 49 - Traitement des informations sur la fréquentation de la plage de Cala Sabina.

Raisons du choix de la destination

À la lecture des données recueillies, il ressort globalement que le choix des lieux (Tableau 6) est principalement lié à la mer et à la plage (37%), à la nature et au paysage (28%), à la recherche de détente et de tranquillité (16%) et, dans une moindre mesure, à la proximité de la plage par rapport au propre domicile (11%). Les autres raisons indiquées dans le questionnaire ne concernent globalement que 8% des réponses fournies par les personnes interrogées.

Pourquoi avez-vous choisi cette plage ?	Pourcentage
bonne qualité des services	1,5
nature et paysage	28,3
parking	0,9
je possède une résidence secondaire	1,8
traditions culturelles	1,5
proximité du domicile	10,8
détente/tranquillité	16,0
autres	2,1
mer/plage	37,0

Tableau 6 - Réponses des personnes interrogées concernant les raisons pour lesquelles elles choisissent de fréquenter la plage en question.

Connaissance des thèmes liés au Marine Litter

Les personnes interrogées ont été invitées à répondre à quelques questions générales afin d'approfondir leurs connaissances sur les déchets que l'on peut trouver le long des côtes.

En fonction de leurs caractéristiques, les déchets ont un temps de dégradation différent s'ils sont laissés dans l'environnement : le temps de décomposition/dégradation est influencé par la lumière, l'eau, les bactéries et les autres êtres vivants. En mer, ils se détériorent plus tôt mais sont plus dangereux. La littérature montre que les temps de séjour des déchets énumérés dans le questionnaire sont très variables (Tableau 7).

Temps nécessaire à la décomposition en milieu marin	Temps de la littérature
bouteille en verre	indéterminé
bouteille en plastique	400 ans
canette	200 ans
tissu	1 - 5 ans
bois	1 - 3 ans
papier / carton	2 - 3 mois

Tableau 7 - Périodes liées à la décomposition/dégradation des matériaux dans l'environnement marin (obtenues à partir d'une analyse documentaire) prises en compte dans les questions du questionnaire.

L'analyse des réponses recueillies avec le questionnaire montre comment le problème est connu (valeur maximale des non-réponses ne dépassant jamais environ 5% – Tableau 8) même s'il semble être sous-estimé.

Temps nécessaire à la décomposition en milieu marin	canette	bouteille	bouteille	papier	bois	tissu
		en plastique	en verre	carton		
Années	92,9%	95,1%	85,9%	44,6%	46,7%	41,3%
Mois	6,0%	3,8%	9,2%	29,9%	35,9%	35,9%
Semaines	0,5%	0,0%	2,7%	14,7%	13,6%	16,3%
Ne se prononce pas	0,5%	1,1%	1,6%	8,7%	2,7%	4,9%
Jours	0,2%	0,1%	0,5%	2,2%	1,1%	1,6%

Tableau 8 - Pourcentage des réponses des personnes interrogées concernant les périodes de décomposition de certains matériaux (canettes, bouteilles en plastique, bouteilles en verre, papier et carton, bois, tissu) dans le milieu marin.

Les données relatives à l'origine des déchets (Tableau 9) montrent que les personnes interrogées estiment que les principales sources de déchets sont dues aux activités touristiques (28%), aux décharges mal gérées (19%) et aux rejets de déchets non contrôlés (17%). Les activités exercées en mer se voient accorder moins de poids : trafic maritime (12%), industries offshore (11%), pêche et aquaculture (5%). La capacité de transport des rivières est clairement sous-estimée (7 %).

D'où proviennent	Pourcentage
principalement les déchets marins	
décharges mal gérées	19,3
rivières	7,2
industries offshore	11,5
pêche et aquaculture	4,6
rejet d'eaux usées incontrôlé	17,0
trafic maritime	12,4
tourisme	28,2

Tableau 9 - Origine des déchets en milieu marin selon les personnes interrogées.

Une question ultérieure a été utilisée pour identifier les comportements qui, selon les personnes interrogées, influencent le plus la production de déchets. Chaque comportement devait se voir attribuer un poids allant de 1 (pas très important) à 5 (très important). Les résultats (Tableau 10) montrent que la dispersion et la production de déchets sont, pour les personnes interrogées, principalement liées au comportement humain (4,8), à l'utilisation du plastique dans les produits et les emballages (4,4) et à la gestion de l'élimination des déchets (4,1).

Quelle est l'influence des facteurs suivants sur l'accumulation des déchets marins (de 1 à 5)	Poids
Comportement de l'homme	4,8
Utilisation du plastique dans les produits et les emballages	4,4
Gestion de l'élimination des déchets	4,1
Nature jetable des produits	3,9
Absence de poubelles dans les lieux publics	3,4
Pêche, restaurants, tourisme	3,3
Pertes pendant le transport	3,1

Tableau 10 - Comportements qui influencent le plus la production de déchets selon les personnes interrogées. Chaque comportement s'est vu attribuer un poids allant de 1 (peu important) à 5 (très important).

En analysant les réponses recueillies sur les impacts négatifs dérivant de la présence du *Marine Litter* sur la zone côtière (Tableau 11), il ressort que les personnes interrogées sont plus conscientes des conséquences liées à la pollution (34%), à la mauvaise qualité de l'eau (22%) et de la plage (17%), et à la possibilité que les déchets favorisent l'apparition de maladies (11%). Curieusement, la présence de déchets ne semble pas avoir un impact significatif sur la dynamique du tourisme (6%).

Quel est l'impact des déchets sur les côtes ?	Pourcentage
pollution	34,0
mauvaise qualité de l'eau	22,3
mauvaise qualité de la plage	17,1
maladies	10,9
perte de touristes	5,7
augmentation du nombre d'insectes/souris	4,6
odeurs	3,3
autres	1,4
ne se prononce pas	0,8

Tableau 11 - Conséquences de la présence de déchets sur les côtes.

Perception du touriste quant à la présence de déchets sur la plage où il se trouve

Avec quelques questions, nous avons essayé d'évaluer l'attention que la personne interrogée accorde à la présence de déchets sur la plage où elle se trouve. Il ressort des réponses (Fig. 50a) que la personne interrogée fait attention à la présence du *Marine Litter* toujours (47%) ou souvent (41%). Lorsqu'on lui a demandé si elle avait remarqué des déchets sur la plage où elle se trouvait au moment de remplir le questionnaire, 47% des personnes interrogées ont répondu non et 51% ont répondu oui (Fig. 50b).

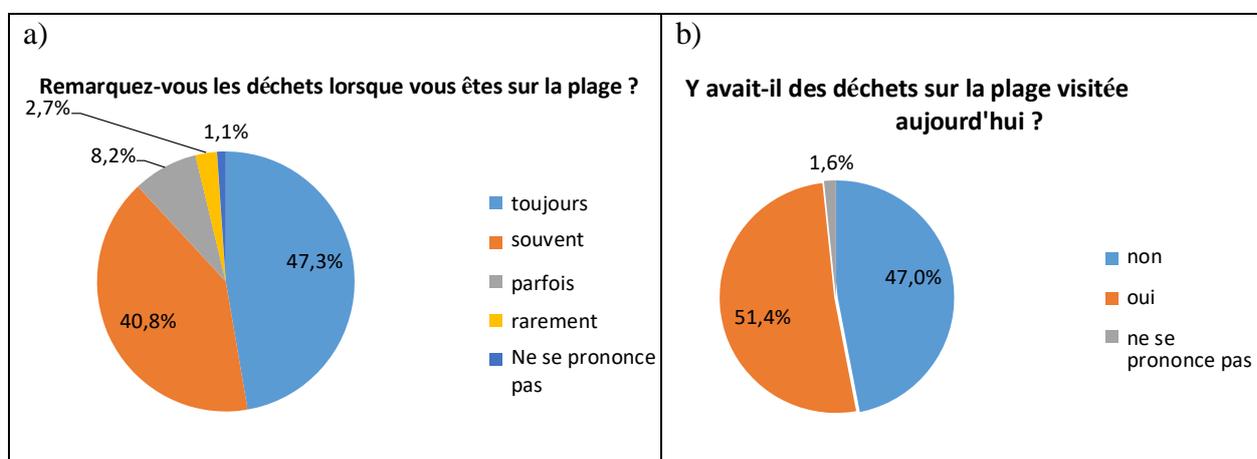


Figure 50 - a) Données relatives à la perception des déchets sur la plage ; b) Traitement des réponses relatives à la présence de déchets sur la plage le jour de l'interview.

Afin d'évaluer si la gestion des plages pouvait réduire la présence de déchets, une question a été posée sur la présence de déchets sur les plages équipées et libres. Pour les personnes interrogées, les déchets sont plus présents sur les plages libres (Fig. 51). En particulier, en ce qui concerne leur quantité, la tendance est la même tant dans les avis se référant à « assez » (libres 25%, équipées 15%) qu'à « très nombreux » (libres 30%, équipées 25%). Dans l'avis « nombreux », où se concentrent les pourcentages les plus élevés des réponses, celles qui font référence à des plages équipées (43%) l'emportent sur celles qui font référence à des plages libres (33%).

