

DÉBRIS MARINS, PLASTIQUES ET MICROPLASTIQUES SUR LES CÔTES TUNISIENNES

LES IMPACTS POSSIBLES ET LES DEFIS



MENTIONS LÉGALES |

Déchets Marins, Plastiques et Microplastiques sur les Côtes Tunisiennes : Les Impacts Possibles et les Défis est publié par le bureau de la Fondation Heinrich Böll, Tunis – Tunisie.

AUTEURS |

Wassim CHAABANE, Expert en environnement et en gestion des déchets - Cyclos GmbH/ Université Rostock, Allemagne.

Amina BACCAR CHAABANE, Experte junior en pollution marine - Institut Leibniz pour la recherche sur la mer Baltique/ Université Rostock, Allemagne.

RÉVISION |

Le Bureau **Heinrich-Böll-Stiftung, Tunis-Tunisie**.

Département : Écologie & Gouvernance des Ressources Naturelles

CONCEPTION GRAPHIQUE |

Alphawin Studio / 2019

Code ISBN : 978-9938-27-004-4

Cet ouvrage est placé sous la licence Creative Commons « Attribution – partage dans les mêmes conditions 4.0 » (CC-BY-SA 4.0)

Le texte de la licence est disponible ici :

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.fr>

Le résumé (et non pas un substitut) est disponible ici :

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>



L'ouvrage est téléchargeable gratuitement sur la page suivante :

Heinrich-Böll-Stiftung Tunis – Tunisie: <http://tn.boell.org/fr>

CREDITS PHOTOS | ICONOGRAPHIE

Alphawin Studio / Anis Menzli

Photo couverture - (Pages 12, 24, 25, 28,41 et 48). Plage de Salambo - Tunisie (Mai 2019).

Illustration (fig.5 p. 16-17) [source https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/FB_sacs_plastik.png]

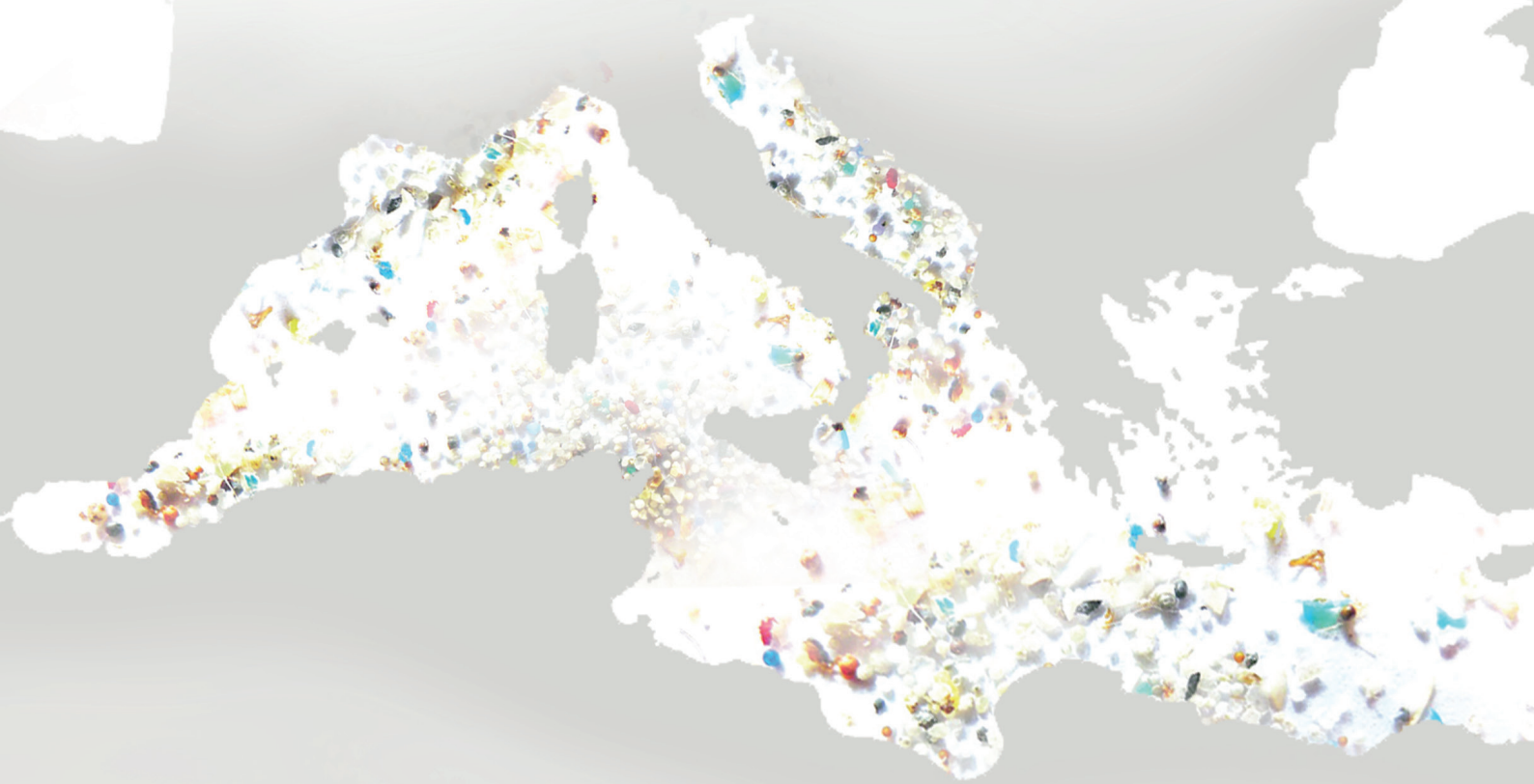
Illustration (fig.3 p. 11)

Pages 10,14, 20 (Internet - images libres de droits)

Wassim Chaabane (Pages 10, 11, 13, 28 [A-B], 32, 33, 34, 38).

**DÉBRIS MARINS,
PLASTIQUES
ET MICROPLASTIQUES
SUR LES CÔTES TUNISIENNES**

**LES IMPACTS POSSIBLES
ET LES DEFIS**



OBJECTIFS DU DOCUMENT

La **pollution marine** représente un problème mondial. En **Tunisie**, le pays où le tourisme joue un rôle important dans l'économie, ce sujet devient de plus en plus problématique, vu l'effet de la pollution sur le dit secteur, mais encore sur l'environnement et la santé.

Dans ce sens, la fondation **Heinrich-Böll-Stiftung - Tunis**, cherche à travers ce document, à alerter les citoyens, la société civile, les chercheurs et les décideurs en Tunisie, de la pertinence de ce sujet. Elle vise aussi à lancer le débat et à encourager les échanges, dans le but de tirer profit des expériences internationales, de motiver et sensibiliser tous les acteurs à la nécessité de travailler davantage sur ce sujet afin de trouver des solutions durables, notamment au problème de la pollution marine.



*Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité de ses auteurs et ne représente pas nécessairement les vues de **HBF** ou celles du gouvernement Tunisien.*

SOMMAIRE

Introduction	5
• <i>Un problème mondial</i>	6
Types de polluants marins	7
• <i>Les débris marins</i>	8
• <i>Le plastique</i>	9
• <i>Le cas des microplastiques</i>	10
• <i>Les microbilles et leur impact</i>	13
• <i>Les femmes et les enfants particulièrement menacés par les microplastiques</i>	13
• <i>Produits cosmétiques envahis par les microplastiques</i>	14
Effet des microplastiques sur la chaîne alimentaire, la santé et l'écosystème	15
• <i>Toute la chaîne alimentaire concernée</i>	18
• <i>Des microplastiques découverts dans les sels de table</i>	19
• <i>Des microplastiques dans le corps humain</i>	20
• <i>Impact sur le sol et les sédiments</i>	20
• <i>Effets sur le vivant</i>	20
• <i>Bientôt, plus de débris que de poissons dans les océans</i>	21
• <i>Le transport d'espèces invasives via le plastique</i>	22
• <i>Adhésion des microorganismes et des bactéries aux microplastiques</i>	22
La pollution par les plastiques et les microplastiques en Méditerranée et en Tunisie	23
• <i>Cas de la Méditerranée</i>	23
• <i>Cas de la Tunisie</i>	24
Identification de la pollution marine sur les côtes de la Tunisie	26
• <i>Echantillonnage et identification des déchets par la Méthode OSPAR (100m)</i>	27
• <i>Caractérisation des déchets rencontrés selon la méthode de collecte et pesage</i>	29
• <i>Echantillonnage des microplastiques</i>	29
• <i>Résultats des échantillonnages des microplastiques</i>	32
Recommandations pour les décideurs, les responsables et les citoyens tunisiens	34
Conclusion	38

INTRODUCTION

La pollution marine est un phénomène qui existe depuis longtemps, causé par les pratiques nuisibles et agressives de l'homme. Ces dernières sont de plus en plus répandues et proportionnelles au développement et la croissance des différentes activités industrielles, et leurs effets affectent tous les milieux terrestres et marins.

En effet, la zone côtière qui assure la transition entre le continent et l'océan se caractérise par la richesse de son écosystème, et par ses ressources et services (écologiques, sociaux et économiques). Elle est devenue une composante importante de la biosphère. De plus, l'attractivité économique, commerciale et touristique des zones côtières fait que 23 % de la population mondiale (soit 1,2 milliard d'humains) vit à moins de 100 km du littoral, et la densité de ces populations devrait augmenter de 50 % d'ici 2030 [1][2]. La modification des usages de cette zone, suite à la littoralisation croissante, a généré des risques côtiers. Ces derniers résultent d'événements d'origine naturelle et/ou anthropique (appelés aléas) d'une part, et d'autre part, des enjeux définis par les éléments qui y sont exposés (valeur sociétale, économique ou environnementale) [3][4].

Parmi les diverses perturbations anthropiques affectant les systèmes côtiers, la pollution chimique et microbiologique par les déchets solides posent un problème environnemental majeur. Les zones côtières constituent, en effet, le réceptacle final de l'ensemble des contaminants rejetés dans l'environnement, quel que soit le compartiment (air, eau, sol), et comptent de ce fait parmi les territoires les plus exposés aux différents types de pollution récurrente [5].

Les déchets marins sont l'une des conséquences du paradigme actuel d'utilisation linéaire des ressources et de notre incapacité à faire face au volume de déchets que nous produisons. Ils représentent un défi pour nos sociétés et pour nos systèmes économiques et politiques [6].

Les déchets marins sont définis par le programme des Nations Unies pour l'environnement comme étant "*des matériaux solides, manufacturés ou transformés, jetés ou abandonnés dans l'environnement marin*". Plusieurs études montrent que la fraction dominante est celle des plastiques qui représentent 60 à 90 % des déchets marins d'origine anthropique présents dans l'environnement marin, à savoir les plages, la surface de l'eau et le fond marin [7][8][9][10].

L'importante croissance de la demande et donc de la production de plastique a entraîné une augmentation, à l'échelle mondiale, de 1,7 à 311 millions de tonnes de déchets en un demi-siècle (Europe : 20,4% de la production mondiale en 2013) [11]. Une partie de ces résidus échappe aux filières de traitement et recyclage des déchets et se retrouve relarguée dans l'environnement, notamment dans les systèmes aquatiques. Une étude récente a montré que 99,5 millions de tonnes de déchets plastiques provenant des zones côtières sont générés annuellement.

La même étude a évalué qu'entre 4,8 et 12,7 millions de tonnes de ces résidus plastiques se retrouvent dans les océans, en une année [12].

Une autre étude [13] a estimé qu'au minimum 5,25 milliards de particules de plastique contaminent la surface de l'ensemble de l'hydrosphère. Ce chiffre ne prend pas en compte la contamination de la colonne d'eau, des fonds marins ni celle des plages.

UN PROBLÈME MONDIAL

L'ONU (l'Organisation des Nations Unies) pour l'environnement a publié, le 5 juin 2018, un rapport sur le plastique. Elle y dresse un constat alarmant sur la consommation mondiale des emballages et des sacs en plastique et propose une feuille de route pour les gouvernements, les entreprises et les citoyens afin d'enrayer la pollution causée par ce matériau. Selon les chiffres de l'ONU, environ 5000 milliards de sacs en plastique sont consommés chaque année dans le monde, ce qui représente 10 millions de sacs plastiques par minute. Or, seulement 9% des 9 milliards de tonnes de plastique produit sur Terre sont recyclés.

