

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université A - Mira de Bejaïa

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Sciences Biologique de l'Environnement
Spécialité Biologie animale



Réf

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Contribution à l'évaluation des macros et des microplastiques dans les plages de la baie de Bejaia.

Présenté par :

Benbraham Fouad & Bouchebbah Kaci Lotfi

Soutenu le : Soutenu le 02 Juillet 2025

Devant le jury composé de :

Mr. BELHADI Youcef	MCB	Univ. de Bejaia	Promoteur
Mr. MEZHOUD Abdelkarim	Doctorant	Univ. de Bejaia	Co-Promoteur
Mme SADEDDINE-ZENNOUCHE Ourdia	MCA	Univ. de Bejaia	Examinatrice
Mme BELHADJ KEBBI Melaz	MCB	Univ. de Bejaia	Présidente

Année universitaire : 2024/ 2025

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ce qui me sont chers,

À MA CHÈRE MÈRE

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien-être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Et sachez une chose ce n'est que le début. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.

À MON TRÈS CHÈR PÈRE

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduise ma gratitude et mon affection, je t'aime.

*À mes très chers frères Hachem et Mohamed, et sœurs Ghania et Siham,
À tous mes chers neveux et nièces, spécialement Raouf et Akram,
Vous étiez un souffle d'espoir pour moi.*

Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage et surtout réussite.

*Sans oublier mes chers amis qui ont vécu cette période du début jusqu'à la fin avec moi,
Pour leurs aides et leur soutien dans les moments difficiles.*

Et enfin, mon binôme Lotfi, avec qui j'ai partagé la majorité du temps. Je tiens à le remercier pour la bonne approche qu'il a donnée tout au long de ce travail.

Et à toutes les personnes qui m'ont aidé et encouragé tout au long de mon parcours.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

*À l'enfant que j'ai été, qui rêvait de comprendre le monde.
À la personne que je suis, qui apprend encore à s'y frayer un chemin.
Aux absents, aux oubliés, aux discrets qui ont marqué mon histoire
sans parfois le savoir.
Et à l'avenir, qui reste à écrire.*

*À mes très chers parents, les piliers de mon existence, mon père est
ma mère les véritables artisans de ce que je suis devenu. Votre
encouragement et votre persévérance est tous les conseils que vous
m'avez donnés, m'ont guidé à chaque étape de ma vie. Tous les
remercîments du monde n'auront pas de valeur face aux sacrifices que
vous m'avez accordés*

*À mes frères et sœurs, pour leur soutien parfois silencieux mais
toujours sincère.*

*À mes amis, compagnons de galères et de réussites, qui ont su rendre
ce voyage plus léger et plus riche accompagné de rires sincères et de
soutien que ce soit morale ou autre.*

*Sans oublier mon très cher binôme avec qui on a partagé la majorité
du temps Je tiens à remercier tout particulièrement mon binôme,
[Fouad], pour son implication, sa disponibilité et la qualité de notre
collaboration tout au long de ce travail. Ton sérieux et ta bonne
humeur ont largement contribué à la réussite de ce projet commun.*

Remerciements

*Avant toute chose, nous remercions le bon Dieu qui nous a accordé le courage
Et la patience afin de réaliser ce travail.*

*Il est difficile de résumer en quelques lignes toute la reconnaissance que nous
Ressentons envers ceux qui ont traversé ce chemin à nos côtés.*

Derrière chaque page de ce mémoire se cachent des visages, des conseils, des silences rassurants et des mots qui nous ont boostés lorsque l'envie de baisser les bras se faisait sentir.

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre promoteur Mr Belhadi ainsi que notre Co encadrant Mr Mezhoude qui nous ont accompagnée dans ce travail pour avoir su poser les bonnes questions plutôt que d'apporter toutes les réponses, ainsi que leurs disponibilité dans le travail nous ont permis le bon déroulement de ce mémoire.