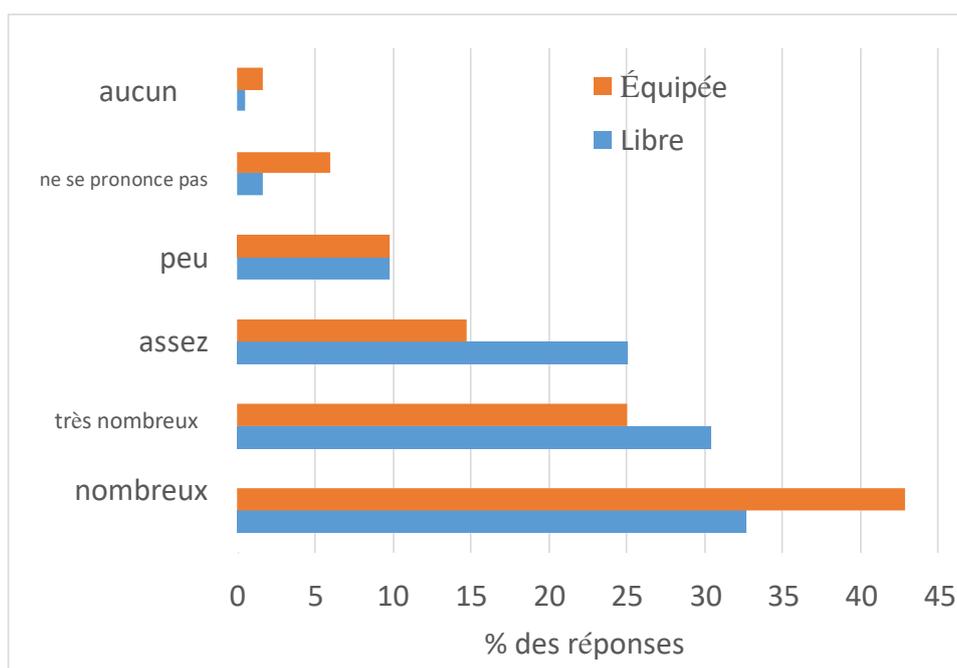


Figure 51 - Pourcentage de la présence de déchets selon les utilisateurs (exprimé par l'avis : aucun, peu, assez, nombreux, très nombreux) sur les plages libres et équipées.

La question suivante montre une incohérence. En effet, même si seulement la moitié environ des personnes interrogées notent la présence de déchets, presque tous expriment une estimation de la quantité et du type de *Marine Litter* présent. L'opinion a dû être évaluée, de manière comparative, en attribuant un poids compris entre 0 (absence) et 5 (grande prévalence). Les résultats (Tableau 12) montrent que les plastiques (2,7) prédominent parmi les déchets présents, suivis par les déchets organiques (2,4) et les cigarettes (2,2). Les données montrent une grande dispersion des types de déchets sans prévalence significative.

Estimation de la quantité des déchets présents (de 0 à 5)	Poids
Plastique	2,7
Déchets organiques (algues, branches, coquillages)	2,4
Mégots de cigarette	2,2
Déchets mixtes	1,9
Autres	1,8
Bâtonnets	1,7
Morceaux de verre et boîtes de conserve	1,7
Papier	1,5
Caoutchouc	1,2
Métal	1,0

Tableau 12 - Estimation de la quantité et du type de Marine Litter présent sur la plage, en attribuant un poids compris entre 0 (absence) et 5 (forte prévalence) à une liste de déchets (déchets organiques, mégots de cigarettes, bouteilles et canettes en verre, plastique, papier, métal, caoutchouc, déchets mixtes, bâtonnets et autres).

En comparant les données totales avec celles de la seule île de l'Asinara (Fig. 52), il ressort que l'évaluation sur l'estimation de la quantité typologique de déchets présents exprime la même échelle de fréquence de la typologie mais une évaluation du poids toujours supérieure à la totalité des données.

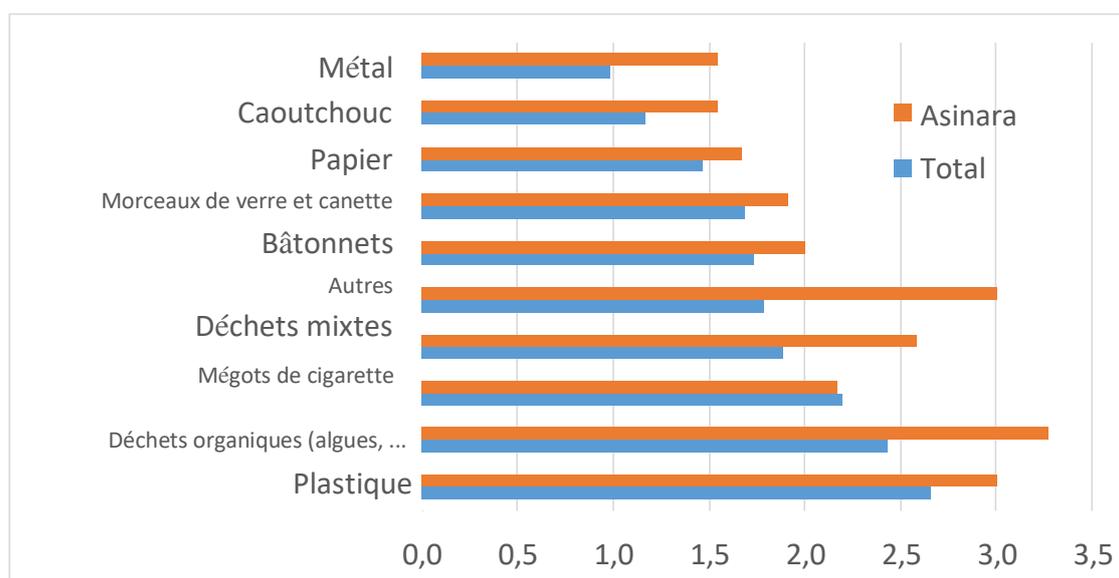


Figure 52 - Comparaison des données sur la quantité et le type de Marine Litter présent dans tous les sites étudiés et sur la plage de l'Asinara.

Connaissance des thèmes liés aux microplastiques

Un peu moins de la moitié des personnes interrogées (44%) ont déclaré (Fig. 53a) qu'ils ne savent pas ce que sont les microplastiques. 26% affirment que toutes les matières plastiques peuvent devenir des microplastiques (Fig. 53b), mais le pourcentage le plus élevé de réponses, concentré dans le « peut-être » (59%), montre un niveau d'information non exhaustif.

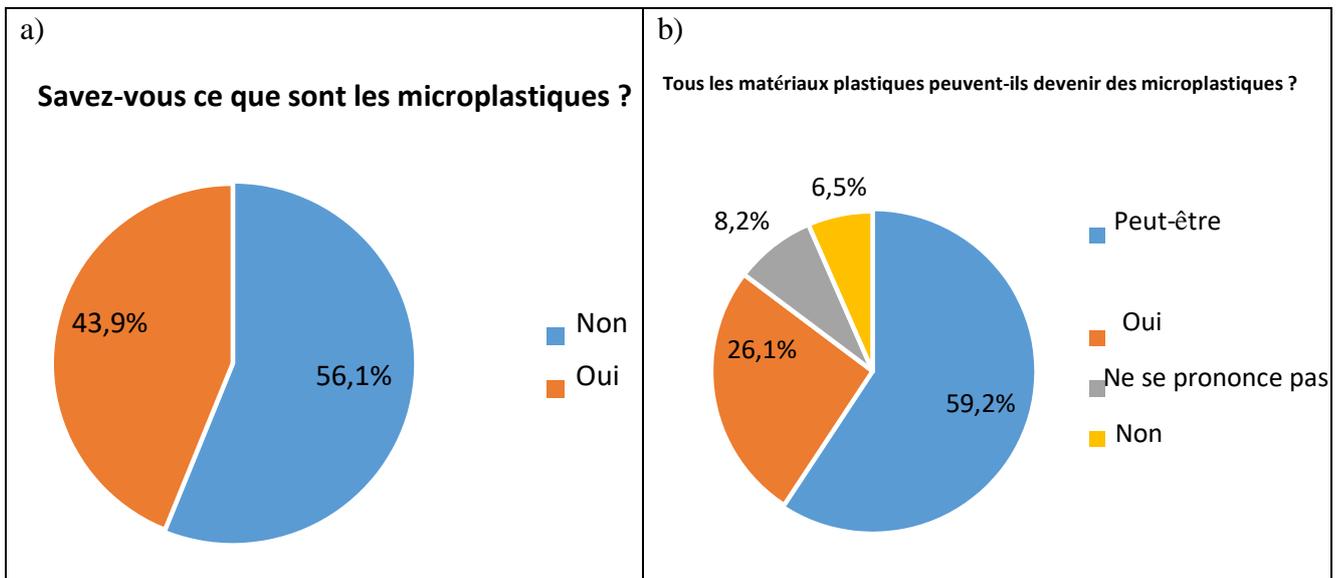


Figure 53 - a) Évaluation de la connaissance du problème des microplastiques, estimation des réponses des personnes interrogées exprimée en pourcentage ; b) Traitement des résultats des réponses à la question sur la transformation éventuelle de toutes les matières plastiques en microplastiques.