Le reste est jeté soit dans des décharges soit dans la nature, les mers et les océans, causant un véritable fléau mondial. Car, dans tous les types de milieu, le plastique met des milliers d'années à se décomposer, s'il n'est préalablement avalé par les animaux. L'ONU assure que des concentrations élevées de matières plastiques, en particulier des sacs en plastique, ont été retrouvées dans les voies respiratoires et les estomacs de centaines d'espèces animales. Le rapport souligne qu'environ 13 millions de tonnes de plastique pénètrent dans nos océans chaque année, nuisant à la biodiversité, aux économies et à notre propre santé [14].

CONSOMMATION
ANNUELLE MONDIALE

5.000 MILLIARDS
DE SACS EN PLASTIQUE

10 MILLIONS DE SACS
EN PLASTIQUE/MINUTE

9 milliards
de tonnes

9%

de plastique
produits
dont
des Plastiques
recyclés
sur terre

Reste : Le reste se retrouve dans des décharges ou dans la nature, les mers et océans [14].



**TYPES
DES POLLUANTS
MARINS**

TYPES DE POLLUANTS MARINS

Les débris marins

Les débris marins sont définis comme « *toute matière solide persistante, fabriquée ou traitée et qui est directement ou indirectement, intentionnelle ou non intentionnelle, éliminée* » ou abandonnée dans l'environnement marin [15].

Ces débris constituent une vraie menace pour l'environnement marin, en affectant toutes les mailles de la chaîne alimentaire. Ils ont envahi toutes les mers et les océans, pour devenir un problème d'actualité.

Les débris marins peuvent comprendre du plastique, du verre, des métaux, de la mousse de polystyrène, du caoutchouc, ou des engins de pêche et des navires abandonnés. Les résidus plastiques sont le type prédominant de débris marins par exemple dans le gyre du Pacifique, où ils représentent entre 60 et 80% du total de débris marins dans les océans du monde [16][17].

Ce type de déchets comprend également des cordages et des filets, des fragments, des emballages, des débris de pêche, des microplastiques, du papier, du verre et du métal [18]. Par ailleurs, de grandes quantités de débris marins peuvent être trouvées sur le littoral près des zones urbaines [15].

Le plastique

Le plastique est un polymère contenant un grand nombre d'atomes différents. Il provient généralement de la transformation du pétrole ou du gaz naturel. On distingue, en effet, deux formes :














- **Les thermoplastiques** : qui fondent sous l'effet de la chaleur et se solidifient sous l'effet d'un refroidissement.
- **Les thermodurcissables** : leur transformation est irréversible ; une fois formé, ce plastique ne se déforme plus.

Pour résumer, le plastique est une matière synthétique et macromoléculaire. Il est composé de macromolécules, autrement dit un grand nombre d'atomes liés entre eux par des liaisons covalentes. Il est aussi synthétique car le plastique est, contrairement aux polymères naturels, issu de manipulations laboratoires. Les matières plastiques n'existent pas dans la nature, elles sont toutes créées par l'homme. [19]

La cause première de la pollution plastique réside dans les retards et les lacunes en matière de gestion des déchets plastiques dans la plupart des pays de la Méditerranée. Par exemple, sur les 27 millions de tonnes de déchets plastiques produits chaque année en Europe, seul un tiers est recyclé. En plus, la moitié des déchets plastiques en Italie, en France et en Espagne finissent dans des décharges. Le plastique recyclé ne représente actuellement que 6 % de la demande en plastique en Europe [20]. Il existe également ce que l'on appelle les bioplastiques, plastique biosourcé ou plus communément plastique biodégradable, et qui sont caractérisés par l'origine des matières premières, et les conditions de leur fin de vie. [21].

POLYMÈRES DE COMMODITÉ	POLYMÈRES TECHNIQUES	POLYMÈRES CONDUCTEURS
<ul style="list-style-type: none"> Ce sont des polymères de grande diffusion; Possèdent leur propre combinaison de propriétés les destinant à des utilisations différentes; Exemples : Polyéthylène (PE), le Polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC), le Polystyrène expansé (EPS), le Polyéthylène téréphtalate (PET) et le Polyuréthane (PUR). 	<ul style="list-style-type: none"> Sont utilisés pour leurs qualités techniques permettant un travail sous des contraintes mécaniques et thermiques; Représentent les polyesters insaturés (PET), les Polyamides (PA), les Polycarbonates (PC), les Polyoxyméthylènes (POM), les Polyoxydes de Phénilène (PPE) et les Polysulfurés (PSU, PPS). 	<ul style="list-style-type: none"> Ce sont des Polymères spéciaux; Ils sont constitués de Polymères photoactifs, Thermostables, adhésifs; Exemples : Fluoropolymère et le polytétrafluoroéthylène (PTFE).

Tableau 1 : les caractéristiques des plastiques selon leur usage dans la société [20] [22] [23]

POLYMÈRES	DENSITÉ	UTILISATION	SYMBOLE DE RECYCLAGE
Polyéthylène téréphtalate (ou Polyester) (PET)	1.37	Bouteilles 	 PET
Polyéthylène haute densité (PEHD)	0.94	Sacs plastiques, filets, gaines de câbles électriques, pailles 	 PEHD
Polychlorure de vinyle (PVC)	1.38	Contenant produits ménagers, cosmétiques. Emballages alimentaires, équipement médicale, chaussures 	 PVC
Polyéthylène basse densité (PEBD)	0.91-0.93	Bouteilles, contenants alimentaires 	 LDPE
Polypropylène (PP)	0.85-0.93	Cordes, bouchons de bouteilles, filets, pare-chocs de voiture, pots de fleurs, dossiers 	 PP
Polystyrène (PS) et polystyrène expansé (PS-E)	0.01-1.05	Vaisselle jetables, emballages alimentaires et pharmaceutiques	 PS
Autres (PUR, ABS, PBT, PC, PMMA, PTFE)		DVD, lunettes de soleil, coques d'ordinateurs, nylons, biberons, vêtements, équipement médical 	 OTHER

Le cas des microplastiques (MP)

Les particules de plastique d'une taille inférieure à 5 mm sont communément appelées microplastiques [24]. Alors que la taille maximale des microplastiques est de 5 mm, la limite inférieure peut souvent atteindre jusqu'à 10mm.

A cause de leurs tailles, ces polluants constituent un problème majeur pour l'environnement marin. Ils ont envahi tous les milieux, des lacs aux océans, impactant gravement les vivants. Les microplastiques sont difficiles à détecter et à échantillonner. Ce qui requiert des méthodes et un matériel extrêmement coûteux pour la recherche.

On en distingue 2 types :

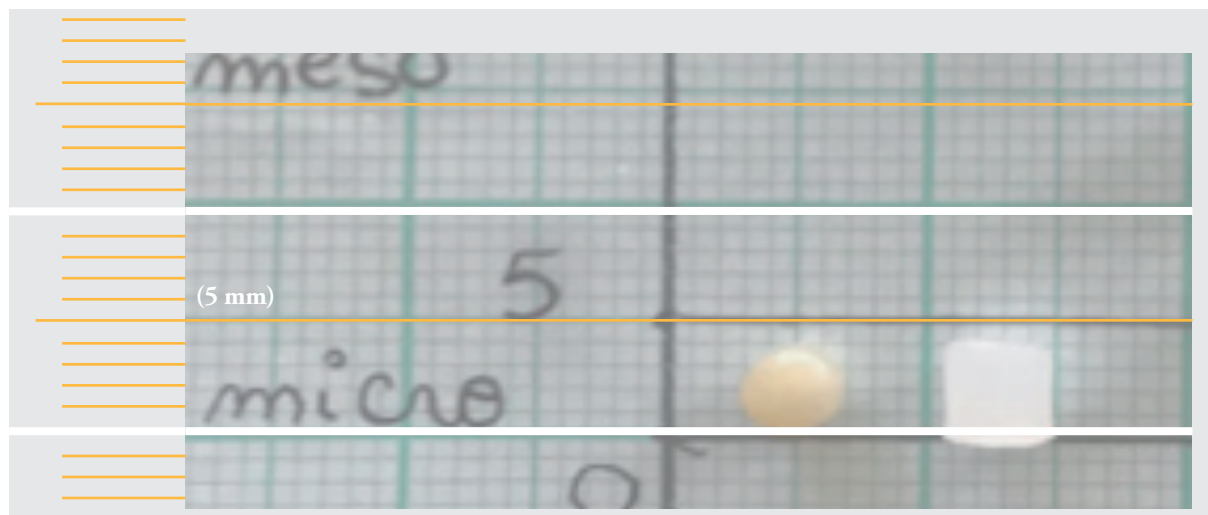
- **Les microplastiques primaires** : ou encore appelés « pellets », fabriqués en très petite taille, ils sont utilisés principalement dans les produits cosmétiques et hygiéniques.

Exemple : matière première pour la production des emballages



Les microplastiques primaires sont fabriqués aux fins prévues, tels que les abrasifs [25] et les granulés [26] dans les industries et principalement sous forme d'exfoliants ou de microbilles dans les produits domestiques [27].

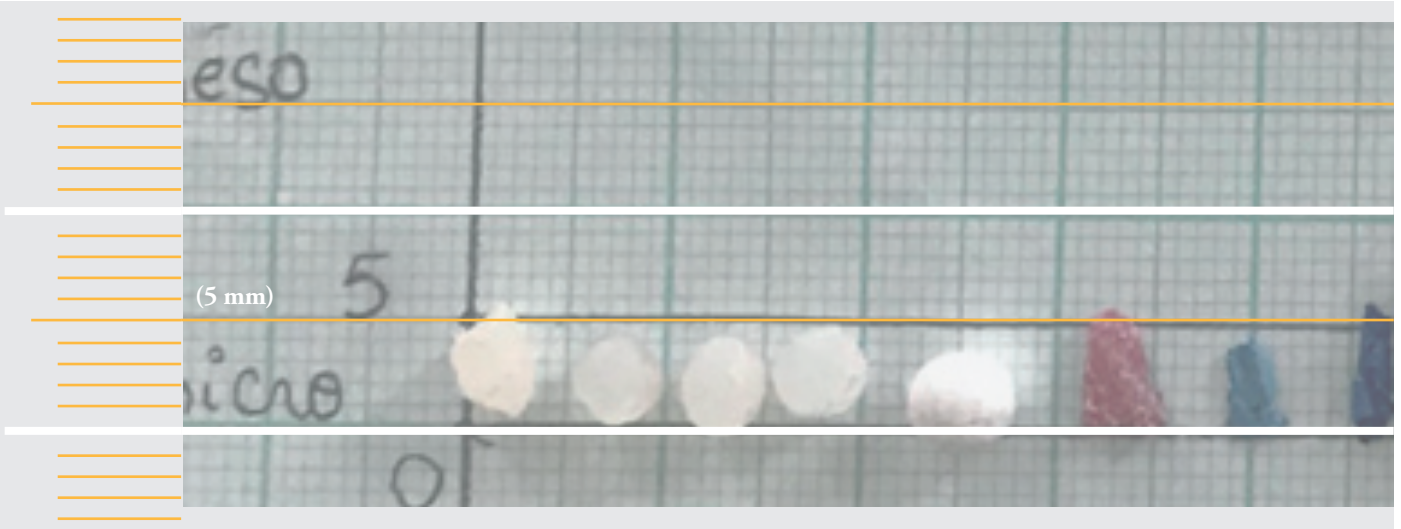
Figure 1 : Les microplastiques primaires (Pellets)



- **Les microplastiques secondaires** : cette catégorie provient de la fragmentation des plus grandes particules plastiques sous l'effet des rayons UV, la température, le vent, etc.

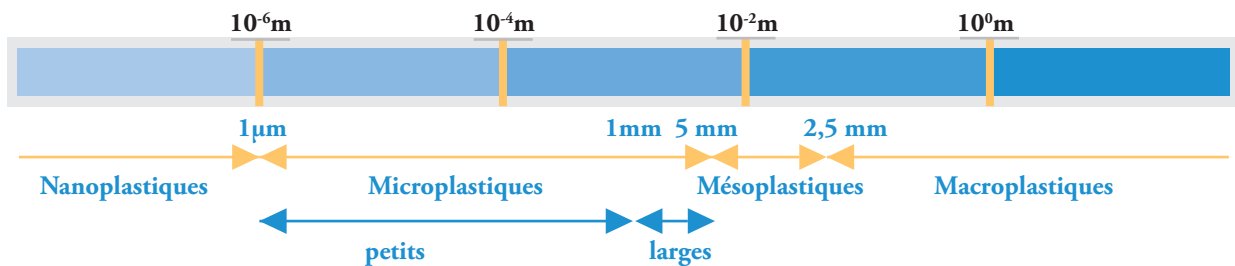
D'autre part, les microplastiques secondaires sont formés par la dégradation physique de débris en plastique et sont donc des fragments de plastique de moins de 5 mm [28].