Nous exprimons notre gratitude aux membres de jury, chacun à son nom, d'accepter et de juger notre travail.

Enfin, nous remercions l'ingénieure de laboratoire Mme Bazize .H qui nous a dédiée un environnement chaleureux, et tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Table des matières

Introduction Générale	1
I Synthèses bibliographique	3
I.1 Généralité.....	3
I.1.1 Définition et origine de la pollution :.....	3
I.1.2 Définition de la pollution plastique :	3
I.1.3 La pollution marine :.....	4
I.1.3.1 Source de la pollution marine :	5
I.1.4 Principales sources de pollution marine dans la wilaya de Béjaia	6
I.2 Définition et classification des déchets et macros déchets :.....	7
I.2.1 Origine géographiques et sources des macros déchets :.....	8
I.2.2 Classification des déchets solides :.....	9
I.2.2.1 Déchets inertes :	9
I.2.2.2 Déchets fermentescible ou biodegradable :	10
I.2.2.3 Déchets toxiques :	10
I.2.3 Sources des déchets plastiques :.....	11
I.3 Notion théoriques sur les plastiques :	11
I.3.1 Définition et origine de la matière plastique :.....	11
I.3.1.1 Définition de la matière plastique :	11
I.3.1.2 Organique des polymères (physique) :.....	11
I.3.1.3 Les Polymères :.....	12
I.3.1.4 Les Monomères :.....	12
I.3.2 Caractéristiques de la matière plastique :.....	12
I.4 Les Microplastiques notion et généralité :.....	12
I.4.1 Définition des Microplastiques :	12
I.4.2 Caractérisation des Microplastiques :	13
I.4.2.1 Les différentes types des microplastiques:.....	13

I.4.3	Origine et prévenence des Microplastiques :.....	13
I.4.4	Le devenir des microlplastiques dans l’environnement :.....	14
I.4.5	Transport et voies d’entrée des microplastiques dans le mi- lieu marin :	16
I.4.5.1	Le transport hydrique des Microplastiques :.....	16
I.4.6	Les risques induits par les MP :.....	17
I.4.6.1	L’impact des microplastiques sur la biodiversité marine :.....	17
I.4.7	Impacts environnementaux et Ecotoxicologique des MP :	18

II Matériel et méthodes 19

II.1	Présentation de la zone d’étude – (baie de Bejaia) :.....	19
II.1.1	Localisation géographique :.....	19
II.1.1.1	La plage de Sidi Ali Labhar :.....	20
II.1.2	La plage d’Aoukas :.....	20
II.1.3	La plage de Melbou :.....	21
II.2	Caractéristique physique et climatique de la wilaya de Bejaïa :	22
II.2.1	Données physiques :.....	22
II.2.1.1	Géomorphologique :.....	22
II.2.1.2	Géologique :.....	22
II.2.1.3	Topographique :.....	22
II.2.1.4	Hydrographique : est composé de :.....	23
II.2.1.5	Hydrogéologie :	23
II.2.2	Données climatiques :.....	23
II.2.2.1	Le climat :.....	23
II.2.2.2	Pluviométrie :.....	24
II.2.2.3	Températures :.....	24

II.2.2.4 Vents :.....	24
II.3 Choix des sites :.....	25
II.4 Protocole terrain sur sable :.....	26
II.4.1 Identification de la zone d'échantillonnage :.....	26
II.4.2 Récolte, extraction et identification des macroplastiques.....	27
II.4.3 La Récolte des échantillons sédimentaires	29
II.4.4 Traitement des échantillons sédimentaires :.....	30

III Résultats et Discussions 35

Interprétation des résultats.....	35
Discussion.....	62
Conclusion.....	65
Références Bibliographiques.	
Résumés	