Quant à savoir où se trouvent les microplastiques, les personnes interrogées soulignent des doutes importants. En effet, le pourcentage de la réponse varie peut-être entre 54% et 32% (Tableau 13). Parmi les lieux et environnements cités dans la question, il ressort que les mers et océans (56%), les fonds marins (51%) et les rivières (50%) sont ceux où, avec plus de certitude, les personnes interrogées pensent qu'on peut trouver des microplastiques.

On peut trouver des microplastiques	effluents du traitement	rivières	mers	sédiments	fonds
	des eaux		océans		marins
Peut-être	54,3%	39,7%	31,5%	40,8%	35,9%
Oui	28,3%	50,0%	56,0%	42,4%	51,1%
Ne se prononce pas	12,5%	9,8%	10,3%	14,1%	11,4%
Non	4,9%	0,5%	2,2%	2,7%	1,6%

Tableau 13 - Taux de réponse sur la possibilité de trouver des microplastiques dans des environnements spécifiques (effluents de traitement des eaux, rivières, mers et océans, sédiments, fonds marins).

Il est également clair que pour les personnes interrogées, la pollution par les microplastiques est un problème à l'échelle mondiale (Fig. 54). 59% ont répondu « oui », 30% « peut-être », tandis que seulement 0,5% ont donné une réponse négative.

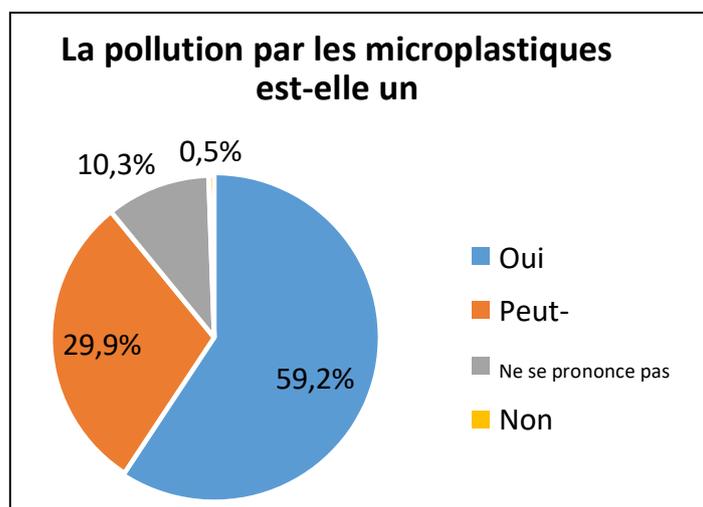


Figure 54 - Opinion des personnes interrogées sur l'ampleur du problème dû à la présence de microplastiques dans l'environnement marin.

D'autres questions ont été posées pour déterminer si les personnes interrogées estiment que la présence et la propagation des microplastiques constituent un danger pour l'environnement et l'homme (Fig. 55a-b). Dans les deux cas, le « oui » a prévalu, à savoir 79% pour l'environnement et 70% pour l'homme.

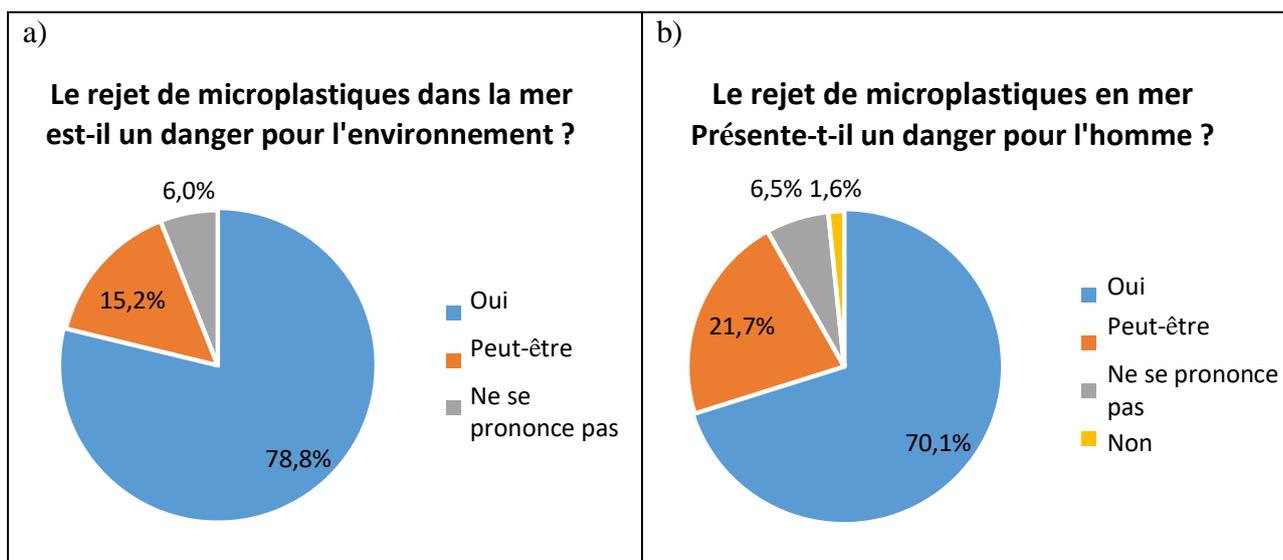


Figure 55 - Opinions des personnes interrogées sur le danger généré par la dispersion des microplastiques pour a) l'environnement et b) l'homme.

9. CONCLUSIONS

9.1 - Échantillonnage et analyse du Beach Litter

En ce qui concerne les résultats de l'échantillonnage effectué sur l'île de l'Asinara, afin d'évaluer la présence de macro et microplastiques, il est clair que l'adoption d'un plan de suivi périodique au cours de l'année a permis de prendre en compte certaines variations liées à la saisonnalité. Les résultats ont montré une répartition hétérogène entre les différentes campagnes. Les différents types de *marine litter* décrits dans ce travail montrent une tendance inverse en présence de macro et de mésoplastiques : les macroplastiques subissent une hausse pendant les mois d'été et les mésoplastiques pendant les mois de printemps.

En ce qui concerne les macroplastiques, de 2017 (**1,9 éléments/m²**) à 2019 (**0,8 éléments/m²**), les macroplastiques connaissent une baisse importante, ce qui est un signe probable des actions de sensibilisation menées ces dernières années par les médias et les organismes nationaux. Cependant, la densité des déchets reste assez élevée si l'on considère que les études sur les côtes de la mer Adriatique et Ionienne ont fait état d'une densité de **0,67 éléments/m²** (Vlachogianni et autres, 2018).

Ceci est intéressant car l'accumulation directe de déchets sur le littoral est souvent liée à la densité de population d'une région géographique (Galgani et autres, 2015 ; Liubartseva et autres, 2016), ou à l'exploitation touristique intensive des plages. Les plages analysées dans ce travail font partie du Parc National de l'Asinara, qui n'est pas habité en permanence et qui a un flux moyen de touristes, et fait également partie d'une région, la Sardaigne, à faible densité de population. Par conséquent, l'abondance de la densité moyenne de déchets trouvée dans cette étude (principalement les macroplastiques et mésoplastiques), en accord avec des études précédentes dans d'autres régions de la Sardaigne (de Lucia et autres, 2014 ; Camedda et autres, 2017), conduit à l'hypothèse que le *Beach Litter* peut également être arrivé de sources éloignées, transporté par le vent et les courants dans les eaux méditerranéennes, et déposés en Sardaigne par le vent et les courants. En outre, compte tenu du fait que les plages du Parc National de l'Asinara font partie d'une Aire Marine Protégée dans laquelle des mesures de protection spéciales sont prises, on peut supposer que l'origine des déchets trouvés dans les zones échantillonnées est principalement marine, donc probablement due aux courants.

En effet, la présence de déchets sur une plage est la conséquence d'une série de facteurs et de conditionnements qui peuvent être interprétés par l'analyse attentive de l'objet individuel et de son propre indice de conservation. Cependant, une série d'éléments intervient pour déterminer son accumulation et la différence de distribution qui est liée à une série de facteurs physiques conditionnés à leur tour par des processus exogènes en place dans cette condition géographique particulière et, non accessoirement, par des facteurs géomorphologiques qui affectent profondément son transport et sa sédimentation. C'est ce qui ressort de la situation que l'on peut observer sur le promontoire de Punta Sabina, où les plages sont situées dans des positions opposées et où la granulométrie des anses s'avère profondément différente. Dans ce court tronçon de côte se condensent les résultats possibles de la dynamique de la mer associée aux conditions géomorphologiques des lieux. Alors que la plage échantillonnée de Cala dei Ponzesi, également connue sous le nom de Cala Sabina, est soumise à l'influence du mouvement des vagues provenant du sud, la seconde, Cala del Turco (actuellement non recensée), est au contraire affectée par le mouvement des vagues provenant des quadrants nord, les plus efficaces ; si la première présente une bande de sable avec des résidus d'un champ de dunes limité, la seconde est caractérisée par du sable graveleux et caillouteux alors que la partie sableuse se trouve maintenant principalement dans la plage submergée.