Figure 2 : Les microplastiques secondaires



La figure suivante représente le classement des différents types de polluants plastiques, selon la taille :

Figure 3 : Nomenclature des débris plastiques selon la taille [29]



Ces particules ont envahi les océans, les mers, les cours d'eau et les lacs, causant plusieurs problèmes.

Les microplastiques sont omniprésents sur notre planète, des zones densément peuplées aux régions éloignées. Environ 51 trillions de particules de microplastique ont été signalées à la surface de l'océan à l'échelle mondiale en 2015 [30].

En outre, leur concentration en eau douce est de 1 million de pièces par 100 m³, selon la localisation

[31]. Ils sont également présents sur les plages de tous les continents. Des microplastiques ont été signalés dans les sédiments d'eaux profondes, à raison 13,4 articles pour 50 ml de sédiments [32], dans des carottes de glace en région arctique [33].

D'ailleurs, d'ici 2050, on estime que 33 milliards de tonnes supplémentaires de plastique seront introduites sur la planète. Comme la plupart des 11 polymères plastiques sont récalcitrants, cet apport important de plastique représente un grave risque

pour la santé humaine et pour l'environnement. En raison de l'utilisation quotidienne de produits en plastique, nous sommes constamment exposés aux produits chimiques liés au plastique. Ces produits se répandent dans tout le corps humain, que ce soit par voie orale, cutanée ou respiratoire. [34][35].

L'élimination sans discernement est l'un des problèmes majeurs des systèmes de gestion des déchets, car elle permet aux déchets de plastique de s'infiltrer dans les écosystèmes, menaçant ainsi la contamination de la chaîne alimentaire.

Les microplastiques de taille inférieure à 1 mm, de plus en plus abondants dans les milieux aquatique, terrestre et marin, constituent la principale préoccupation. Cependant, le risque de préjudice pour la santé humaine causé par les microplastiques et les nano-plastiques d'origine environnementale est sous-estimé.

Selon le GESAMP [36], un groupe commun d'experts scientifiques indépendants travaillant et conseillant le système des Nations Unies sur les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin, a démontré que l'impact potentiel des microplastiques sur les organismes marins inclut notamment des effets physiques, tels que l'obstruction, des effets chimiques liés au transport de substances chimiques toxiques et à la dispersion de dangereux pathogènes, ce qui occasionne des problèmes de santé, se répercutant ainsi sur la population et les écosystèmes.



Les microbilles et leurs impacts

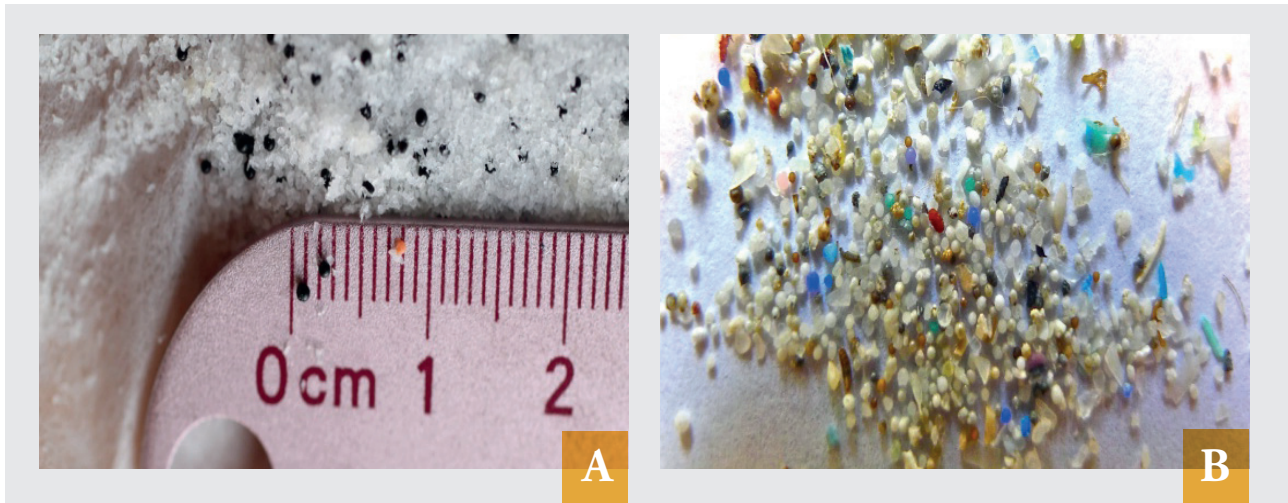
A travers quelques simples gestes quotidiens comme le rinçage du visage ou le brossage des dents, des particules de plastiques se propagent dans l'environnement et finissent par polluer gravement les mers et les océans.

En effet, l'utilisation de certains shampoings, gels-douche, savons, dentifrices ou produits de beauté exfoliants contenant de petites particules de plastique, contribue à la pollution massive des milieux marins. Partout dans le monde, des milliards de minuscules particules de plastique s'accumulent dans les océans, les lacs et les estuaires, menacent la faune et la flore marine et s'infiltrent dans la chaîne alimentaire lorsque les animaux les confondent avec de la nourriture [36] [37].

En 2009, Fendall et Sewell [39], ont constaté que ces microbilles passent directement dans les réseaux d'eaux usées et les égouts et sont trop petites pour être retenues par les filtres des stations d'épuration. De cette manière, elles infiltrent l'environnement marin et peuvent également pénétrer la chaîne alimentaire.

Ces billes de plastiques finissent dans les estomacs des poissons, et conséquemment dans nos assiettes. Les microbilles ne se biodégradent pas, et une fois implantées dans l'environnement marin, il devient impossible de les éliminer.

Figure 4A and 4B : *Les microbilles*



Les femmes et les enfants particulièrement menacés par les microplastiques

Si l'administration américaine responsable de la protection de la santé publique "Food and Drug Administration" a banni en 2012 la présence de la substance bisphénol-A ou BPA dans les

produits en plastique, c'est parce qu'il a été prouvé que cette molécule, présente à l'intérieur de certaines boîtes de conserve et de récipients alimentaires, a des effets néfastes sur la santé,

même à faible dose. Une fois dans le corps humain, cette molécule enclenche une puberté précoce chez les jeunes filles et agit comme un grave perturbateur endocrinien chez les bébés [39]. Aujourd'hui, on suspecte même que le BPA est derrière certains cas de cancer du sein.

Dans un autre contexte et selon le rapport du mouvement International Break Free from Plastic en partenariat avec Zero Waste Europe et Hej Support, une femme accumule en moyenne 3 000 jours de menstruation entre la puberté et la ménopause, ce qui équivaut à plus que 8 ans. Cela lui vaut l'utilisation de 12 000 tampons, serviettes et autres produits menstruels jetables dont la matière plastique peut atteindre jusqu'à 90%.



Produits cosmétiques envahis par les microplastiques

Les microbilles sont également très utilisées dans les produits cosmétiques et sont le plus souvent composées de polyéthylène (PE), de polypropylène (PP), de polyterphtalate d'éthylène (PET), de polyméthyl méthacrylate (PMMA) ou de nylon.

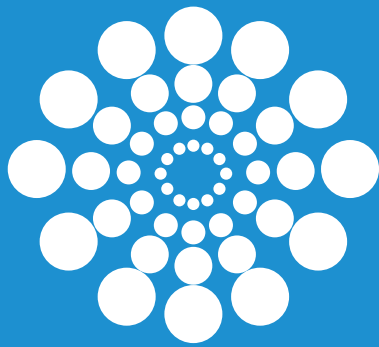
Le nombre total de microplastiques dans un produit cosmétique ordinaire peut être considérable, on estime par exemple qu'entre 4600 et 94500 microbilles peuvent être libérées à chaque utilisation d'un gommage pour la peau [27]. Si les microplastiques cosmétiques sont loin d'en être la source la plus considérable, ils représentent tout de même un taux pouvant aller jusqu'à 4,1% des microplastiques se déversant chaque année en milieu marin au niveau mondial, soit entre 10 900 et 38 300 tonnes [40]. Les microbilles en plastique sont donc une source de pollution très importante. Mais il est possible de les éradiquer grâce à des alternatives naturelles.

Les Etats-Unis ont ouvert la voie avec une loi promulguée en décembre 2015 pour une application en juillet 2017. Puis, le phénomène s'est mondialisé avec des mesures prises aussi bien en Australie, en Inde qu'en Corée du Sud. En France, la loi pour l'interdiction de ces billes en plastique dans les produits cosmétiques date d'août 2016 avec une mise en application prévue pour 2018. Le Royaume-Uni promet de suivre prochainement le mouvement [41].

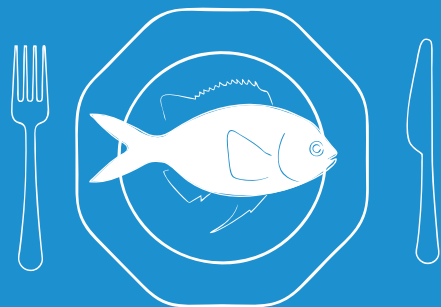
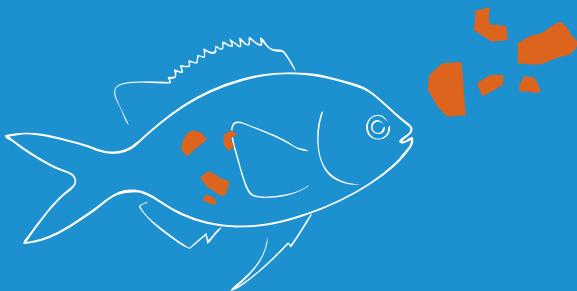


**EFFETS DES MICROPLASTIQUES
SUR LA CHAÎNE ALIMENTAIRE,
LA SANTÉ ET L'ÉCOSYSTÈME**

Figure 5 : Cycle du plastique et des microplastiques



Ingestion par des
animaux marins



Plastiques et polluants
se retrouvent
dans nos assiettes !

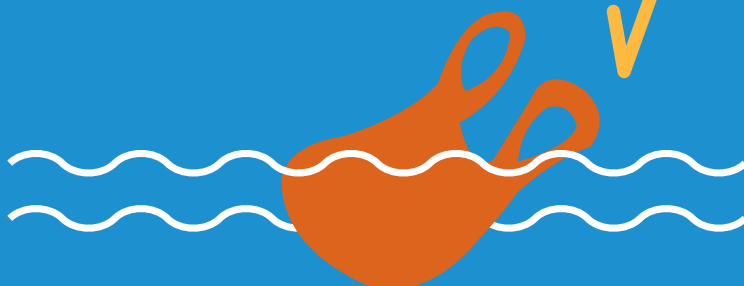
Achats
.....



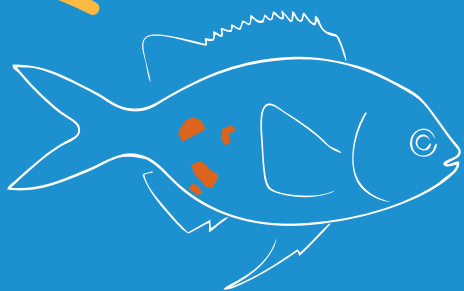
Abandon dans la nature



Transport par le vent
ou les cours d'eau
jusqu'à la mer



Au cours de leur périple marin,
fragmentation et accumulation de
polluants (PCB, pesticides...)



Ingestion par des
animaux marins



Les microplastiques sont de fines particules pouvant facilement être avalées par les organismes vivants, qui les confondraient avec de la nourriture. Leur ingestion est un sérieux problème qui concerne :

- *le vivant;*
- *la chaîne alimentaire et la santé humaine;*

Toute la chaîne alimentaire concernée

Plusieurs recherches ont montré que plus de 50 espèces de poissons consomment du plastique en mer. Nécessairement, ces chiffres concernent aussi les 2,9 milliards d'humains qui en tirent 20% de leurs besoins en protéines.

Selon une récente étude américaine, les poissons confondent les débris de plastique envahis par les bactéries et les algues avec leur nourriture, ce qui entraîne l'ingestion de ces déchets [42].

De nombreuses espèces de poissons avalent des débris plastiques. Leur ingestion peut être mortelle pour certaines espèces mais lorsqu'un prédateur est contaminé par sa proie, l'ensemble de la chaîne alimentaire accumule alors les substances toxiques.

Des scientifiques ont mené une étude sur les anchois de Californie (*Engraulis mordax*), des poissons fourragers qui se nourrissent généralement de zooplanctons, proies pour de nombreux prédateurs, mais présents aussi en abondance dans les élevages côtiers.