Liste des figures

Chapitre I – Synthèses bibliographique

I.1	Augmentation de la production mondiale du plastique en fonction de la croissance de la population de 1950 à 2016.....	4
I.2	Schéma représentant les différents types de pollution maritime.....	6
I.3	Schéma représentant les principales sources, type et impact de la pollution dans la wilaya de Bejaia.....	7
I.4	Illustration de la classification des déchets en Algérie selon leurs origines.....	10
I.5	Agents principaux de la dégradation de polymère dans l'environnement (Fanon Julienne, 2019).....	15

Chapitre II – Matériel et méthodes

II.1	Présentation de la zone d'étude (Google Earth, 2025).....	19
II.2	Photo du premier site d'échantillonnage Sidi Ali Labhar (Photo originale).....	20
II.3	Photo du deuxième site d'échantillonnage AOKAS.....	21
II.4	Photo du troisième site d'échantillonnage Melbou.....	22
II.5	Représentation de l'état de site de Sidi Ali Labhar (photo originale).....	25
II.6	le point de départ de notre mesure pour les 10 mètres (photo originale).....	26
II.7	la délimitation de la zone d'échantillonnage (photo originale).....	26
II.8	La collecte des macros déchets (photo originale).....	28
II.9	tri et classification des macros déchets (photo originale).....	29
II.10	La collecte des échantillons sédimentaires (photo originale).....	29
II.11	L'étuve (Photos originales).....	30
II.12	Les échantillons bien secs (photo originale).....	30

II.13	la division des échantillons en plusieurs sous-échantillons pour chaque différente masse de 1 g, 2 g et 3 g (photo originale).....	31
II.14	Observation et séparation manuelle des MF et MP à une loupe binoculaire (photo originale).....	32
II.15	Les étapes de traitement des échantillons sédimentaires suivant le protocole de la séparation par densité (photo originale).....	34
II.16	L'extraction des surnageant (photo originale).....	34

Chapitre III – Résultats et discussion

III.1	Histogramme de la répartition des couleurs des déchets (S.A.L).....	40
III.2	Histogramme de la répartition des couleurs des déchets à AOKAS.....	41
III.3	Histogramme de la répartition des couleurs des déchets à MELBOU.....	42
III.4	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) de (S.A.L).....	43
III.5	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de (S.A.L).....	44
III.6	Observation des MP et MF du site 01 (S.A.L) au microscope optique (G x 40) (Photos originales).....	45
III.7	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) de (S.A.L).....	45
III.8	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de (S.A.L).....	46
III.9	Variation des tailles des MP et MF du site 01 (S.A.L) observé au microscope optique (G x 40) (photos originales).....	48
III.10	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) d'AOKAS.....	49
III.11	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) d'AOKAS.....	50

III.12	Observation des MP et MF du site 02 (Aokas) au microscope optique (G x 40) (photos originales).....	51
III.13	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) d'Aokas.....	51
III.14	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) d'Aokas.....	52
III.15	Variation des tailles des MP et MF du site 02 (Aokas) observé au microscope optique (G x 40) (photos originales).....	54
III.16	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (2g) Melbou.....	54
III.17	Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) Melbou.....	55
III.18	Observation des MP et MF du site 03 (Melbou) au microscope optique (G x 40) (photos originales).....	56
III.19	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (2g) de Melbou.....	57
III.20	Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de Melbou.....	57
III.21	Variation des tailles des MP et MF du site 03 (Melbou) observé au microscope Optique (G x 40) (photos originales).....	59
III.22	Histogramme des couleurs MP et MF des 3 échantillons sédimentaires de chaque site.....	60
III.23	Observation des MP et MF des trois sites au microscope optique (G x 40) (Photos originales).....	61
III.24	Variation des tailles des MP et MF des trois sites observés au microscope optique (G x 40) (photos originales).....	62

Liste des tableaux

Tableau I.1 – Comparaison des types des déchets.....	9
Tableau III.1 – Classification des déchets du site 1 S.A.L.....	35
Tableau III.2 – Classification des déchets du site 2 AOKAS.....	37
Tableau III.3 – Classification des déchets du site 3 MELBOU.....	39