La variété des matériaux anthropiques provenant principalement de la mer est principalement conditionnée par le mouvement des vagues pour les objets à forte capacité de flottabilité, tandis que ceux en suspension ou en bordure de la surface sont souvent entraînés par les courants de dérive.

Le rôle du vent devient de plus en plus décisif dans le transport du matériau même de dimensions considérables vers l'intérieur, où il s'accumule parfois dans des pièges morphologiques dont il a besoin de plus en plus d'énergie éolienne pour surmonter la barrière morphologique. Dans certains cas, notamment avec les matières plastiques de dimensions importantes (bidons, récipients, formes de moules, etc.), des accumulations se forment à une distance considérable du littoral ; cela n'est pas surprenant puisque les vents du IV^{ème} Quadrant peuvent fréquemment dépasser 100/km/h même dans des situations apparemment abritées comme la côte orientale de l'Asinara, où se trouvent ces deux plages.

L'état de la deuxième plage analysée, celle de Cala Spalmatore dans la zone de Punta Salippi, semble au contraire différent et les matériaux constatés et analysés le démontrent clairement. Cette situation doit également être considérée dans le changement profond des conditions morphoclimatiques qui ont un effet moindre que les flux de dérive affectant cette partie de l'île. En effet, elle est située le long des canaux d'entrée et de sortie des eaux venant de l'ouest, de la mer que les locaux appellent « mare di fuori » (la mer extérieure) en référence aux eaux de la mer de Sardaigne dont les fonds marins plongent rapidement vers les zones de plateau profond, contrairement au Golfe de l'Asinara où l'indice de pente de la plage submergée est très faible, égal à quelques degrés seulement.

Le passage continu de ces courants détermine le mouvement de la matière le long de la côte, en favorisant le transport éventuel d'objets par érosion directe de la côte sarde. Cette situation est encore plus évidente dans les jours qui suivent une inondation majeure, lorsque de nombreuses matières organiques sont déposées et sédimentées sur les plages du canal de l'Asinara, où abondent les restes de roseaux érodés par les crues du fleuve.

Afin d'avoir une image plus complète de la situation, il est toutefois nécessaire de procéder à des prélèvements au moins pendant les différentes saisons de l'année et de suivre des événements singuliers comme par exemple immédiatement après une tempête de mer.

L'analyse des données montre que l'abondance de déchets marins appartenant à la catégorie des matériaux polymériques est supérieure à 75% dans chaque site. En examinant en détail les 20 types de déchets polymériques les plus courants, on constate qu'en plus des fragments de différentes tailles (plus ou moins 2,5 cm), les macroplastiques les plus fréquemment collectés ont également été :

- les bouchons de bouteilles ;
- les bouchons non identifiés ;
- anneaux de bouchons de bouteilles ;
- morceaux de sachets ;
- bâtonnets.

Cela montre, comme toutes les études le confirment, que le plastique est le déchet le plus répandu et le plus abondant présent dans l'environnement marin.

Cela souligne la nécessité de reconnaître le fait que les déchets marins ne sont pas simplement un problème de gestion des déchets. L'une des principales causes de l'accumulation des déchets sur le sol est l'utilisation de produits à court terme et à usage unique. À cet égard, la stratégie européenne pour le plastique récemment adoptée devrait permettre de réduire considérablement l'utilisation et l'impact des produits en plastique jetables sur les plages.

Dans l'ensemble, l'hétérogénéité spatiale constatée dans cette étude pourrait être due à de multiples facteurs qui ont influencé la répartition des particules de plastique sur les plages étudiées.

Ce travail souligne l'importance de la surveillance du *Marine Litter* sur les plages et la nécessité d'utiliser un plan d'échantillonnage standardisé pour mieux comprendre le transport et l'identification des sources possibles de microplastiques.

9.2 - Questionnaire

Avec la prudence qui s'impose, il est possible de reconstituer l'identité des personnes interrogées présentes sur les cinq plages étudiées en Sardaigne. Il est important de rappeler que la plage de l'Asinara se distingue des autres par le manque de résidents et l'absence de structures d'hébergement touristique.

Les réponses fournies montrent que la majorité des personnes interrogées ont entre 21 et 40 ans, avec une prévalence de la tranche d'âge 21-30 ans et un pourcentage relativement faible de jeunes (< 21 ans). Ils vivent en moyenne à proximité du lieu où ils ont été interrogés (63 % à moins de 50 km) et la majorité (65,2 %) sont des étudiants, des salariés, des professionnels et des enseignants. La population interrogée, majoritairement féminine (58%), fréquente généralement la plage où elle a été interrogée (72% des réponses) et est généralement arrivée avec de la famille ou des amis (78%).

De la lecture de l'ensemble des données recueillies, il ressort que le choix des lieux où se trouve la personne interrogée est principalement lié à la mer et à la plage (37%), à la nature et au paysage (28%), à la recherche de détente et de tranquillité (16%) et, dans une

moindre mesure, à la proximité du domicile (11%).

Si l'on considère uniquement les données recueillies sur l'île de l'Asinara, le profil du touriste ne diffère pas sensiblement de l'analyse globale. Dans cette étude de cas également, la présence de femmes (environ 64 %) est plus élevée que celle des hommes et la nationalité italienne (96 %) prévaut clairement. L'âge moyen du touriste est légèrement supérieur à la moyenne générale car la classe la plus fréquente est celle des 31-40 ans (41%), suivie des 21-30 ans (18%) et des 51-60 ans (14%) ; les personnes interrogées de plus de 60 ans sont relativement peu nombreuses (5%). Environ 64 % des personnes interrogées vivent à moins de 50 km de l'île. Les motivations des personnes interrogées pour visiter l'Asinara sont principalement liées à la mer et à la plage (39%), à la nature et au paysage (32%), à la détente et à la tranquillité (19%) et à la proximité du domicile (7%).

En résumé, il ressort que la personne interrogée préfère des vacances « traditionnelles » caractérisées par la connaissance du lieu et la proximité de sa résidence. Elle privilégie des vacances reposantes et paisibles en famille et entre amis.

L'analyse des attentes et des perceptions du touriste permet de mettre en évidence certaines des forces et des faiblesses attribuées aux lieux considérés.

Les raisons pour lesquelles il a choisi de se rendre sur le lieu où il a été interviewé privilégient les aspects environnementaux tels que la beauté de la mer, de la nature et du paysage plutôt que la distance de son domicile.

En outre, la nette prédominance des Italiens sur les étrangers met en évidence la nécessité d'encourager les flux touristiques nationaux et internationaux.

En ce qui concerne le *Marine Litter*, les réponses recueillies grâce à la soumission du questionnaire mettent en évidence la manière dont le problème est connu des personnes interrogées et en quoi il s'agit d'une préoccupation justifiée. En particulier, le problème de la durée de persistance des déchets est perçu, même s'il est sous-estimé en termes de temps, tandis que les activités liées au tourisme, les décharges terrestres mal gérées et le rejet incontrôlé des eaux usées sont indiqués comme étant plus responsables de leur présence le long des côtes. Cependant, les activités qui sont menées en mer se voient accorder moins de poids : trafic maritime, industries offshore, pêche et aquaculture. La capacité de

transport des rivières est clairement sous-estimée.

L'analyse des données recueillies montre également que les comportements qui contribuent le plus à leur production et à leur dispersion sont liés au comportement humain, à l'utilisation du plastique dans les produits et les emballages, et à la gestion de l'élimination des déchets. Les personnes interrogées sont également conscientes que la présence de déchets peut avoir des impacts négatifs importants. En particulier, les conséquences liées à la pollution, à la mauvaise qualité de l'eau et de la plage, et la possibilité que les déchets puissent favoriser l'apparition de maladies sont plus largement perçues. Curieusement, la présence de déchets ne semble pas avoir un impact significatif sur la dynamique du tourisme.

En ce qui concerne l'emplacement de la personne interrogée, il semble que la majorité prête attention à la présence des déchets et que la majorité a remarqué leur présence à cet endroit. Ils pensent généralement, d'après leur propre expérience, qu'il y en a plus sur les plages libres que sur les plages équipées et que les déchets sont principalement constitués de plastique, de déchets organiques et de cigarettes.

En comparant les données totales avec celles de la seule île de l'Asinara, il ressort que l'évaluation sur l'estimation de la quantité typologique de déchets présente une même échelle de fréquence de la typologie, mais une évaluation du poids supérieur à la totalité des données surtout en ce qui concerne les catégories « autres » et « déchets mixtes ».