Les chercheurs ont comparé la réaction des anchois face à différents morceaux de plastique (propres ou couverts d'algues) à celle qu'ils ont à la nourriture ou à son odeur. Ils ont constaté que

les bancs d'anchois réagissent à l'odeur des débris de plastique (recouverts d'algues, NDLR) en en ingurgitant davantage.

Des résultats similaires ont été obtenus lorsque cette espèce s'est trouvée en présence de nourriture ou confrontée à son odeur. Cependant, leur réaction diffère de celle qu'ils ont eu face aux débris propres.

En ce sens, la signature chimique acquise par les débris plastiques en mer expliquerait la prédisposition de certaines espèces à confondre le plastique avec de la nourriture. Un mécanisme chimio-sensoriel les induirait donc en erreur [44].

La figure précédente précédente montre les cycles de formation des microplastiques et ainsi que leurs effets sur la chaîne alimentaire et sur la santé.

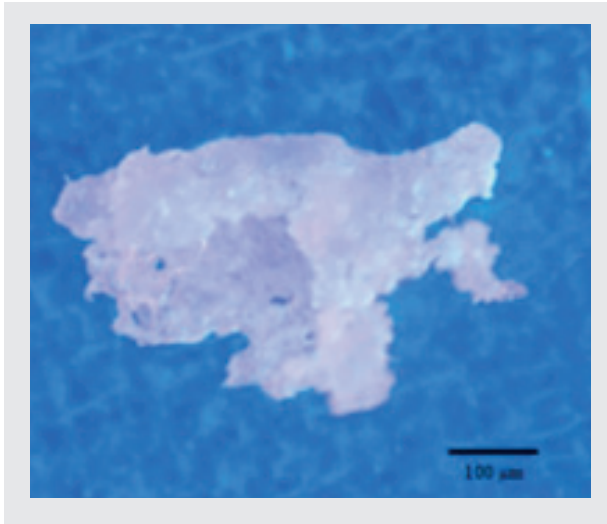
Les espèces marines le plus menacées par le plastique polluant sont les tortues, les poissons et les oiseaux. Certains types de poissons peuvent même perdre de leur agilité et voir leur taille diminuer.

Ces effets atteignent les différentes catégories de la chaîne alimentaire pour toucher, dans une ultime étape, le consommateur, victime de cette pollution que d'autres humains ont causée.

De plus, les animaux terrestres sont tout aussi concernés par le risque de contagion, à travers certains vecteurs comme les insectes, même s'ils ne sont pas directement exposés aux microplastiques.

Des microplastiques découverts dans les sels de table

Figure 6 : Particule en Plastique (Polyéthylène) trouvée dans du sel de table [45]



En Malaisie, une équipe de chercheurs de l'Université Putra Malaysia a analysé sur 16 marques de sel provenant de 8 pays différents. Il s'est avéré que 15 d'entre eux contiennent des traces de microplastique.

Pour réaliser cette étude, les scientifiques ont analysé différents sels marins destinés à la vente, en provenance d'Afrique du Sud, d'Australie, de France, d'Iran, du Japon, de Malaisie, de Nouvelle-Zélande et enfin, du Portugal. Les 41,6% de plastique retrouvés dans ces sels sont des polymères, sous forme de petit débris, de film ou de filament [44].

Selon le biologiste et expert en pollution plastique Richard frompson, la quantité de microplastiques contenue dans le sel de table et les fruits de mer ne peut pas, à elle seule, avoir de réels effets sur la santé humaine. Toutefois, avec l'accroissement constant de la pollution plastique et les effets

croisés des autres sources de microplastiques dans notre quotidien (contenants, films alimentaires, cosmétiques, eau en bouteille...), il y a de sérieuses raisons de s'inquiéter [45].

Par ailleurs, d'autres recherches ont prouvé la présence des microplastiques en Asie de l'Est, en Espagne, en France, en Chine et aux Etats-Unis.

En Espagne, par exemple, la teneur en microplastiques détectée est de 50 à 280 MP/ kg de sel, le polymère le plus fréquemment trouvé étant le polyéthylène téréphtalate (PET), suivi du polypropylène (PP) et du polyéthylène (PE), sans différence significative entre tous les échantillons [46].

Pour la Chine, la teneur en microplastiques est de 550 à 681 particules / kg en sels de mer, de 43 à 364 particules / kg en sels de lac et de 7 à 204 particules / kg en sels de roche / puits. [47]

Au vu de l'importance de la pollution, la présence de microplastiques dans le sel et les produits salés n'est pas surprenante. Cela prouve aussi que les microplastiques sont omniprésents, qu'ils soient dans la nature ou le corps humain. De ce fait, il est urgent de pousser les recherches sur leur impact sur la santé et de réaliser des études de surveillance de meilleure qualité et plus globales parallèlement, tout en analysant leurs effets sur l'environnement.

Des microplastiques dans le corps

Effets sur le vivant

Les petites particules de plastique représentent également une menace pour les créatures terrestres et peuvent avoir des effets néfastes similaires ou même plus problématiques que dans nos océans. Les chercheurs avertissent que l'impact des microplastiques sur les sols et les sédiments pourrait avoir un effet négatif à long terme sur les écosystèmes terrestres du monde entier.

Des chercheurs autrichiens ont détecté des traces de microplastiques dans les selles de huit participants aux régimes alimentaires et aux lieux d'habitation différents. Les sujets étudiés résident en Italie, en Finlande, en Pologne, au Royaume-Uni, en Autriche, en Sibérie (Russie), au Japon et aux Pays-Bas. Les PP, PET, PS et les PE représentent plus de 95% de la quantité totale trouvée. Des PP et PET ont été détectés dans tous les 8 échantillons. [48]

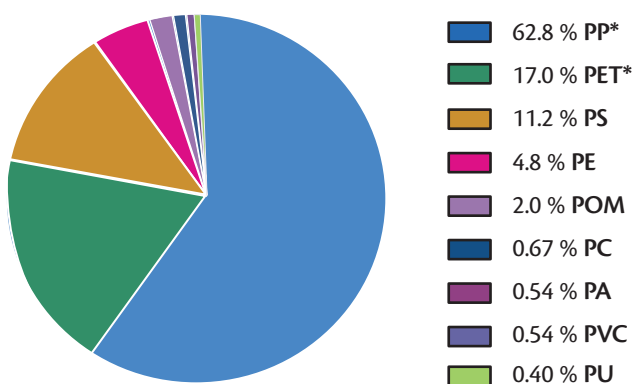


Figure 7 : Fréquence relative de différents types de microplastiques dans les excréments humains

Impact sur le sol et les sédiments : [50]

Les grands cétacés à fanons filtrent l'eau de mer, ingérant d'importantes quantités de microplastique avec le Krill. Récemment, un cachalot échoué en Indonésie a été retrouvé avec environ 6 kg de plastique dans son estomac. [49]

Les mollusques, tels que les moules, filtrent des m³ d'eau contenant des microparticules. Des micro-déchets peuvent être ingérés également par des micro-déchets peuvent être ingérés également par le le plancton, les invertébrés ou les poissons de petites tailles. Ce type de déchets peut bloquer les systèmes digestifs et respiratoires de certains individus, leur indigestion étant due à l'absence d'un équipement enzymatique adapté [51]. En raison de l'abondance universelle des microplastiques, leur présence étendue dans l'environnement est le résultat de leur ingestion directe ou indirecte par les organismes.

Des microplastiques ont été repérés dans un large éventail d'organismes vivants, terrestres ou marins. Ils ont été trouvés chez des oiseaux d'eau douce (canards omnivores et carnivores), dans des poches gulaires [52][53], des poissons (truite grise, rouget, perche du Nil, etc.) [54][55][56], des moules [57][58], des crustacés (homards,



crevettes, copépodes, etc.) [59][60][61] et des vers de sang [62].

Différents chiffres ont été collectés pour montrer l'impact de la pollution marine sur l'écosystème :

- En mer Méditerranée, 134 espèces sont victimes de l'ingestion de plastique.
- 18 % des thons et des espadons ont des débris de plastique dans l'estomac - principalement de la cellophane et du PET.
- Toutes les espèces de tortues de mer vivant en Méditerranée avalent du plastique. Une étude menée pendant 10 ans sur la tortue Caouanne a montré que 35 % des spécimens analysés ont ingéré des débris, pour la plupart en plastique. On a détecté jusqu'à 150 fragments de plastique dans certains spécimens.
- Aujourd'hui, 90 % des oiseaux de mer du monde entier ont des fragments de plastique dans l'estomac. Les débris de plastique dans l'environnement marin, y compris les granulés de résine, les fragments et les morceaux de plastique microscopiques, contiennent des polluants organiques, tels que des pesticides, des phtalates, des PCB et du bisphénol A. Une fois que les polluants plastiques pénètrent le corps, ils interfèrent avec d'importants processus biologiques, endommageant le foie ou altérant les hormones.
- Les échantillons de planctons testés dans le Sanctuaire Pelagos en Méditerranée se sont avérés fortement contaminés. La concentration de phtalates trouvée dans les tissus des rorquals communs (une espèce de

baleines) est de 4 à 5 fois plus élevée que celles décelées dans les baleines provenant de zones moins contaminées [63].

Bientôt, plus de débris que de poissons dans les océans

Chaque année, plus de huit millions de tonnes de déchets plastiques se retrouvent dans les océans, provoquant la mort de près d'un million d'oiseaux marins, une centaine de milliers de mammifères marins et d'innombrables poissons.

Selon l'ONU, si rien n'est fait et si on continue à ce rythme, le nombre de débris plastiques, dans les océans, dépassera celui des poissons d'ici 2050. Compte tenu de la position trophique de ces poissons, ces conclusions concernent tant les réseaux alimentaires aquatiques que la santé humaine [50].

Le transport d'espèces invasives via le plastique :

our François Galgani (Ifremer), l'autre danger des microplastiques est l'altération de l'équilibre des écosystèmes engendrée par le transport d'espèces invasives sur de longues distances [64]. Certains déchets sont en effet d'efficaces supports flottants pour les bactéries dont certaines s'avèrent tout aussi pathogènes pour les organismes marins que pour l'Homme. Tel est le cas des vibrions par exemple, des unicellulaires ou invertébrés, des vers, des insectes, etc.

Ces derniers sont capables de s'acclimater dans une zone autre que leur biotope d'origine, notamment sous l'effet d'un changement climatique.

La découverte de l'insecte *Halobates sericeus* vivant sur des plastiques flottants dans le Pacifique illustre parfaitement ce problème. D'ailleurs, une étude réalisée en 2005 a démontré que la propagation des espèces dans les eaux subtropicales a quasiment doublé du fait des débris, et triplé dans les eaux tempérées [66].

Adhésion des microorganismes et des bactéries aux microplastiques

Mis à part les effets déjà expliqués, les microplastiques peuvent aussi interagir nuisiblement avec les microorganismes, les polluants organiques et les complexes moléculaires (composants des adoucisseurs).

Le plastique, sous l'effet des rayons ultra-violet du soleil, se photo-oxyde et s'effrite relarguant des monomères ou des oligomères plastiques. Couplée à la dégradation des micro-organismes, la fragmentation du plastique dans les fonds marins (froid avec peu d'oxygène) est très lente. Le passage d'une particule de 1 mm à 100 mm pourrait prendre jusqu'à 300 ans [66]. Les particules de taille nanométrique ont tendance

à s'agréger avec d'autres solides en suspension. Elles peuvent interagir avec des protéines pour former une « écocorona ». [69]

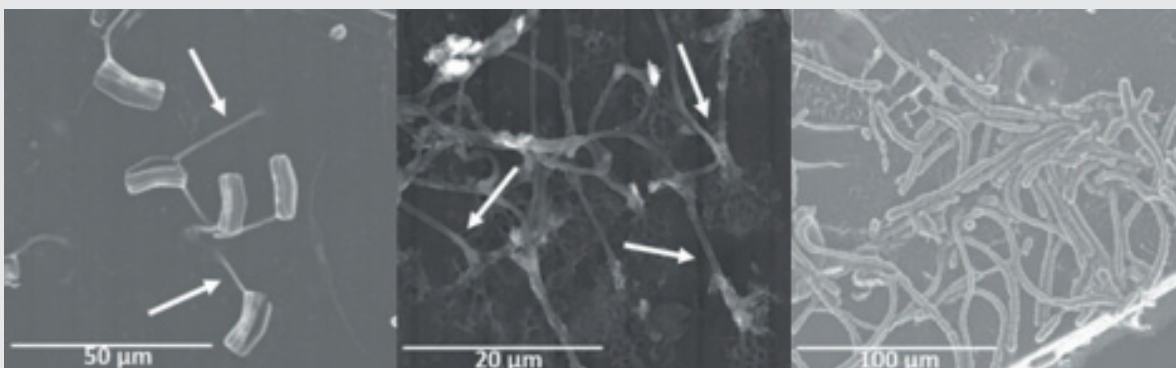
Les fragments de plastiques peuvent également être colonisés par les micro-organismes, on parle de biofilm.