Liste des acronymes

- MP** : Microplastiques
- MF** : Microfibres
- SAL** : Sidi Ali Labhar (nom abrégé du site)
- NaCl** : Chlorure de sodium (utilisé dans la solution saline)
- UV** : Ultra-violet
- G** : grossissement
- g** : gramme
- mm** : millimètre
- cm** : centimètre
- m** : mètre
- mL** : millilitre
- min** : minute
- °C** : degré Celsius
- PET** : Polyéthylène téréphtalate
- PE** : Polyéthylène
- PP** : Polypropylène
- PS** : Polystyrène
- PVC** : Polychlorure de vinyle
- ZnCl₂** : Chlorure de zinc (mentionné dans les études comparatives)
- DRS** : Direction de la Réglementation Sanitaire (contexte algérien)
- OSPAR** : Oslo-Paris Convention (surveillance environnement marin)
- OECD** : Organisation de Coopération et de Développement Économiques
- PET** : Les polyesters et le polyéthylène téréphtalate
- PE** : polyéthylène

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction Générale

La mer est indissociable à l'homo sapiens, on peut dire quelle n'est jamais autonome, elle est toujours en affinité avec les activités humaines terrestres et marine. En quelques années de mondialisation et de croissance économique (*Galgani et al, 2013*), La population mondiale a atteint le rythme actuel environ 8,2 milliards d'habitants en 2025, avec des projections situant ce chiffre entre 8 et 8,5 milliards selon les estimations moyennes des Nations Unies et de l'INED (*I'horizon 2025 reconsidéré*), de se faite chaque jour cette population génère des quantités de déchets considérables, entre 80 et 120 tonnes de déchets chaque 2 seconde qui souvent finissent en mer (*Galgani et al, 2013*).

Invention du dix-neuvième siècle, le plastique est un matériau qui accompagne nos vies depuis la Seconde moitié de ce siècle. Pratique, léger, résistant, ce matériau est utilisé dans de nombreux domaines. La production de masse et la mauvaise gestion des déchets ont conduit inévitablement à la présence de déchets plastique dans l'environnement, en particulier dans les mers et les océans. (*Carpenter et al, 1972*) Ce matériau n'apparaît pas uniquement sous forme de déchets solides, mais aussi de microplastique (MP), qui constituent aujourd'hui une menace majeure pour la santé humaine et animale (*Chatterjee et al, 2019*).

Selon une étude publiée dans Science of The Total Environment, l'utilisation mondiale de plastiques devrait augmenter de 464 millions de tonnes en 2020 à 884 millions de tonnes d'ici 2050, soulignant une croissance significative de la demande en plastiques au fil des décennies. (*M Dokl et al, 2024*) Cette augmentation constante de la production de plastiques a des effets environnementaux néfastes majeurs, notamment en ce qui concerne l'écosystème marin.

Selon les données ministérielles et de l'agence nationale des déchets, l'Algérie consomme environ 1 million de tonnes de plastique par an. Cette consommation a fortement augmenté ces dernières années, passant d'environ 10 kg par habitant en 2007 à plus de 23 kg en 2017, avec une estimation de 25,8 kg par habitant en 2020 (*Journal La Nouvelle République, 2022*). Par ailleurs, l'Algérie est l'un des consommateurs mondiaux de sacs en plastique, avec une consommation annuelle d'environ 7 milliards. Ces sacs, souvent jetés dans la nature, contribuent largement à la pollution plastique, notamment dans les milieux marins (*Algérie Presse Service, 2021*).