De plus, un peu moins de la moitié des personnes interrogées déclarent ne pas savoir ce que sont les microplastiques et seulement un quart déclare que toutes les matières plastiques peuvent devenir des microplastiques. Quant à savoir où se trouvent les microplastiques, les personnes interrogées soulignent des doutes importants. En effet, le pourcentage de la réponse varie peut-être entre 54 et 32%. Parmi les lieux et environnements cités dans la question, il ressort également que les microplastiques se trouvent principalement, pour les personnes interrogées, dans les mers et océans, les fonds marins et les rivières.

Il est également clair que, pour les personnes interrogées, la pollution par les microplastiques est un problème à l'échelle mondiale et que leur présence et leur propagation représentent un danger pour l'environnement et pour l'homme.

En définitive, les réponses obtenues mettent en évidence une connaissance suffisante de la question liée au *Marine Litter* et la présence de plastique dans les déchets est jugée significative. Moins connu est le problème des microplastiques, considéré comme un problème mondial et ayant des impacts négatifs importants sur l'homme et l'environnement, mais pour lequel il n'existe pas de niveau d'information complet.

Il serait certainement intéressant d'approfondir, et très intéressant pour la poursuite de la recherche, afin de permettre l'évaluation du degré d'altération anthropique des deux plages échantillons, et de connaître les caractéristiques géochimiques des sédiments, d'analyser si et quels sont les contaminants présents dans l'écosystème côtier, les éléments majeurs et les éléments traces, C organique et N total.

Bibliographie

Abdelhafidi A., Babaghayoua I.M., Chabiraa S.F., Sebaaa M., 2015, *Impact of solar radiation effects on the physicochemical properties of polyethylene (PE) plastic film*, dans *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 195, p. 2922-2929. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.09.002>

Al-Malaika S., Axtell F., Rothon R., Gilbert M., 2017, *Additives for Plastics*, in *Brydson's Plastics Materials* (sous la direction de Gilbert M.), dans Elsevier, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, p. 127-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35824-8.00007-4>

Alessi E., Di Carlo G., 2018, *Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution*, Rapport du WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, Italie. <https://wwf.fi/mediabank/11094.pdf>

Alessi E., 2019, *Fermiamo L'inquinamento da Plastica. Italia: una Guida Pratica per Uscire dalla Crisi della Plastica*, Rapport du WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, Italie. http://assets.wwf.it/panda.org/downloads/fermiamo_inquinamentoplastica_giu2019.pdf

Alkalay R., Pasternak G., Zask A., 2007, *Clean-coast index: a new approach for beach cleanliness assessment*, dans *Ocean & Coastal Management*, Vol. 50 (5-6), p. 352-362.

Almeida-García F., Peláez-Fernández M.A., Balbuena-Vázquez A., Cortés-Macias R., 2016, *Residents' perceptions of tourism development in Benalmádena (Spain)*, dans *Tourism Management*, Vol. 54, p. 259-274. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.11.007>

Andrady A.L., Neal M.A., 2009, *Applications and societal benefits of plastics*, dans *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 364 (1526). <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>

Andrady A.L., 2011, *Microplastics in the marine environment*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 62 (8), p. 1596-1605. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>

Andrady A.L., 2015, *Persistence of plastic litter in the oceans*, dans *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 57-72.

Andrady A.L., 2017, *The plastic in microplastics: a review*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 119 (1), p. 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>

Anfuso G., Williams A.T., Casas Martínez G., Botero C.M., Cabrera Hernández J.A., Pranzini E., 2017, *Evaluation of the scenic value of 100 beaches in Cuba: implications for coastal tourism management*, dans *Ocean and Coastal Management*, Vol. 142, p. 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.029>

Arcadis, 2014, *Marine Litter study to support the establishment of an initial quantitative headline reduction target - SFRA0025*, European Commission DG Environment, Project number BE0113.000668, Final Report. https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/final_report.pdf

Asensio-Montesinos F., Anfuso G., Corbí H., 2019, *Coastal scenery and litter impacts at Alicante (SE Spain): management issues*, dans *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 23 (1), p. 185-201. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0651-8>

Au S.Y., Lee C.M, Weinstein J.E, van den Hurk P., Klaine S.J., 2017, *Trophic transfer of microplastics in aquatic ecosystems: Identifying critical research needs*, in *Integrated Environmental Assessment and Management*, Vol. 13 (3), p. 505-509.

<https://doi.org/10.1002/ieam.1907>

Azoulay D., Villa P., Arellano Y., Gordon M., Moon D., Miller K., Thompson K., 2019, *Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic*, CIEL. www.ciel.org/plasticandhealth

Baini M., Fossi M., Galli M., Caliani I., Campani T., Finioia M., Panti C., 2018, *Abundance and characterization of microplastics in the coastal waters of Tuscany (Italy): The application of the MSFD monitoring protocol in the Mediterranean Sea*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 133, p. 543-552. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.016>

Bergmann, M., Klages, M., 2012. *Increase of litter at the arctic deep-sea observatory hausgarten*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 64 (12), 2734-2741. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.018>

Bertolotti G. et Capitelli V., 2007, *Dizionario delle materie plastiche*, Tecniche Nuove, Milan, Italie.

Bimonte S., Punzo L. F. (sous la direction de), 2003, *Turismo, sviluppo economico e sostenibilità: teoria e pratica*, Università degli Studi di Siena – Facoltà di economia, Protagon.

Boucher J., Friot D., 2017, *Primary Microplastics in the Oceans: Global Evaluation of Sources*, Gland, Svizzera: IUCN. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>

Boucher J., Friot D., 2019, *The challenges of measuring plastic pollution*, in *Field Actions Science Reports*, Special Issue 19, p. 68-75. <http://journals.openedition.org/factsreports/5319>

Brougham J.E., Butler R.W., 1981, *A segmentation analysis of resident attitudes to the social impact of tourism*, dans *Annals of Tourism Research*, Vol. 8 (4), p. 569-590. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(81\)90042-6](https://doi.org/10.1016/0160-7383(81)90042-6)

Brouwer R., Hadzhiyska D., Ioakeimidis C., Ouderdorp H., 2017, *The social costs of marine litter along European coasts*, dans *Ocean & Coastal Management*, Vol. 138, p. 38- 49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>

Camedda A., Coppa S., Palazzo L., Marra S., Massaro G., Brundu R., De Lucia G.A., 2017, *First characterization and impact assessment of beach litter in Sardinia (Western*

Mediterranean), 15th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Grèce.

https://cest2017.gnest.org/sites/default/files/presentation_file_list/cest2017_00662_poster_paper.pdf

Carboni D., Congiatu P., De Vincenzi M., 2015, *Asinara National Park. An Example of Growth and Sustainability in Tourism*, dans *Journal of Environmental and Tourism Analyses*, Vol. 3 (1), p. 44-60.

http://jeta.rev.unibuc.ro/wp-content/uploads/2014/10/JETA_2015_3_31.pdf

Cheshire A.C., Adler E., Barbière J., Cohen Y., Evans S., Jarayabhand S., Jeftic L., Jung R.T., Kinsey S., Kusui E.T., Lavine I., Manyara P., Oosterbaan L., Pereira M.A., Sheavly S., Tkalin A., Varadarajan S., Wenneker B., Westphalen G., 2009, *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186. IOC, Technical Series No. 83.*

[https://tamug-ir.tdl.org/bitstream/handle/1969.3/29139/Marine Litter Survey and Monitoring Guidelines.pdf?sequence=1](https://tamug-ir.tdl.org/bitstream/handle/1969.3/29139/Marine_Litter_Survey_and_Monitoring_Guidelines.pdf?sequence=1)

Chen C.L., 2015, *Regulation and Management of Marine Litter*, dans *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 395-428.

Chen Q., Reisser J., Cunsolo S., Kwadijk C., Kotterman M., Proietti M., Slat B., Ferrari F.F., Schwarz A., Levivier A., Yin D., Hollert H., Koelmans A.A., 2017, *Pollutants in plastics within the North Pacific subtropical gyre*, dans *Environmental Science Technology*, Vol. 52 (2), p. 446-456.

<https://doi.org/10.1021/acs.est.7b04682>

Collignon A., Hecq J.H., Glagani F., Voisin P., Collard F., Goffart A., 2012, *Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 64 (4), p. 861-864.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22325448>

Collignon A., Hecq J.H., Jousseau M., Goffart A., 2014, *Annual variation in neustonic micro- and meso-plastic particles and zooplankton in the Bay of Calvi (Mediterranean–Corsica)*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 79 (1–2), p. 293-298.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.023>

Consoli P., Romeo T., Angiolillo M., Canese S., Esposito V., Salvati E., Scotti G., Andaloro F., Tunesi L., 2019, *Marine litter from fishery activities in the Western Mediterranean sea: The impact of entanglement on marine animal forests*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 249, p. 472-481.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.072>

Corbau C., Benedetto G., Congiatu P.P., Simeoni U., Carboni D., 2019, *Tourism analysis at Asinara Island (Italy): Carrying capacity and web evaluations in two pocket beaches*, dans *Ocean & Coastal Management*, Vol. 169, p. 27-36.