Ces bactéries altèrent les propriétés physico-chimiques du polymère plastique (bio-détérioration), le fragmentent en monomères (bio-fragmentation), en assimilent certaines molécules et le minéralisent

(production de métabolites oxydés CO₂, CH₄, H₂O) grâce à leurs enzymes [68].

Ces microparticules ont une surface hydrophobe qui peut absorber et concentrer divers contaminants tels que les hydrocarbures polycycliques aromatiques (PAHs), les pesticides organochlorés, les biphényles polychlorés et les métaux lourds (nickel, zinc, cadmium). Ces contaminants peuvent ensuite être transférés à la chaîne animale alimentaire si les animaux ingèrent ces microplastiques. Le plastique renferme également des additifs (bisphénol a et phtalates). Le transfert éventuel de ces polluants par les microplastiques soulève des interrogations.

Figure 7 : Exemple de biofilm microbien sur du plastique [67] [69].



*La pollution par les plastiques
et les microplastiques
en Méditerranée et en Tunisie*

Le problème des déchets marins est complexe et multidimensionnel, avec des implications significatives dans le monde entier, pour l'environnement côtier et marin ainsi que pour les activités humaines. Par conséquent, il importe de mener, en urgence, des évaluations et des actions à l'échelle globale, nationale et régionale.

• **Cas de la Méditerranée**

En Méditerranée, les déchets marins représentent effectivement un problème critique, aggravé par les échanges limités de ce bassin avec l'océan. S'ajoute à cela l'importante densité du littoral, et le développement du tourisme qui représente environ 30 % du trafic maritime mondial, sans

oublier l'apport supplémentaire en déchets des rivières et zones très urbanisées [14].

La concentration de plastique en Méditerranée est 4 fois plus élevée que dans le désormais célèbre « continent de plastique » situé dans le nord du Pacifique. En effet, selon certaines études scientifiques, les microplastiques sont présents partout en Méditerranée. [71] [72].

Il est important de préciser qu'en Méditerranée, la responsabilité échoit principalement aux pays européens. D'ailleurs, dans le rapport du Fond Mondial pour la Nature (WWF), on déclare que l'Europe est le deuxième producteur de plastique dans le monde, derrière la Chine.

200 000 touristes envahissent annuellement les côtes méditerranéennes et provoquent une hausse de 40 % de la pollution marine chaque été, alors que 27 millions de tonnes de plastique sont produites chaque année en Europe et seulement 1/3 de ce plastique est recyclé [73].

*La pollution par les plastiques
et les microplastiques en
Méditerranée et en Tunisie*



Les plus grands pollueurs de la Méditerranée sont la Turquie (144 tonnes de plastique déversées par jour en mer), l'Espagne (126 tonnes), l'Italie (90 tonnes), l'Égypte (77 tonnes) et la France (66 tonnes). Leurs principaux fleuves sont des autoroutes pour les déchets plastiques qui finissent pour la plupart dans la mer. En France, seulement 22 % du plastique est recyclé, l'un des pires chiffres en Europe, le reste finissant dans des décharges [74].

Un pourcentage de 80 % de la pollution plastique provient des terres contre 20 % issue de la pêche. La plupart de ces déchets ne sont absolument pas biodégradables et mettront parfois des centaines d'années à disparaître. Par exemple, il faut 5 ans pour un mégot de cigarette pour se dégrader, 20 ans pour un sac, 50 ans pour un gobelet en plastique et jusqu'à 600 ans pour une ligne de pêche [73]. Il importe aussi de noter qu'en Méditerranée, les principales victimes sont les oiseaux (35 %), les poissons (27 %), les invertébrés (20 %), les mammifères marins (13 %) et les tortues marines. Ils se blessent ou meurent entravés dans des emballages en plastique. Les animaux ingèrent une grande quantité, parfois jusqu'à en avoir l'estomac complètement rempli [73].

En outre, la mer Méditerranée est considérée comme une mer fermée, caractérisée par une très grande activité touristique et économique, fait qui explique la rapidité de sa pollution (avec une forte

accumulation du plastique) par comparaison avec les autres mers considérées ouvertes.

Alors qu'elle représente seulement 1% des eaux marines à l'échelle du globe, la Méditerranée comporte 7% de l'ensemble des microplastiques, atteignant un niveau record de concentration :

1,25 million de fragments par km², presque 4 fois plus que dans "l'île de plastique" au Nord du Pacifique [64].

• Cas de la Tunisie

Le littoral tunisien s'étend sur 1148 km, une zone côtière liée à la mer Méditerranée dont 575 km de plages de sable fin.

Ces côtes se caractérisent par une grande densité démographique. En effet, toutes les grandes villes se concentrent sur la zone littorale du pays, plus



précisément les grandes villes industrielles telles que Tunis, Sfax et Gabes, les villes touristiques telles que Sousse, Hammamet, Gammarth, Djerba, etc. Ces destinations sont très prisées par les touristes tout le long de l'année et surtout en été.

Mais ces caractéristiques ne sont pas sans incidence sur la nature et l'homme qui se trouvent affectés par la pollution par les déchets solides.

Ces effets sont de plus en plus palpables sur les plages, victimes d'une mauvaise gestion.

Il existe également d'autres sources de pollution telles que les rejets des eaux de ruissèlement, les rejets des stations de traitement des eaux usées, les navires, les déchets urbains ramenés par le vent, etc.

Ces derniers peuvent aussi être entraînés par les courants d'eau et se retrouver sur les plages.

En Tunisie, la propreté des plages est principalement la responsabilité des communes. Mais ces dernières ne disposent pas actuellement de moyens nécessaire à un nettoyage quotidien tout au long de l'année.





**IDENTIFICATION
DE LA POLLUTION MARINE
SUR LES CÔTES DE LA TUNISIE**

Dans le cadre de cette recherche, et afin d'avoir une première idée sur la situation de la pollution marine dans les zones côtières de la Tunisie, les méthodes scientifiques ont été appliquées à l'étude des plages du littoral Tunisien, en l'occurrence, au nord de Gammarth, Hammamet, au Sud de Sfax (Sidi Mansour et Chaffar) et à Djerba, pendant la période estivale de juillet à août 2018.

La sélection des plages de référence a été établie selon les critères suivants : la composition des plages de sable ou de gravier, leur exposition directe à la mer ouverte, leur accessibilité pour les experts, leur longueur avec un minimum de 100 mètres et l'absence des bâtiments.

• Echantillonnage et identification des déchets par la Méthode OSPAR (100m)

La Convention sur la protection du milieu marin du Nord-Est de l'Atlantique appelée convention OSPAR, repose sur une méthode et un logiciel standard bien défini pour l'analyse statistique des données des déchets de plage. En pratique, les directives de surveillance OSPAR sont largement utilisées en Europe et garantissent la comparabilité des données récentes.

Les analyses effectuées dans les plages tunisiennes reposent sur la méthode OSPAR.

Deux unités d'échantillonnage sont généralement utilisées dans la zone OSPAR :



1148 km

de zones côtières

Zônes d'échantillonnages

Gammarth

Hammamet

Sfax

Djerba









Figure 8A et 8B :

Exemples de types de déchets rencontrés sur les plages de Hammamet et Sidi Mansour

- **100 mètres** : pour identifier tous les articles de déchets marins ;
- **1000 mètres** : pour identifier les objets généralement plus grands que 50 cm [74].

La méthode retenue dans cette recherche est celle des 100 mètres. La direction du mouvement suit toujours un motif en zigzag allant du dos de la plage (dune de sable, végétation, etc.) vers le bord de la mer. Quant aux types de déchets collectés, ils ont été enregistrés et classés dans le tableau suivant représentant les articles et les catégories de déchets trouvés dans les différentes zones d'échantillonnage.



Pays : Tunisie							
Items	Type de déchet	Catégories	Nombre				
Stations			S1	S2	S3	S4	S5
1	Mégots de cigarettes et filtres 	Cigarettes	241				
2	Fragments de plastique 0 – 2.5 cm	MPA*	54				
3	Fragments de plastique 2.5 cm > < 50 cm	MPA	122				
4	Bouchons de bouteilles en plastique 	MPA	125				
5	Emballage alimentaire en plastique	MPA	98				
6	Sacs en plastique 	MPA	73				
7	Eponges	MPA	13				
8	Bâtons de bonbon	MPA	9				
9	Pots de yaourt 	MPA	10				
10	Couverts de table en plastique 	MPA	34				
11	Bouteilles en plastique 	MPA	13				
12	Textiles	Textiles	8				
13	Fragments de papier	Papiers	150				
14	Tetrapacks 	Carton, MPA, Aluminium	6				
15	Bois	Bois	12				
16	Déchets alimentaires	Organique	7				
17	Morceaux de verre	Verres	6				
18	Fragments métalliques/ Aluminium	Métal	33				
19	Fils et filets	MPA	35				
20	Autres (gants, pinces, déchets médicaux, couches, chaussures ...)	-	8				

* MPA= Matériaux Polymères Artificiels

Catégorisation des déchets rencontrés selon la méthode de collecte et pesage

En classifiant ces polluants, nous avons remarqué l'existence de plusieurs types de déchets sur les plages des zones d'échantillonnage avec des proportions différentes. Malgré la présence de différentes particules de déchets, cette analyse montre que les mégots de cigarettes et les déchets plastiques constituent le problème le plus important. D'autres fractions existent aussi tel que le papier, les fils et les filets de pêche.

La catégorisation des déchets a pour objectif d'établir avec précision un état des lieux permettant d'identifier les différentes fractions de macro-déchets et leurs origines, afin d'agir sur le problème en remontant à sa source et réduire ainsi la pollution.

La méthode appliquée dans cette étude repose sur la collecte des déchets sur les plages (sur 100 mètres), en plus du tri et du pesage de chaque

fraction séparément. Cette opération a été effectuée sur les plages de Gammarth, les plages de Sidi Mansour et Chaffar à Sfax, la plage de Djerba Midoun et la plage de Hammamet, pendant les mois de juillet et août 2018.

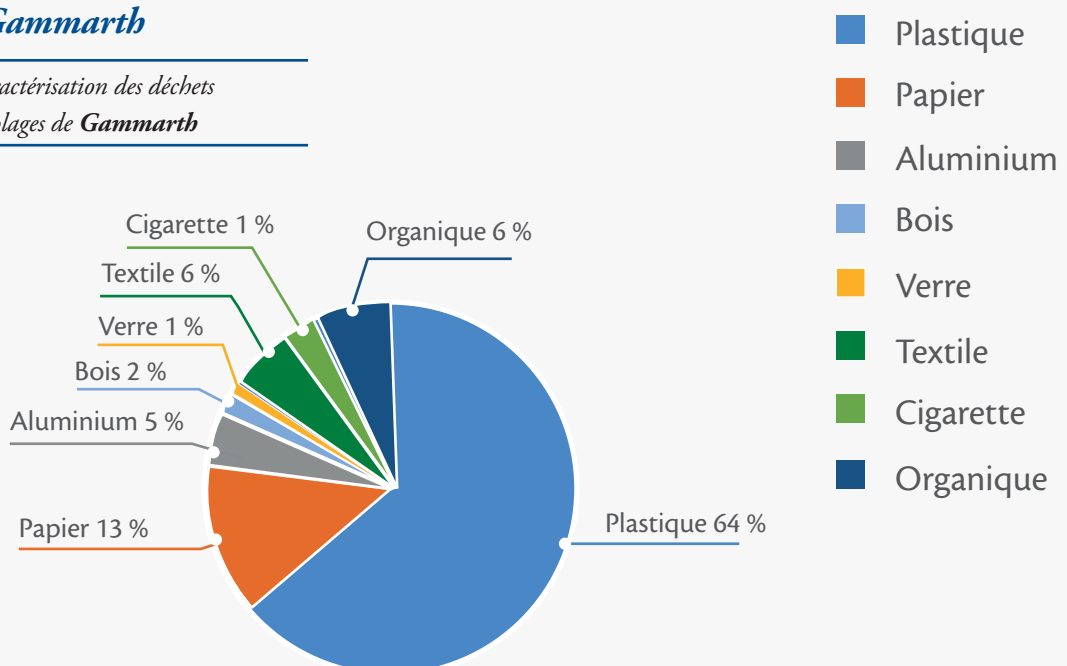
La composition des déchets peut s'expliquer par les activités touristiques (hôtels, resorts, animations, etc.), les activités économiques, les mouvements marins qui peuvent ramener des déchets, le service municipal de collecte et de nettoyage, les conditions climatiques, etc.