Ces petits morceaux de plastique peuvent être ingérés par différents biotes marins tels que le plancton, les invertébrés marins, les poissons et les baleines et remontent ainsi la chaîne alimentaire (*Sharma et al, 2017*). Ces polymères plastiques constituent une menace directe pour les organismes marins et affectent

aussi indirectement l'écosystème en absorbant d'autres polluants marins (NIAS). En raison de leur ratio surface/volume élevé, les micros plastiques absorbent les polluants hydrophobiques présents dans le système aquatique. Ainsi, la pollution par les micros plastiques devient une source d'inquiétude en raison des effets nocifs sur la santé et le biote marins (*Subhankar Chatterjee et al, 2019*).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail, Contribution à l'évaluation des macros et des micros plastiques dans les plages de la baie de Bejaia. L'objectif principal est là pour : d'une part Montrer l'état actuel de la baie et de contribuer dans le champ de connaissances sur l'existence et la répartition de la pollution plastique dans la baie de Bejaia, d'autre part quantifier et caractériser la pollution par les microplastiques dans les différentes matrices environnementales et Comparer la pollution de ces dernier entre différentes zones ou matrices ainsi que d'Évaluer l'état actuel de leurs contamination.

Enfin, Ce mémoire est composé de trois chapitres qui ont été structurés en différentes parties que l'on peut énumérer tel que suit : débiter par le premier qui représente le cadre théorique et revue de la littérature qui implique la synthèse bibliographique résumant des généralités sur les déchets, les plastiques et MP, Le second chapitre se porte sur la présentation de la zone d'étude – (baie de Bejaia), la partie matériel et méthodes qui est consacrée à la description de la méthodologie adoptée et le matériel utilisé ainsi que la présentation et le traitement des échantillons , sans oublier les méthodes d'identification des MP et l'analyse statistique des données, Est enfin la dernière partie est consacrée à la description des résultats obtenus et leurs interprétations. Une conclusion générale clôture de travail et résume les principaux points obtenus au cours de notre étude, avec quelques recommandations pratiques.

Chapitre **I**

Synthèses bibliographique

I.1 Généralité

I.1.1 Définition et origine de la pollution :

Du latin *pollutio*, salissure, souillure, tache. La notion de pollution, au milieu pollué, touche n'importe quelle espèce gazeuse ou particulière, le polluant, dès lors que sa concentration dépasse ce qui est communément accepté comme une valeur moyenne ou de fonds, ou dès que cette concentration présente un impact non négligeable sur l'humain ou l'environnement (*Delmas et al, 2005*).

La définition de la pollution est donc très subjective, car liée à son intensité, sa durée et son impact potentiel. La pollution concerne toutes les échelles de temps et d'espace : la pollution de proximité urbaine est horaire jusqu'au changement climatique global et séculaire. (*Menut, 2024*).

I.1.2 Définition de la pollution plastique :

Les plastiques sont considérés comme l'un des principaux polluants parmi ceux qui sont rejetés dans l'environnement. Ils jouent un rôle essentiel dans la vie humaine car ils sont économiques et polyvalents. Ils sont connus pour être un mélange de nombreux composants chimiques et sont utilisés pour diverses applications domestiques. Entre 1950 et 2016, la production mondiale de matières plastiques hors fibres plastiques est passée de 1,5 MT à 322 MT (**Figure 1**). Malgré leurs nombreuses applications utiles, les plastiques mettent beaucoup de temps à se dégrader. (*Wright et al, 2017*)

Les déchets plastiques, ou pollution plastique, sont "l'accumulation d'objets en plastique (par exemple, des bouteilles en plastique et bien d'autres choses encore) dans l'environnement de la Terre, qui a des effets néfastes sur la faune, l'habitat de la faune et l'homme". (*Pikuda et al. 2019*)

Les déchets plastiques sont considérés être des plastiques qui font partie d'un flux de déchets (p. ex. enfouis, recyclés ou incinérés), alors que la pollution plastique renvoie au plastique rejeté, éliminé ou abandonné dans l'environnement qui ne fait pas partie d'un flux digestions des déchets. (*Pan et al. 2019*)

Mais surtout dans de nombreux pays, une croissance démographique spectaculaire qui s'est accompagnée d'une urbanisation intensive, du développement des activités industrielles et d'une exploitation accrue des terres cultivables. Il en est résulté un fort accroissement des décharges et une grande diversification des polluants susceptibles d'atteindre les cours d'eau et d'avoir des effets nuisibles sur la vie marine et sur les possibilités de pêche.