<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.004>

Corrado S., Sala S., 2018, *Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook*, dans *Waste Management*, Vol. 79, p. 120-131.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032>

Cózar A., Sanz-Martín M., Martí E., González-Gordillo J.I., Ubeda B., Gálvez J.Á., Irigoien X., Duarte C.M., 2015, *Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea*, dans *PLoS ONE*, Vol. 10 (4), e0121762. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>

Critchell K., Grech, A. Schlaefel J., Andutta F.P., Lambrechts J., Wolanski E., Hamann M., 2015, *Modelling the fate of marine debris along a complex shoreline: lessons from the great barrier reef*, dans *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. 167, 414-426.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.018>

Dahm C., 2003, *Beach User Values and Perception of Coastal Erosion*, Report commissioned by the Environment Waikato (p. 68), Technical Report.

de Lucia G.A., Caliani I., Marra S., Camedda A., Coppa S., Alcaro L., Campani T., Giannetti M., Coppola D., Cicero A.M., Panti C., Bainsi M., Guerranti C, Marsili L., Massaro G., Fossi M.C., Matiddi M., 2014, *Amount and distribution of neustonic micro-plastic off the western Sardinian coast (Central-Western Mediterranean Sea)*, dans *Marine Environmental Research*, Vol. 100, p. 10-16.

<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.03.017>

Edjabou M.E, Jensen M.B., Götze R., Pivnenko K., Petersen C., Scheutz C., Astrup T.F., 2015, *Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation*, dans *Waste Management*, Vol. 36, p. 12-23.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.009>

Eriksen M., Lebreton L.C.M., Carson H.S., Thiel M., Moore C.J., Borerro J.C., 2014, *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*, dans PLoS ONE, Vol. 9 (12): e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Eriksen M., Thiel M., Lebreton L., 2017, *Nature of Plastic Marine Pollution in the Subtropical Gyres*, in *Hazardous Chemicals Associated with Plastics in the Marine Environment, The Handbook of Environmental Chemistry* (sous la direction de Takada H., Karapanagioti H.), Vol. 78, Springer, Cham, p. 135-162. http://doi.org/10.1007/698_2016_123

European Commission, 2018, *A European Strategy for Plastic in a Circular Economy*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0028&from=EN>

Eurostat, 2019, *Waste statistics: Statistics Explained*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1183.pdf>

FAO(a), 2016, *Abandoned, lost and discarded gillnets and trammel nets: Methods to estimate ghost fishing mortality, and the status of regional monitoring and management* (sous la direction de Gilman E., Chopin F., Suuronen P., Kuemlangan B.), Fao Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Vol. 600, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5051e.pdf>

FAO(b), 2016, *Microplastics in fisheries and aquaculture: Status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety* (sous la direction de Lusher A., Hollman P., Mendoza-Hill J.), Fao Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Vol. 615, Rome. <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>

Fossi M.C., Coppola D., Bainsi M., Giannetti M., Guerranti C., Marsili L., Panti C., de Sabata E., Simona Clò S., 2014, *Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*)*, dans *Marine Environmental Research*, Vol. 100, p. 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.02.002>

Fossi M.C., Marsili L., Bainsi M., Giannetti M., Coppola D., Guerranti C., Caliani I., Minutoli R., Giancarlo G., Finoia M.G., Rubegni F., Panigada S., Bérubé M., Jorge

Ramírez J., Panti C., 2016, *Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 209, p. 68-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2015.11.022>

Freinkel S., 2011, *Plastic: A Toxic Love Story*, Houghton Mifflin Harcourt, New York, USA.

Galgani F., Fleet D., Van Franeker J., Katsanevakis S., Maes T., Mouat J., Oosterbaan L., Poitou I., Hanke G., Thompson R.C, Amato E., Birkun A., Janssen C., 2010, *MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE Task Group 10 Report: Marine litter*, JRC (European Commission) Scientific and Technical Reports, European Union, IFREMER and ICES. <http://doi.org/10.2788/86941>

Galgani F., Hanke G., Werner S., Oosterbaan L., Nilsson P., Fleet D., Kinsey S., Thompson R.C., van Franeker J., Vlachogianni T., Scoullou M., Mira Veiga J., Palatinus A., Matiddi M., Maes T., Korpinen S., Budziak A., Leslie H., Gago J., Liebezeit G., 2013, *Monitoring Guidance for Marine Litter in European Seas*, MSFD GES Technical Subgroup on Marine Litter (TSG-ML). DRAFT REPORT, European Commission. <https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/201702074014.pdf>

Galgani F., Deudero S., Fossi M.C., Ghiglione J.F., 2014, *Marine litter in the Mediterranean and Black Seas*, dans CIESM, *Marine litter in the Mediterranean and Black Seas*. CIESM Workshop Monograph n° 46 (sous la direction de F. Briand), CIESM Publisher, Munich, Allemagne.

Galgani F., Hanke G., Maes T., 2015, *Global Distribution, Composition and Abundance of Marine Litter*, dans *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 29-56.

Gall S.C., Thompson R.C., 2015, *The impact of debris on marine life*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 92 (1-2), 170-179. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>

Gallo F., Fossi C., Weber R., Santillo D., Sousa J., Ingram I., Nadal A., Romano D., 2018, *Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures*, dans *Environmental Science Europe*, Vol. 30. <http://doi.org/10.1186/s12302-018-0139-z>

GESAMP, 2015, *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment* (sous la direction de Kershaw P.J.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP, n. 90.

GESAMP, 2019, *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean* (sous la direction de Kershaw P.J., Turra A., Galgani F.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection), Rep. Stud. GESAMP n. 99.

<https://oceanbestpractices.net/bitstream/handle/11329/889/rs99e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Geyer R., Jambeck J. R., Lavender Law K.L., 2017, *Production, use, and fate of all plastics ever made*, dans *Science Advances*, Vol. 3 (7), e1700782. <http://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

Gilbert M., 2017, *Plastics Material: Introduction and Historical Development*, dans *Brydson's Plastics Materials* (sous la direction de Gilbert M.), Elsevier, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, p. 1-18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-35824-8.00001-3>

Ginesu S., Pirino M., Pusceddu A., Sias S., Trebini L., 1998, *L'indagine geomorfologica del territorio dell'Asinara*, dans *L'isola dell'Asinara: l'ambiente, la storia, il parco* (sous la direction de Gutierrez M., Mattone A., Valsecchi F.), Poliedro, Nuoro, Italie, p. 133-138.

Goldstein M.C., Goodwin D.S., 2013, *Gooseneck barnacles (Lepas spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre*, dans *Peer J*, Vol. 1, p. e184 <http://doi.org/10.7717/peerj.184>

Graefe A. R., Vaske J. J., 1987, *A framework for managing quality in the tourist experience*, dans *Annals of Tourism research*, Vol. 14 (3), p. 390-404. [http://doi.org/10.1016/0160-7383\(87\)90110-1](http://doi.org/10.1016/0160-7383(87)90110-1)

Greenpeace, 2017, *Un Mediterraneo pieno di plastica. Ricerca sull'inquinamento marino derivante dalla plastica, impatti e soluzioni*.

https://storage.googleapis.com/planet4-italy-stateless/2018/11/b3feaa17-b3feaa17-un_mediterraneo_pieno_di_plastica.pdf

HELCOM, 2018, *HELCOM Guidelines for monitoring beach litter*, Working Group on the State of the Environment and Nature Conservation, Klaipeda, Lituanie. <https://portal.helcom.fi/meetings/STATE%20-%20CONSERVATION%208-2018-500/MeetingDocuments/3MA-3%20HELCOM%20monitoring%20guidelines%20for%20marine%20litter%20on%20beaches.pdf>

Hermabessiere L., Dehaut A., Paul-Pont I., Lacroix C., Jezequel R., Soudant P., Duflos G., 2017, *Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review*, dans *Chemosphere*, Vol. 182, p. 781-793. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.096>

Heskett M., Takada H., Yamashita R., Yuyama M., Ito M., Yeo Bee Geok, Ogata Y., Kwan C., Heckhausen A., Taylor H., Powell T., Morishige C., Young D., Patterson H., Robertson B., Bailey E., Mermoz J., 2012, *Measurement of persistent organic pollutants (POPs) in plastic resin pellets from remote islands: toward establishment of background concentrations for International Pellet Watch*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 64 (2), p. 445-448. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.11.004>

ICES, 2018, *Interim Report of the Working Group on Marine Litter (WGML)*, ICES CM 2018/HAPISG:10, Copenhagen, Danemark. <http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/HAPISG/2018/01%20WGML%20-%20Report%20of%20the%20Working%20Group%20on%20Marine%20Litter.pdf>

IPCC, 2014, *Climate change: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Genève, Suisse. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_Front_matters.pdf

Isobe A., Kubo K., Tamura Y., Kako S., Nakashima E., Fujii N., 2014, *Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 89, p. 324-330. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041>