D'après cette caractérisation, on remarque que divers types de déchets se trouvent sur les plages à l'instar du plastique, le papier, le carton, le fer, le textile, les cigarettes et la matière organique.

Les déchets plastiques sont largement présents et dominants dans la plupart des plages. Ce type de pollution peut être à l'origine de l'apparition d'autres types de polluants, comme le microplastique.

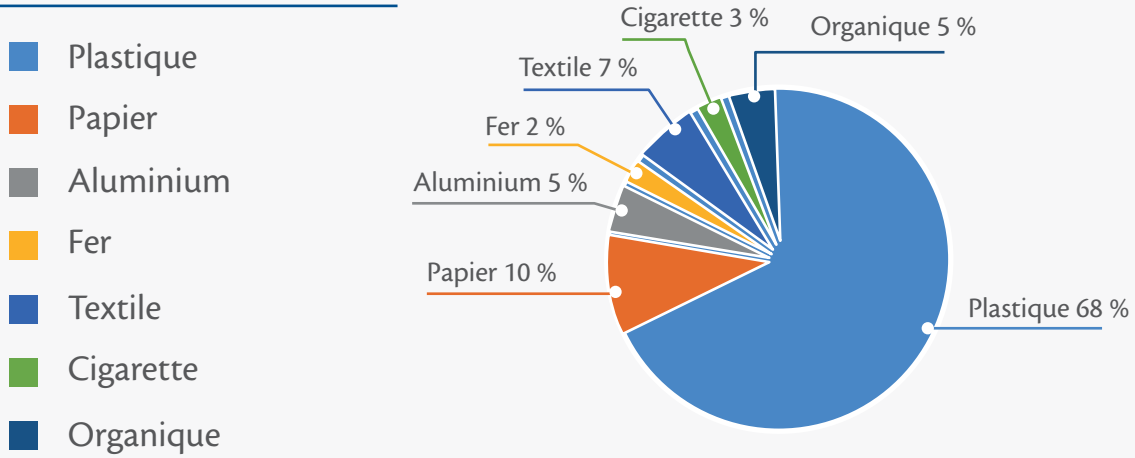
Plage de Gammarth

Figure 13 : Caractérisation des déchets existant sur les plages de Gammarth



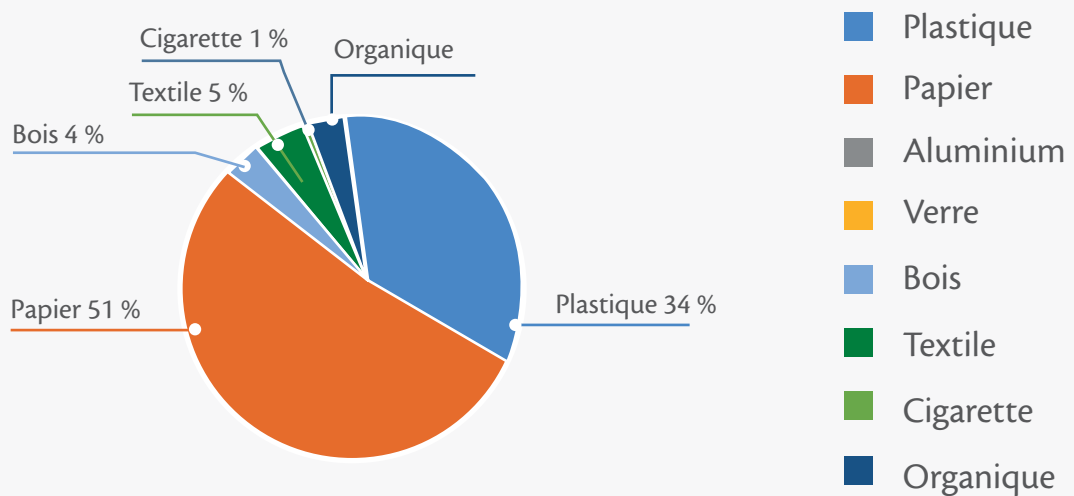
Plages de Hammamet

Figure 9 : Caractérisation des déchets existant sur les plages de Hammamet



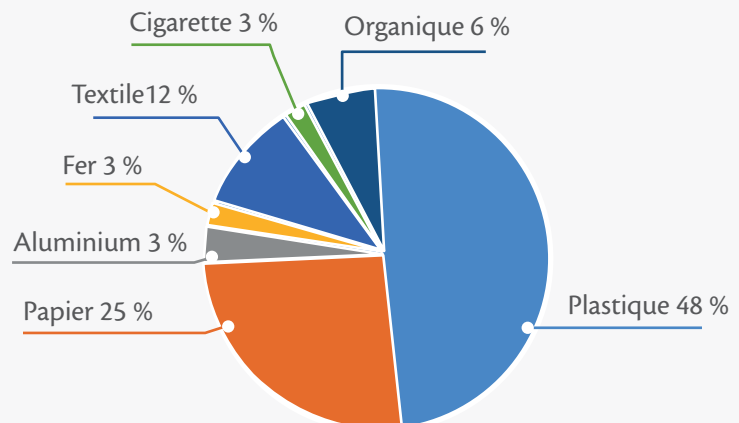
Plages Sidi Mansour/Sfax

Figure 11 : Caractérisation des déchets existant sur les plages de Sidi Mansour/Sfax



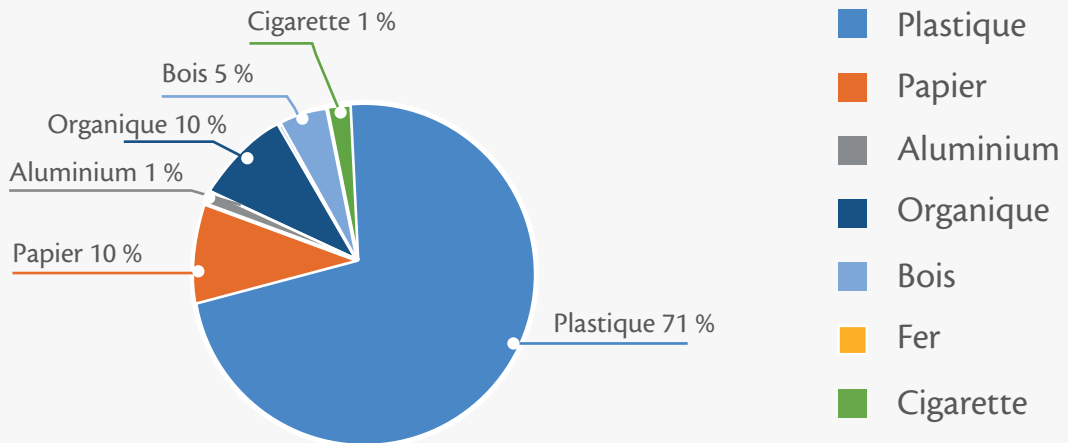
Plages de Chaffar/Sfax

Figure 10 : Caractérisation des déchets existant sur les plages de Chaffar/Sfax



Plage Midoun/Djerba

Figure 12 : Caractérisation des déchets existant sur les plages de Midoun/Djerba



• Echantillonnage des microplastiques

La méthode de 10²m (zone tidale), utilisée généralement après les “Stormy events”, comme son nom l’indique, est utilisée dans l’étude des déchets rejetés par la mer sur les plages suite à des tempêtes ou d’importants mouvements de marées. Cette méthode d’échantillonnage vise toutes les fractions de tailles des déchets et met l’accent sur les microplastiques (la fraction des particules de petite taille).



En raison de la présence des vacanciers sur les plages, la méthode des 10 m² n’a pas pu être appliquée. Nous avons dû choisir la distance de manière aléatoire. La collecte des petites particules en plastique, ayant une taille qui ne dépasse pas le 1 cm, a été effectuée par simple observation de ce qui existe sur la surface de la plage.

• Résultats de l’échantillonnage des microplastiques

Le tableau suivant présente les différentes particules en plastique, le pourcentage de chaque type, ainsi que la mesure des tailles des échantillons. Le tableau indique aussi le pourcentage de certitude des résultats obtenus par MicroPhazir (outil d’identification des polymères).

Figure 14 : Division du terrain pour échantillonnage par la méthode “zone d’accumulation plate” (méthode des 10m²)

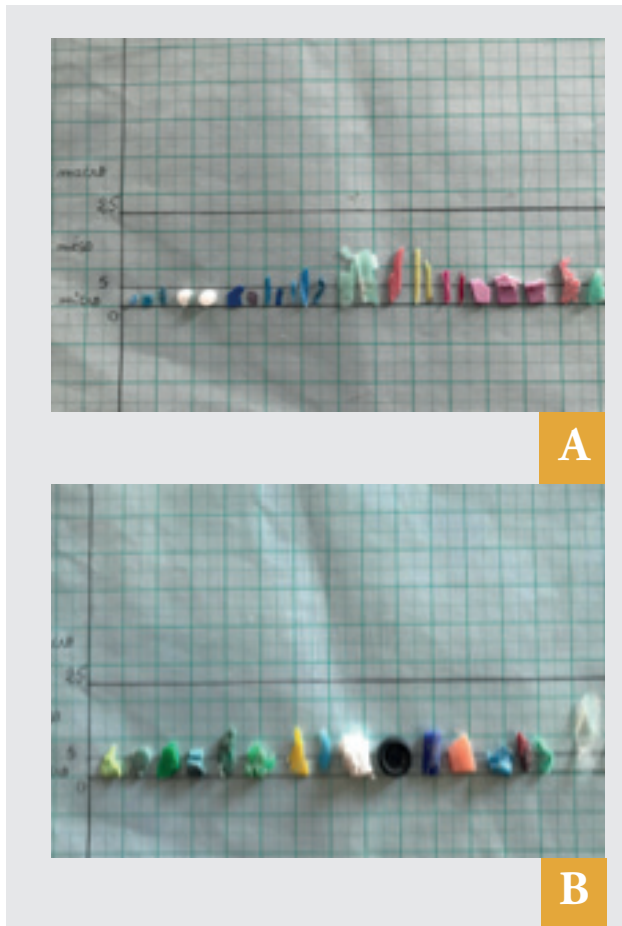


Tableau 3 : Pourcentage des différents types de particules analysés par *MicroPhazir*

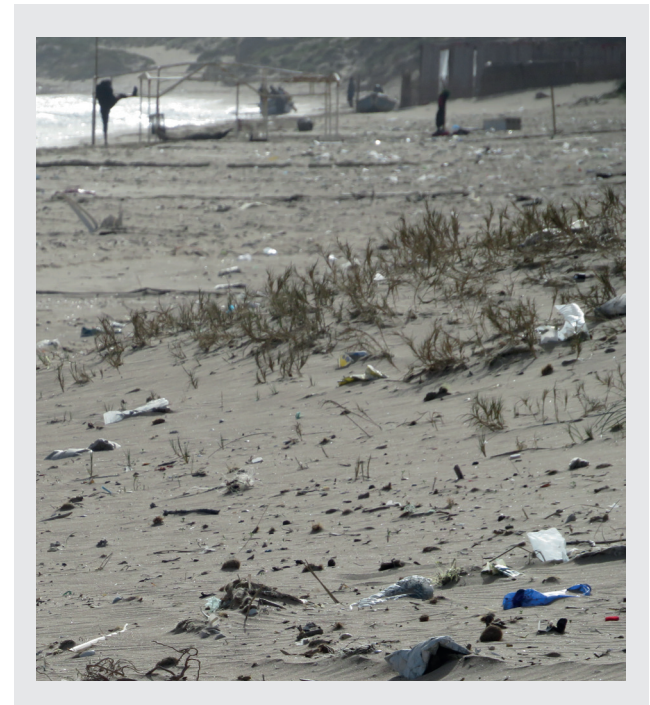


Figure 15 A et 15 B : Exemples d'échantillons collectés des différentes plages des côtes de la Tunisie

Type des particules	Pourcentage (%)	Certitude des résultats (Analyse par MicroPhazir)	Tailles
PE (polyéthylène)	60,8%	97%	Les tailles varient entre 0-5mm et >5
PP (polypropylène)	31,5%		
PS (polystyrène)	5%		
PA (polyamide)	1,6%		
PVC (Polychlorure de vinyle)	1,1%		

- D'après les résultats de l'analyse réalisée par MircoPhazir à partir des des particules collectées, on constate qu'ils appartiennent à divers types de plastique de tailles différentes. Les microplastiques et les mésoplastiques en polyéthylène PE et polypropylène PP dominant dans nos échantillons avec un pourcentage de 60,8% et 31,5% respectivement.
- Le tableau montre aussi la présence de PS (emballage alimentaire par exemple), PA (tapis et moquettes, pièces de robinetterie, de serrurerie) et PVC (tuyaux de canalisation, emballage alimentaire, etc.) à faible proportions. Ils sont en effet d'origine primaire ou secondaire (voir page 7 et 8). Les résultats indiquent aussi que ces particules et leur concentration diffèrent d'une plage à une autre, ces écarts peuvent avoir pour origine la courantologie, les marées, et la dégradation des déchets plastiques en petites particules formant les microplastiques.