FIGURE I.1 – Augmentation de la production mondiale du plastique en fonction de la croissance de la population de 1950 à 2016.

I.1.3 La pollution marine :

La définition de la pollution Marine la plus couramment acceptée et celle donnée par le GESAMP

(Groupe mixte d'experts OMI/FAO/Unesco-COI/OMM/OMS/AIEA/ONU changer d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin) :

On entend par la pollution du milieu marin : l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles tels que dommage aux ressources biologiques et aux systèmes écologiques, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation de valeurs d'agrément. Les polluants des eaux peuvent être classés de manière différente par exemple suivant leurs caractéristiques chimiques, leur état physique, les compartiments de l'environnement dans lesquels ils sont déchargés ou trouvés, leurs sources, leurs effets, les organismes cibles qui peuvent être atteints etc. (Calamari, 1994)

I.1.3.1 Source de la pollution marine :

La pollution marine a ses racines dans un large éventail de sources, chacune apportant une contribution significative à la dégradation de l'environnement marin. Parmi les principales sources :

1. Les industries jouent un rôle prépondérant. Les usines le long des côtes rejettent parfois des effluents non traités ou mal traités dans les océans et les mers, libérant des matériaux lourds, des substances chimiques toxiques et d'autres contaminants néocrosants, ces effluents ont la capacité de polluer les sédiments marins et de modifier la qualité de l'eau, qui modifie les organismes marins. (*Health organization, 2023*) (*Sylvius, 2023*)

2. l'agriculture est une autre grande source de pollution marine. L'utilisation excessive de pesticides et de fertilisants dans les sols agricoles entraîne un ruisselle- ment qui transmet des nutriments comme l'azote et le phosphore aux rivières, puis aux océans, ce phénomène provoque l'eutrophisation, qui provoque une prolifération d'algues nuisibles une désoxygénation des eaux, causant gravement des dom- mages aux écosystèmes marins. (*Nadiope et Seisay, 2024*)

3. Le transport maritime créait également une cause de pollution importante. Les bateaux, quel que soit l'espèce - cargo, pétroliers ou croisière - sont complices de la pollution grâce aux hydrocarbures et aux déchets qu'ils éjectent. Les accidents maritimes, tels les marées noires, ainsi que les fuites courantes dues aux opérations de chargement et de déchargement libèrent d'énormes étendues de pétrole et d'autres substances toxiques dans l'eau.

4. En outre, les déchets des villes souvent mal évacués finissent aussi dans les mers. les villes de plages à titre principal , essaient souvent de drainer leurs déchets vers les océans, ce qui entraîne une accumulation de plastiques, de métaux et d'autres déchets solides qui endommagent non seulement la vie marine, mais aussi les activités humaines telles que la pêche et le tourisme. Ensemble, ces sources de pollution marine mettent en péril l'équilibre délicat des écosystèmes marins et doivent être abordées avec des stratégies de gestion durable. (*Querel, 2024*)