Ivar do Sul J.A., Barnes D.K.A., Costa M.F., Convey P., 2011, *Plastics in the Antarctic environment: Are we looking only at the tip of the iceberg?*, dans *Oecologia Australis*, Vol. 15 (1), p. 150-170. <http://doi.org/10.4257/oeco.2011.1501.11>

Ivar do Sul J.A., Costa M.F., 2014, *The present and future of microplastic pollution in the marine environment*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 185, p. 352-364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>

Jambeck J.R., Geyer R., Wilcox C., Siegler T.R., Perryman M., Andrady A., Narayan R., Law K.L., 2015, *Plastic waste inputs from land into the ocean*, dans *Science*, Vol. 347 (6223), p. 768-771. <http://doi.org/10.1126/science.1260352>

Karlsson T.M., Arneborg L., Broström G., Almroth B.C, Gipperth L., Hassellöv M., *The unaccountability case of plastic pellet pollution*, 2018, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 129, p. 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.041>

Kawai K. e Tasaki T., 2016, *Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability*, dans *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Vol. 18 (1), p. 1-13. <http://doi.org/10.1007/s10163-015-0355-1>

Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F., 2018, *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, World Bank, Washington DC, USA. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>

Krelling A.P., Williams A.T., Turra A., 2017, *Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas*, dans *Marine Policy*, Vol. 85, p. 87-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.021>

Kubowicz S., Booth A.M., 2017, *Biodegradability of Plastics: Challenges and Misconceptions*, dans *Environmental Science Technology*, Vol. 51, p. 12058-12060. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.7b04051?rand=2ksqjc65>

Law K.L., 2017, *Plastics in the Marine Environment*, dans *Annual Reviews Marine Science*, Vol. 9, p. 205-229. <http://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>

Lebreton L., van der Zwet J., Damsteeg J.W., Slat B., Andrady A., Reisser J., 2017, *River plastic emissions to the world's oceans*, dans *Nat. Commun.*, Vol. 8, e15611. <http://doi.org/10.6084/m9.figshare.4725541>

Lebreton L., Slat B., Ferrari F., Sainte-Rose B., Aitken J., Marthouse R., Hajbane S., Cunsolo S., Schwarz A., Levivier A., Noble K., Debeljak P., Maral H., Schoeneich-Argent

R., Brambini R., Reisser J., 2018, *Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic*, dans *Scientific Reports*, Vol. 8, e4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>

Lebreton L., Andrady A., 2019, *Future scenarios of global plastic waste generation and disposal*, dans *Palgrave Communications*, Vol. 5 (6). <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>

Legambiente, 2019, *Beach litter: Indagine sui rifiuti nelle spiagge italiane* (sous la direction de Carpentieri S., Colombo L., Di Vito S., Grasso P., Merlo V., Scocchera E.). https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/dossier_beachlitter2019.pdf

Leggett C., Scherer N., Curry M., Bailey R., 2014, *Assessing the Economic Benefits of Reductions in Marine Debris: A Pilot Study of Beach Recreation in Orange County, California. Final Report: June 15 2014*, dans *National Oceanic and Atmospheric Administration*, Cambridge, USA. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/MarineDebrisEconomicStudy_0.pdf

Leite A.S., Santos L.L., Costa Y., Hatje V., 2014, *Influence of proximity to an urban center in the pattern of contamination by marine debris*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 81, p. 242-247. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.032>

Letcher M., Vallero D.A., 2019, *Waste: A Handbook for Management*, Academic Press, Cambridge, UK,.

Liubartseva S., Coppini G., Lecci R., Creti S., 2016, *Regional approach to modeling the transport of floating plastic debris in the Adriatic Sea*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 103 (1–2), p. 115-127. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.031>

Liubartseva S., Coppini G., Lecci R., Clementi E., 2018, *Tracking plastics in the Mediterranean: 2D Lagrangian model*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 129 (1), p. 151-162. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.019>

Marchetto D., Lattella A., Pojana G., 2017, *Le Microplastiche nell'Ambiente Marino*, dans *La Chimica e l'Industria Online*, Società Chimica Italiana, Vol. 1, p. 18-25. <http://dx.medra.org/10.17374/CI.2017.99.1.18>

MARILISCO, 2013, *Rifiuti solidi in mare (Marine Litter): problemi e possibili soluzioni* (sous la direction de Alcaro L.).

http://www.marlisco.eu/tl_files/marlisco/Video-Contest/Downloads/Rifiuti_Solidi_In_Mare.pdf

Marin V., Palmisani F., Ivaldi R., Dursi R., Fabiano M., 2009, *Users' perception analysis for sustainable beach management in Italy*, dans *Ocean & Coastal Management*, Vol. 52 (5), p. 268-277. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.02.001>

Mason S.A., Garneau D., Sutton R., Chu Y., Ehmann K., Barnes J., Fink P., Papazissimos D., Rogers D. L., 2016, *Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 218, p. 1045-1054. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056>

Matsuoka T., Nakashima T., Nagasawa N., 2005, *A review of ghost fishing: scientific approaches to evaluation and solutions*, dans *Fisheries Science.*, Vol. 71, p. 691-702. <http://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01019.x>

Micallef A., Williams A.T, 1999, *User preferences and priorities on Maltese beaches: findings and potential importance for tourism*, dans *Coastal Environmental Management* (sous la direction de Randazzo G.), EUCC-Italy.

Millet H., Vangheluwe P., Block C., Sevenster A., Garcia L., Antonopoulos R., 2019, *The Nature of Plastics and Their Societal Usage*, dans *Plastic and Environment* (sous la direction de Harrison R.M., Hester R.E.), Royal Society of Chemistry, Londres, UK, p. 1-20. <http://doi.org/10.1039/9781788013314-00001>

Moore C.J., Moore S.L., Leecaster M.K., Weisberg S.B., 2001, *A comparison of plastic and plankton in the north pacific central gyre*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 42 (12), p. 1297-1300. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00114-X)

Morgan R., Williams A.T, 1995, *Socio-demographic parameters and user priorities at Gower beaches, UK*, dans *Directions in European Coastal Management* (sous la direction de Healy M.G. et Doody J.P.), EUCC & Samara Publishing, Tresaith, UK, p.83-90.

Morris, J.R., 1980, *Floating plastic debris in the Mediterranean*, dans *Marine Pollution Bulletin* (11), p. 125.

Munari C., Corbau C., Simeoni U., Mistri M., 2016, *Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches*, dans *Waste Management* 49, 483-490.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.010>

NOAA, 2013, *Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment*, NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46 (sous la direction de Lippiatt S., Opfer S., Arthur C.).
<http://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/Lippiatt%20et%20al%202013.pdf>

Ocean Conservancy, 2010, *A rising tide of ocean debris. 2009 Report*, Washington DC, USA.

OSPAR, 2010, *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*.

https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf

Panti P., Bains M., Lusher A., Hernandez-Milan G., Bravo Rebolledo E.L., Unger B., Syberg K., Simmonds M.P., Fossi M.C., 2019, *Marine litter: One of the major threats for marine mammals. Outcomes from the European Cetacean Society workshop*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 247, p.72-79. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.029>

Pettipas S., Bernier M., Walker T.R., 2016, *A Canadian policy framework to mitigate plastic marine pollution*, dans *Marine Policy*, Vol. 68, p. 117-122.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.02.025>

Pham C.K., Ramirez-Llodra E., Alt C.H., Amaro T., Bergmann, M., Canals M., Davies J., Duineveld G., Galgani F., Howell K.L., Veerle A. I. Huvenne, Isidro E., Jones D.O.B., Lastras G., Morato T., Nuno Gomes-Pereira J., Purser A., Stewart H., Tojeira I., Tubau X., Van Rooij D., Tyler P.A, 2014, *Marine litter distribution and density in european seas, from the shelves to deep basins*, dans *PloS ONE*, Vol. 9 (4), e95839.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0095839>

PlasticsEurope, 2018, *Plastics - the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*.
<https://www.plasticseurope.org/it/resources/publications/619-plastics-facts-2018>

- Poeta G., Conti L., Malavasi M., Battisti C., Acosta A.T.R., 2016, *Beach litter occurrence in sandy littorals: The potential role of urban areas, rivers and beach users in central Italy*, dans *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 181, p. 231-237.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2016.08.041>
- Portman M.E., Brennan R.E, 2017, *Marine litter from beach-based sources: Case study of an Eastern Mediterranean coastal town*, dans *Waste Management*, Vol. 69, p. 535-544.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.040>
- Prevenios M., Zeri C., Tsangaris C., Liubartseva S., Fakiris E., Papatheodorou G., 2018, *Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 129, p. 448-457.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.013>
- Rillig M.C., 2012, *Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil*, dans *Environmental Science Technology*, Vol. 46 (12), p. 6453-6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
- Rochman C.M., 2015, *The Complex Mixture, Fate and Toxicity of Chemicals Associated with Plastic Debris in the Marine Environment*, dans *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 117-140.
<http://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Ryan P.G., Moore C.J, Van Franeker J.A., Moloney C., 2009, *Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment*, dans *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, Vol. 364 (1526), p. 1999-2012.
<http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207>
- Ryan, P.G., 2013, *A simple technique for counting marine debris at sea reveals steep litter gradients between the Straits of Malacca and the Bay of Bengal*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 69 (1-2), p. 128-136. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.016>
- Ryan P.G., 2015, *A Brief History of Marine Litter Research*, in *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 1-25. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Santos I.R., Friedrich A.C., Wallner-Kersanach M., Fillmann G., 2005, *Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation*, dans *Ocean & Coastal Management*, Vol. 48 (9), p. 742-752.
<http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.08.006>

Sharma S., Chatterjee S., 2017, *Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review*, dans *Environmental Science and Pollution Research.*, Vol. 24, p. 21530-21547.