Conclusion à partir des résultats :

- Les résultats de l'exercice d'échantillonnage témoignent de la présence de particules en plastique sur les côtes tunisiennes, à la fois sur les plages et la colonne d'eau. Comme il a été expliqué précédemment, ces polluants peuvent nuire aux organismes marins qui avalent ces débris. Ils peuvent aussi finir dans les salines tunisiennes, et par conséquent dans le sel alimentaire consommé par le citoyen.
- L'analyse des différentes plages choisies sur les côtes tunisiennes ne représente qu'un diagnostic général et grossier de la situation. En effet, cette introduction invite à des études et des recherches scientifiques plus rigoureuses et plus approfondies, probablement sur l'ensemble du littoral tunisien, afin d'identifier les sources des nombreux types de déchets. En parallèle, il importe d'insister sur la sensibilisation et d'initier un travail sur la réglementation et la prévention à la source.
- Le changement de la législation relative à la pollution marine, par les débris, le plastique, les microplastiques, nécessite des discussions avec et entre tous les acteurs concernés, et même au niveau du parlement dans le but de développer des stratégies et des solutions durables.





**RECOMMANDATIONS POUR LES
DÉCIDEURS, LES RESPONSABLES
ET LES CITOYENS TUNISIENS**

Recommandations

Changer la situation actuelle de la pollution marine, nécessite tout d'abord une prise en considération des principes de base en relation avec le sujet de la gestion des déchets :

- Le principe de la prévention : vu que le coût de cette opération est inférieur aux coûts de l'élimination des déchets. Il consiste à éviter ou réduire les produits ou les substances qui contribuent aux flux de déchets ;
- Le principe du pollueur-payeur : puisque les activités polluantes et les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci sont supportés par le pollueur ;
- La précaution : principe selon lequel l'absence de certitudes scientifiques ne doit pas amener un décideur à différer l'adoption de mesures de prévention contre le risque sanitaire ou environnemental potentiel ;
- L'approche écosystémique : veille à ce que les pressions collectives des activités humaines soient prises en compte ;
- Le principe de la participation du public : un aspect important pour sensibiliser au problème des déchets marins ;
- Le principe de l'intégration et de la durabilité : les considérations environnementales doivent être incluses dans le développement économique.

Le secteur privé

- Les entreprises doivent assumer leur responsabilité et participer au système national pour la récupération des produits mis sur le marché, dans le cadre du système de la Responsabilité Elargie du Producteur (REP);
- Des appels doivent être lancés afin d'encourager les entreprises à investir dans l'innovation et l'écoconception, pour une utilisation plus durable et efficace du plastique;
- L'industrie du tourisme, comprenant les opérateurs hôteliers et maritimes, doit éviter l'utilisation des articles en plastique à usage unique tels que les sacs, bouteilles, bouchons ou pailles et mettre en place des systèmes efficaces de collecte et de recyclage des déchets;
- Les établissements d'hébergement touristiques doivent assumer leur responsabilité à l'échelle locale par le nettoyage des plages et de l'entourage des hôtels et mettre en place des locaux poubelle pour faciliter la collecte des déchets par les services municipaux dans de bonnes conditions;
- Il est nécessaire d'obliger les producteurs de déchets (les magasins, les supermarchés, les hôtels, etc.) à trier les débris à la source et à développer des conventions avec les collecteurs des matériaux produits;





- Les producteurs de matériel de pêche contenant des matières plastiques doivent prendre en charge les frais de récupération et des incitations financières nécessaires pour éviter la pollution marine par ce produit.
- Il importe de trouver des solutions pour empêcher la libération de fibres microplastiques à la suite du processus de lavage.

Législation

- Il faut demander aux autorités concernées et au parlement Tunisien de prendre une initiative législative afin de reconnaître les déchets plastiques (plastiques, microplastiques, nano-plastique, microbilles) comme une véritable pollution. Par exemple, grâce à un accord entre le Parlement européen, la Commission européenne et les Etats membres, les produits en plastique à usage unique seront interdits dans l'Union européenne d'ici 2021;
- La loi interdisant l'utilisation des sacs en plastique à usage unique doit être finalisée et appliquée.
- Les microbilles dans les produits de consommation (détergents, cosmétiques, etc.) sont à interdire.

- C'est le cas du gouvernement néo-zélandais qui envisage d'adopter une réglementation visant à prohiber ou à contrôler la fabrication et la vente de produits de soins personnels contenant des microbilles en Nouvelle-Zélande [75];
- Il est nécessaire de préparer un plan national pour la gestion intégrée des déchets solides qui vise à améliorer la collecte des déchets, incorporer le tri sélectif à la source et augmenter le taux de recyclage.
- Il faut développer un cadre financier durable à travers l'implantation du système REP « responsabilité élargie du producteur », et élargir les types des déchets concernés pour couvrir tous les types de déchets.

Education et sensibilisation

- Développer des programmes de sensibilisation des citoyens et surtout les élèves pour changer le mode de consommation et choisir des produits à base de matériaux biodégradables ou recyclés au lieu des produits jetables à usage unique;
- Remplacer les sacs, les récipients et les films plastiques par du verre, un matériau inerte qui, contrairement au plastique, ne libère aucun contaminant;
- Éviter les savons et les produits cosmétiques qui contiennent des microbilles;
- Acheter des produits non emballés;
- Suivre les procédures de gestion des déchets et de tri à la source pour recycler autant que possible et minimiser les déchets destinés à l'enfouissement.

- Être un citoyen responsable en jetant tous ses déchets (mégots de cigarettes, emballages, jouets en plastique, etc.) de manière appropriée afin d'éviter la pollution des plages et de l'environnement.

La recherche scientifique

- La recherche scientifique doit jouer un rôle dans ce processus : des études scientifiques poussées dans ce sens doivent être élaborées afin de diagnostiquer d'une manière plus approfondie l'origine de la pollution, et l'impact des microplastiques sur les tunisiens en particulier.

Les communes

- Après les élections de Mai 2018, les municipalités doivent jouer un rôle important dans ce processus par l'amélioration du niveau de propreté de la ville à travers l'élaboration de nouveaux concepts durables pour la gestion des déchets ;
- Le cadre organisationnel, financier et technique de la collecte des déchets par la municipalité doit être optimisé.



CONCLUSION

**La pollution marine a atteint presque tous les océans et mers du monde,
..... y compris la Méditerranée.**

L'augmentation exponentielle des quantités des déchets solides produites par l'Homme et la lenteur de leur dégradation ainsi que leur mauvaise gestion, sont les causes de cette catastrophe écologique. Les déchets et les plastiques sont désormais omniprésents, que ce soit dans la colonne d'eau, les fonds marins, les estomacs des animaux ou le long des côtes.

Il est aujourd'hui évident que la lutte face à la pollution marine exige des mesures radicales à l'échelle des nations, mais aussi au niveau national. **La Tunisie, comme l'atteste le présent rapport, est fortement concernée et impactée par la pollution marine par les débris et les plastiques. Elle doit par conséquent contribuer aux efforts de lutte à travers des actions et des programmes ciblés et ce par le biais de l'élaboration d'une stratégie nationale de lutte contre la pollution marine, et d'une manière plus spécifique contre le plastique et les microplastiques, tout en impliquant les différents acteurs et institutions concernés par le sujet. De plus, il importe de mettre en place des lois strictes et des mesures de contrôle régulier accompagnées par des activités de collecte et de recyclage intensifiées intégrant les municipalités et leurs systèmes de gestion des déchets.**

Parallèlement, le problème doit être traité à sa source le producteur a une responsabilité capitale qui peut être renforcée voire élargie : contribution financière, amélioration du design, recyclabilité des produits, etc.




La sphère des scientifiques et des académiciens a également un rôle primordial à jouer dans la lutte contre la prolifération de la pollution par le plastique et les microplastiques. Ceci nécessite **des sujets recherches scientifiques plus poussés et plus orientés vers la présence du plastique dans l'environnement marin ainsi que vers les potentiels impacts sur nos ressources marines et sur la santé des tunisiens, voire sur l'économie tunisienne.**

Bien que la problématique des microplastiques soit un enjeu émergent et très peu discuté en Tunisie, il devient urgent de le prendre au sérieux en tant que préoccupation majeure et de lui consacrer les moyens nécessaires afin de l'explorer plus en profondeur, de limiter sa prolifération et de mieux gérer ses impacts.

Ce rapport est le premier de son genre traitant la question de la pollution des côtes tunisiennes par les plastiques et microplastiques ainsi que leurs impacts à différents niveaux. Nous le considérons comme une introduction au sujet et nous sommes convaincus que d'autres devraient suivre.





**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**



1. Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., Rockström, J., 2005. Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science* 309, 1036–1039. doi:10.1126/science.111212
2. Small, C., Nicholls, R.J., A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones (2003), *J. Coast. Res.* 19, 584–599
3. Hénaff, A., Philippe, M., Gestion des risques d'érosion et de submersion marines, guide méthodologique (2014), Projet Cocorisco.
4. Pascale Metzger et Robert D'Ercole, « Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion », *EchoGéo* [En ligne], 18 | 2011, mis en ligne le 06 décembre 2011, URL : <http://journals.openedition.org/echogeo/12640> ; DOI : [10.4000/echogeo.12640](https://doi.org/10.4000/echogeo.12640) (Accédé le 18.11.2018)
5. Shahidul Islam, M., Tanaka, M., Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis (2004), *Mar. Pollut. Bull.* 48, 624-649. doi: 10.1016/j.marpolbul.2003.12.004
6. Union Européenne, 25 Solutions innovantes et motivantes pour lutter contre LES DÉCHETS MARINS PLASTIQUES dans la région Méditerranéenne (2017), Disponible sur le lien : <http://www.cprac.org/fr/archives-des-nouvelles/generiques/25-solutions-innovantes-pour-lutter-contre-les-dechets-plastiques--1>
7. Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci.* 364, 1985–1998. doi:10.1098/rstb.2008.0205
8. Derraik, J.G.B., The pollution of the marine environment by plastic debris: a review (2002), *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852. doi:10.1016/S0025-326X(02)00220-5
9. Expéditions MED, (2016). Opération déchets côtiers, disponible en ligne <http://www.expeditionmed.eu/fr/category/nos-programmes/programme-d-actions/operation-dechets-sales/> (Accédé le 15.10.2018)
10. Rapport UNEP, (2009), Disponible en ligne: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/tackling-plastic-pollution-should-begin-source> (Accédé le 30.10.2018)
11. PlasticsEurope (2016). Plastics - the Facts [WWW Document]. Disponible en ligne: <http://www.plasticseurope.fr/Document/plastics---the-facts-2016-15787.aspx?FolID=2> (Accédé le 17.11.2018).
12. 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. *Science* 347, 768–771. doi:10.1126/science.1260352
13. Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J., Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea (2014), *PLoS ONE* 9, 111913. doi: 10.1371/journal.pone.0111913
14. Aurélie Payelle., L'ONU fait l'état des lieux du plastique dans le monde, et c'est dramatique (2018). Disponible en ligne : https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/l-onu-environnement-fait-l-etat-des-lieux-du-plastique_124773 (Accédé le 17.11.2018)
15. Global Environment Facility (GEF) (2012a). Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Scientific and Technical Advisory Panel GEF, Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions, 67: 9. Montreal.
16. Gregory, M. R. and Ryan, P. G., (1997), Pelagic plastics and other seaborne persistent synthetic debris: a review of Southern Hemisphere perspectives. Prepared for AB 259 (Krekorian), AB 820 (Karnette), and AB

- 904 (Feuer) by the Algalita Marine Research Foundation.
17. Environmental Protection Agency (EPA) (2011a). Marine Debris in the North Pacific: A Summary of Existing Information and Identification of Data Gaps. EPA-909-R-11-006.
 18. Global Environment Facility (GEF) (2012a). Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Scientific and Technical Advisory Panel GEF, Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions, 67: 9. Montreal.
 19. Audrey Bussens, Julie Blocry, Mélissa Duray ET Maxime Corbisier. Printemps des sciences, La révolution des plastiques (2009), disponible en ligne: <https://sciences.brussels/pds2009/activite/bru28-plastiques.pdf>, (Accédé le 10.11.2018)
 20. Andrady, A. L., Microplastics in the marine environment (2011), Marine Pollution Bulletin, 62(8), 1596–1605, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
 21. Nathalie Briand, (2014), Disponible en ligne : <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/devenir-plastiques/>, (Accédé le 10.11.2018)
 22. Lithner, D., Larsson, Å., & Dave, G., Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition (2011), Science of The Total Environment, 409(18), 3309–3324.
 23. PlasticsEurope, How plastic is made, (2016), disponible en ligne <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/how-plastic-is-made.aspx> (Accédé le 10.10.2018)
 24. Julie C. Anderson, Bradley J. Park , Vince P. Palace. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems (2016), Enviro Pollu, 218:269-280, DOI: 10.1016/j.envpol.2016.06.074
 25. Auta, H.S, Emenike, C.U and Fauziah, S.H , (2017), Distribution et importance des microplastiques dans le milieu marin: examen des sources, du devenir, des effets et des solutions possibles.
 26. Veerasingam, S., Mahua Saha, Suneel, V., Vethamony, P., Andrea Carmelita Rodrigues, Sourav Bhattacharyya, Naik, B.G, Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India (2016), 159, pp 496-505, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.06.056>
 27. Napper, I.E., Bakir, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. Mar. Pollut. Bull. 99, 178–185. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.07.029
 28. Disponible en ligne: <http://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/eu-affairs/20190415STO40361/choisissez-votre-avenir-video> (Accédé le 17.01.2019)
 29. frDE771DE771&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2sPajqTfAhWRbVAKHduRB2kQ_AUIDigB&biw=1517&bih=695&dpr=0.9#imgrc=H683FsbeDJbj8M:
 30. Roclin Léa, les microplastiques en milieu marin : supports de contaminants chimiques, (2015), Université du Maine – Le Mans. Disponible en ligne : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00278/38914/37454.pdf> (Accédé le 05.0.2018)
 31. Seville, E. van, Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., Franeker, J.A. van, Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., Law, K.L., 2015. A global inventory of small floating plastic debris. Environ. Res. Lett. 10, 124006. doi:10.1088/1748-9326/10/12/124006
 32. Li, J., Liu, H., Chen, J.P., Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects,

- and methods for microplastics detection (2018), *Water Research* 137, pp 362-374, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
33. Woodall, L.C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G.L.J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A.D., Narayanaswamy, B.E., Thompson, R.C., 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *R. Soc. Open Sci.* 1, 140317. doi:10.1098/rsos.140317.
 34. Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I., Thompson, R.C., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earths Future* 2014EF000240. doi:10.1002/2014EF000240
 35. J. Prata Airborne microplastics: consequences to human health? (2018), *Environ. Pollut.* 234, pp. 115-126
 36. S. Rist, B.C. Almroth, N.B. Hartmann, T.M. Karlsson, A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics (2018), *Sci. Total Environ.*, 626, pp. 720-726
 37. Disponible en ligne: <https://www.ottawariverkeeper.ca/fr/microbilles-de-plastique/> (Accédé le 15.01.2019)
 38. <https://lactualite.com/sante-et-science/2016/02/22/faut-il-avoir-peur-des-microbilles-de-plastique/>
 39. Fendall, L. S., Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225-1228. Disponible en ligne: <https://lactualite.com/sante-et-science/2016/02/22/faut-il-avoir-peur-des-microbilles-de-plastique/> (Accédé le 15.02.2019)
 40. <http://pediatrics.aappublications.org/content/142/2/e20181410> Leonardo Trasande, Rachel M. Shaffer, Sheela Sathyanarayana, Food Additives and Child Health, From the American Academy of Pediatrics Technical Report August 2018, VOLUME 142 / ISSUE 2
 41. Chris Sherrington, Chiarina Darrah, Simon Hann, Mark Cordle, George Cole, Union Européenne (2016). Study to support the development of measures to combat a range of marine litter source, disponible en ligne: <http://www.eunomia.co.uk/reports-tools/study-to-support-the-development-of-measures-to-combat-a-range-of-marine-litter-sources/> (Accédé le:15.10.2018)
 42. Sylvie Latiéule, Cosmétiques : Des solutions biosourcées pour remplacer les microbilles de plastique, 2017. Disponible en ligne au <http://www.formule-verte.com/cosmetiques-des-solutions-biosourcees-pour-remplacer-les-microbilles-de-plastique/> (Accédé le 15.11.2018)
 43. GESAMP (2010). Bowmer, T. and Kershaw, P.J., 2010 (Eds.) 'Proceedings of the GESAMP International Workshop on micro-plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans'. IMO, FAO, UNESCO-IOC, UNIDO, WMO, IAEA, UN, UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, GESAMP Rep. Stud. No. 82, 68pp.
 44. Disponible en ligne: https://tn.boell.org/sites/default/files/uploads/2018/06/web_ocean_atlas.pdf (Accédé le 06.01.2019)
 45. Savoca MS, Tyson CW, McGill M, Slager CJ, Odours from marine plastic debris induce food search behaviours in a forage fish, (2017), *Proc Biol Sci*, 16;284 (1860), DOI: 10.1098/rspb.2017.1000
 46. Ali Karami, Abolfazl Golieskardi, Cheng Keong Choo, Vincent Larat, Tamara S. Galloway & Babak Salamatinia (2017), The presence of microplastics in commercial salts from different countries, 7:46173, DOI: 10.1038/srep46173.
 47. Leïla Rölli. DU PLASTIQUE DANS LE SEL MARIN, (2017), disponible en ligne : <http://envertetcontretout.ch/2018/04/21/plastique-sel-marin/>, (Accédé le 05.10.2018)

48. Maria E. Iñiguez, et al, Microplastics in Spanish Table Salt, US National Library of Medicine National Institutes of Health, 2017, Published online 2017 Aug 17. doi: 10.1038/s41598-017-09128-x
49. Dongqi Yang, et al, Microplastic Pollution in Table Salts from China, 2015, Environmental Science & Technology 49(22), DOI: 10.1021/acs.est.5b03163
50. Toute la référence: Philipp Schwabl, Bettina Liebmann, Sebastian Köppel, Thomas Reiberger, et. al. Assessment of microplastic concentrations in human stool, http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_
51. Anderson Abel de Souza Machado, Werner Kloas, Christiane Zarfl, Stefan Hempel, Matthias C. Rillig. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. Global Change Biology, 2018; DOI: 10.1111/gcb.14020 <https://www.sciencedaily.com/releases/2018/02/180205125728.htm>
52. Disponible en ligne: <https://www.futura-sciences.com/planete/breves/pollution-marine-image-choc-cachalot-retrouve-mort-6-kg-plastique-ventre-216/> (Accédé le 06.10.2018)
53. Roselyne Messal, Océans : les effets du plastique sur les animaux et l'environnement Dossier - Les déchets plastique en mer, un septième continent, (2018) , Disponible en ligne : <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/pollution-dechets-plastique-mer-septieme-continent-1898/page/4/> (Accédé le 06.10.2018)
54. Amelineau, F., Bonnet, D., Heitz, O., Mortreux, V., Harding, A.M.A., Karnovsky, N., Grémillet, D. (2016). Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. Environmental Pollution, 219, 1131 – 1139. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.017.
55. Holland, E.R., Mallory, M.L., & Shutler, D, Plastics and other anthropogenic debris in freshwater birds from Canada, (2016), Science of Total Environment, 571, 251 – 258. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.07.158.
56. Alomar, C., Sureda, A., Capó, X., Guijarro, B., Tejada, S., & Deudero, S. (2017). Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. Environmental Research, 159, 135 – 142. doi: 10.1016/j.envres.2017.07.043.
57. Khan, F.R., Mayoma, B.S., Biginagwa, & Syberg, K., First evidence of microplastics in the African Great Lakes: Recovery from Lake Victoria Nile perch and Nile tilapia, (2016), Journal of Great Lakes Research, 42, 146 – 149. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.10.012>
58. Peters, C.A., Thomas, P.A., Rieper, K.B., & Bratton, S.P., Foraging preferences influence microplastic ingestion by six marine fish species from the Texas Gulf Coast, (2017), Marine Pollution Bulletin, 124, 82 – 88. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
59. Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Shi, H., Microplastics in mussels along the coastal waters of China, (2016), Environmental Pollution, 214, 177 – 184. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.012>
60. Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C.R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Devriese, L. (2015). A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. Environmental Research, 143, 46 – 55. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.016>
61. Akhbarizadeh, R., Moore, F., Keshavarzi, B., & Moeinpour, A. Microplastics and potentially toxic elements in coastal sediments of Iran's main oil terminal (Khark Island) (2018), Environmental Pollution, 220, 720 – 731. doi: 10.1016/j.envpol.2016.10.038.
62. Murray, F., & Cowie, P.R. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (2011),



- Marine Pollution Bulletin, 62, 1207 – 1217. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.03.032.
63. Sun, X., Li, Q., Zhu, M., Liang, J., Zheng, S., & Zhao, Y. Ingestion of microplastics by natural zooplankton groups in the northern South China Sea (2017), *Marine Pollution Bulletin*, 115, 217 – 224.
64. Nel, H.A., & Froneman, P.W. A quantitative analysis of microplastic pollution along the South-Eastern coastline of South Africa (2015), *Marine Pollution Bulletin*, 101, 274 – 275.
65. Communiqué de presse, WWF (2018), Disponible en ligne : <https://www.wwf.fr/mediterranee-pollution-plastique>, (accédé le 10.11.2018)
66. AFP, Les débris de plastique en mer confondus avec de la nourriture à cause de leur odeur, (2017), disponible en ligne : <https://www.geo.fr/environnement/les-debris-de-plastique-en-mer-confondus-avec-de-la-nourriture-a-cause-de-leur-odeur-177745> (Accédé le 05.10.2018)
67. Galgani F., Poitou I., Colasse L., Une mer propre, mission impossible ? 70 clés pour comprendre les déchets en mer, Éditions Quae, (2013), disponible en ligne : http://www.purpan.fr/sites/default/files/purpan/pdf/service_presse_2013_12.pdf, (Accédé le 02.10.2018)
68. Disponible en ligne: <https://www.semanticscholar.org/paper/Spatial-and-seasonal-variation-in-diversity-and-of-Oberbeckmann-L%C3%B6der/32d7d115a1d59e0593390c25835101427c3a0aa3> (Accédé le 05.10.2018)
69. Erik R. Zettler, Tracy J. Mincer, and Linda A. Amaral-Zettler., Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris, (2013), *Environ. Sci. Technol.*, 47 (13), pp 7137–7146, DOI: 10.1021/es401288x
70. Tamara S. Galloway., Matthew Cole., Ceri Lewis., Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem (2017), *Nature Ecology & Evolution*, volume 1, Article number: 0116
71. Fiolet T ., (2018), Disponible en ligne: <https://quoidansmonassiette.fr/pollution-des-microplastiques-dans-environnement-retrouves-dans-oceans-chaine-alimentaire/> (Accédé le 02.10.2018)
72. Vinay Mohan Pathak., Navneet., Review on the current status of polymer degradation: a microbial approach (2017). *Bioresources and Bioprocessing*, 4:15, <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0145-9>
73. Cristina, Munari.; Marco Scoponi, Michele Mistri. Plastic debris in the Mediterranean Sea: Types, occurrence and distribution along Adriatic shorelines, *Waste Management*, Volume 67, September 2017, Pages 385-391, DOI:10.1016/j.wasman.2017.05.020
74. Demarches Administratives / AFP (2018) , Disponible en ligne : <https://demarchesadministratives.fr/actualites/pollution-plastique-en-mediterranee-le-wwf-tire-la-sonnette-dalarme-et-propose-des-solutions> (Accédé le 03.10.2018)
75. European Commission, MSFD Technical Subgroup on Marine Litter (2013). *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*, ISSN 1831-9424 (online)
76. Disponible en ligne: <https://cosmeticobs.com/fr/articles/la-reglementation-cosmetique-18/la-nouvelle-zelande-programme-linterdiction-des-microbilles-dans-les-cosmetiques-pour-2018-3838/> (Accédé le 03.04.2019)