<http://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>

Suaría G., Avio C.G., Mineo A., Lattin G.L., Magaldi M.G., Belmonte G., Moore C.J., Regoli F., Aliani S., 2016, *The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters*, dans *Scientific Reports*, Vol. 6 (37551).

<https://doi.org/10.1038/srep37551>

Surfrider Foundation Europe, 2018, *Enough Excuses: Time for Europe to act against plastic bag pollution*.

[https://www.surfrider.eu/wp-](https://www.surfrider.eu/wp-content/uploads/2017/06/report_EUMemberStateslegislations_PlasticBags_web_en.pdf)

[content/uploads/2017/06/report_EUMemberStateslegislations_PlasticBags_web_en.pdf](https://www.surfrider.eu/wp-content/uploads/2017/06/report_EUMemberStateslegislations_PlasticBags_web_en.pdf)

Thevenon F., Carroll C., Sousa J. (sous la direction de), 2014, *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts, Situation Analysis Report*, IUCN, Gland, Suisse. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2014.03.en>

Thompson R.C., Swan S.H., Moore C.J., vom Saal F.S., 2009, *Our Plastic Age*, dans *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, Vol. 364, p. 1973-1976.

<http://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>

Thompson R.C., 2015, *Microplastics in the Marine Environment: Sources, Consequences and Solutions*, in *Marine Anthropogenic Litter* (sous la direction de Bergmann M., Gutow L., Klages M.), Springer, Londres, UK, p. 185-200.

Tomás J., Guitart R., Mateo R., Raga J.A., 2002, *Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, from the Western Mediterranean*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 44 (3), p. 211-216. [http://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00236-3](http://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00236-3)

Tudor D.T., Williams A., 2003, *Public Perception and Opinion of Visible Beach Aesthetic Pollution: The Utilisation of Photography*, dans *Journal of Coastal Research*, Vol. 19 (4), p. 1104-1115. <https://www.jstor.org/stable/4299252>

UE, 2008, *Directive 2008/98/EC du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives*.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>

UNEP, 2016, *Marine plastic debris and microplastics - Global lessons and research to inspire action and guide policy change*, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17561/Marine%20Plastic%20Debris%20and%20Microplastic%20Technical%20Report%20Advance%20Copy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

UNEP, 2018, *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability* (sous la direction de Giacovelli C.), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/25496>

UNEP, 2019, *Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations* (a cura di Excell C., Salcedo-La Viña C., Worker J., Moses E.), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

<https://www.unenvironment.org/resources/publication/legal-limits-single-use-plastics-and-microplastics-global-review-national>

UNEP/MAP, 2016, *Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria*, UNEP/MAP, Athènes, Grèce.

UNEP et National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015, *The Honolulu Strategy: A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris*.
<https://www.unenvironment.org/resources/report/honolulu-strategy-1>

UN Environment, 2017, *Marine Litter Socio Economic Study*, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26014/Marinelitter_socioeco_study.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UN Environment, 2018, *Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment (With a Particular Focus on Marine Environment)* (sous la direction de Wyberg M., Laurent A., Hauschild M.), United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

<https://gefmarineplastics.org/files/2018%20Mapping%20of%20global%20plastics%20value%20chain%20and%20hotspots%20-%20final%20version%20r181023.pdf>

Van Cauwenberghe L, Janssen C.R, 2014, *Microplastics in bivalves cultured for human consumption*, dans *Environmental Pollution*, Vol. 193, p. 65-70.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>

van Sebille E., 2015, *The oceans' accumulating plastic garbage*, dans *Physics Today*, Vol. 68 (2), p. 60-62. <http://doi.org/10.1063/PT.3.2697>

Vaz B., Williams A.T., Pereira da Silva C., Phillips M., 2009, *The importance of users' perception for beach management*, dans *Journal of Coastal Research*, Vol. 56, p. 1164-1168. <https://www.jstor.org/stable/25737970>

Venrick E.L., Backman T.W., Bartram W.C., Platt C.J., Thornhill M.S., Yates R.E., 1972, *Man-made objects on the surface of the Central North Pacific Ocean*, dans *Nature* (241), p. 271. <https://www.nature.com/articles/241271a0>

Verma V., Vinoda K.S., Papireddy M., Gowda A.N.S., 2016, *Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review*, dans *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 35, Pages 701-708. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069>

Villarrubia-Gómez P., Cornell S.E., Fabres J., 2018, *Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle*, dans *Marine Policy*, Vol. 96, p. 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.035>

Vlachogianni T., Anastasopoulou A., Fortibuoni T., Ronchi F., Zeri C., 2017, *Marine Litter Assessment in the Adriatic and Ionian Seas*, IPA-Adriatic DeFishGear Project, MIO-ECSDE, HCMR et ISPRA. http://www.isprambiente.gov.it/files2017/notizie/FinalMLAsalonia_final.pdf

Vlachogianni T., Fortibuoni T., Ronchi F., Zeri C., Mazziotti C., Tutman P., Bojanić Varezić D., Palatinus A., Trdan Š., Peterlin M., Mandić M., Markovic O., Prvan M., Kaberi H., Prevenios M., Kolitari J., Kroqi G., Fusco M., Scoullou M., 2018, *Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 131, Part A, p. 745-756. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.006>

Wilcox C., van Sebille E., Hardesty B.D., 2015, *Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing*, dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 112 (38), p. 11899-11904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>

Williams A.T., Micallef A., 2009, *Beach Management: Principles and practices*, Earthscan, Londres, UK.

Williams A.T., Rangel-Buitrago N.G., Anfuso G., Cervantes O., Botero C.M., 2016, *Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast*, dans *Tourism Management*, Vol. 55, p. 209-224. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.02.008>

WIOMSA, 2018, *Guideline to Marine Litter Monitoring*.
<https://www.wiomsa.org/wp-content/uploads/2018/09/Guide-on-Marine-Litter-FINAL.pdf>

World Economic Forum, 2016, *The new plastics economy: Rethinking the future of plastics.*, World Economic Forum, Genève, Suisse.

Xanthos D., Walker T.R., 2017, *International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review*, dans *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 118, p. 17–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>

Yadav P., Samadder S.R., 2017, *A global prospective of income distribution and its effect on life cycle assessment of municipal solid waste management: a review*, dans *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 24 (10), p. 9123-9141. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8441-7>

Zacarias D. A., Williams A. T., Newton A., 2011, *Recreation carrying capacity estimations to support beach management at Praia de Faro, Portugal*, dans *Applied Geography*, Vol. 31 (3), p. 1075-1081. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.01.020>.

Références internet

EU Baltic Sea Region Strategy :

- <https://www.balticsea-region-strategy.eu>

Eur-Lex :

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52018PC0340>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008L0056&from=IT#d1e1011-19-1>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32015L0720>

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52018DC0028>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0904>

Eunomia :

- <https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/plastics-in-the-marine-environment/>

Eurostat :

- <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/1183.pdf>

European BioPlastic :

- <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>

European Commission :

- https://ec.europa.eu/environment/marine/international-cooperation/regional-sea-conventions/barcelona-convention/index_en.htm

International Maritime Organization (IMO) :

- [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)
- <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Documents/PROTOCOLAmended2006.pdf>
- <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/Pages/default.aspx>

Legambiente :

- <https://www.legambiente.it/>
- https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/dossier_beachlitter2019.pdf

Ospar :

- <https://www.ospar.org/>

PlasticEurope :

- <https://www.plasticseurope.org>
- <https://www.plasticseurope.org/it/resources/publications/619-plastics-facts-2018>
- <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family>

Parlement européen :

- <http://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20181005STO15110/plastica-negli-oceani-i-fatti-le-conseguenze-e-le-nuove-norme-infografica>

Encyclopédie Treccani :

- http://www.treccani.it/enciclopedia/materie-plastiche_%28Enciclopedia-Italiana%29/
- <http://www.treccani.it/enciclopedia/nylon/> - consulté le 01.07.2019

UNEP :

- <https://www.unenvironment.org>
- <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/marine-litter>
- <https://www.unenvironment.org/resources/report/honolulu-strategy-1>

UNEP et GRIDA :

- https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/:s_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?1488455779