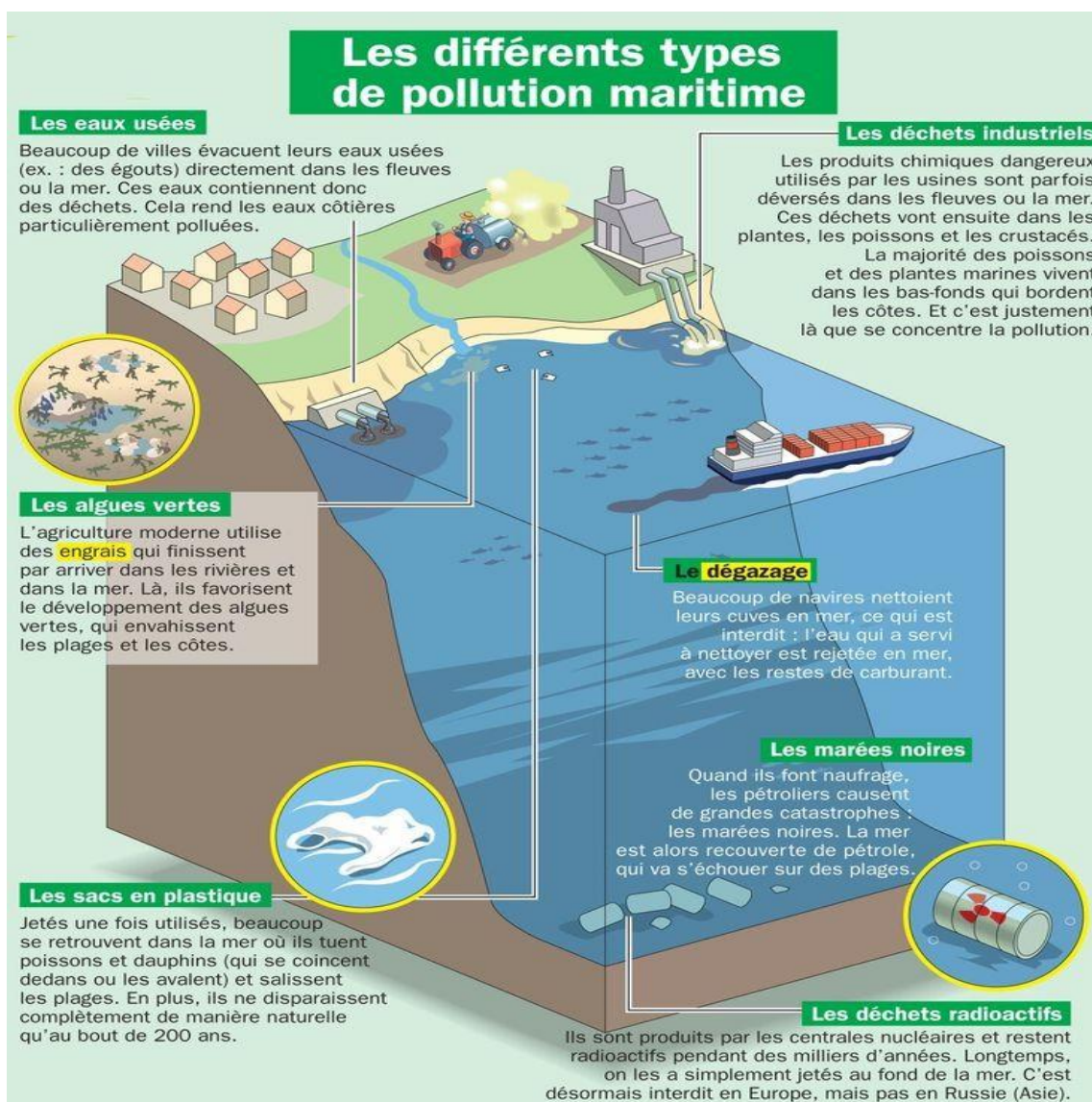


FIGURE I.2 – Schéma représentant les différents types de pollution maritime.

Source : <https://pin.it/149604018856187743>

I.1.4 Principales sources de pollution marine dans la wilaya de Béjaïa :

La wilaya de Béjaïa, dotée d'une façade maritime étendue et d'une forte densité de population, est aux prises avec plusieurs sources principales de pollution qui appartiennent également bien au milieu environnemental terrestre que marin. Parmi les plus préoccupantes, il y a la mauvaise gestion des déchets domestiques et industriels, le dépôt d'effluents non traités, la pollution plastique de plus en plus étendue sur le littoral, ainsi que les risques liés aux déchets spéciaux et dangereux. Ces problématiques environnementales nécessitent une attention particulière pour préserver les écosystèmes et la santé publique.

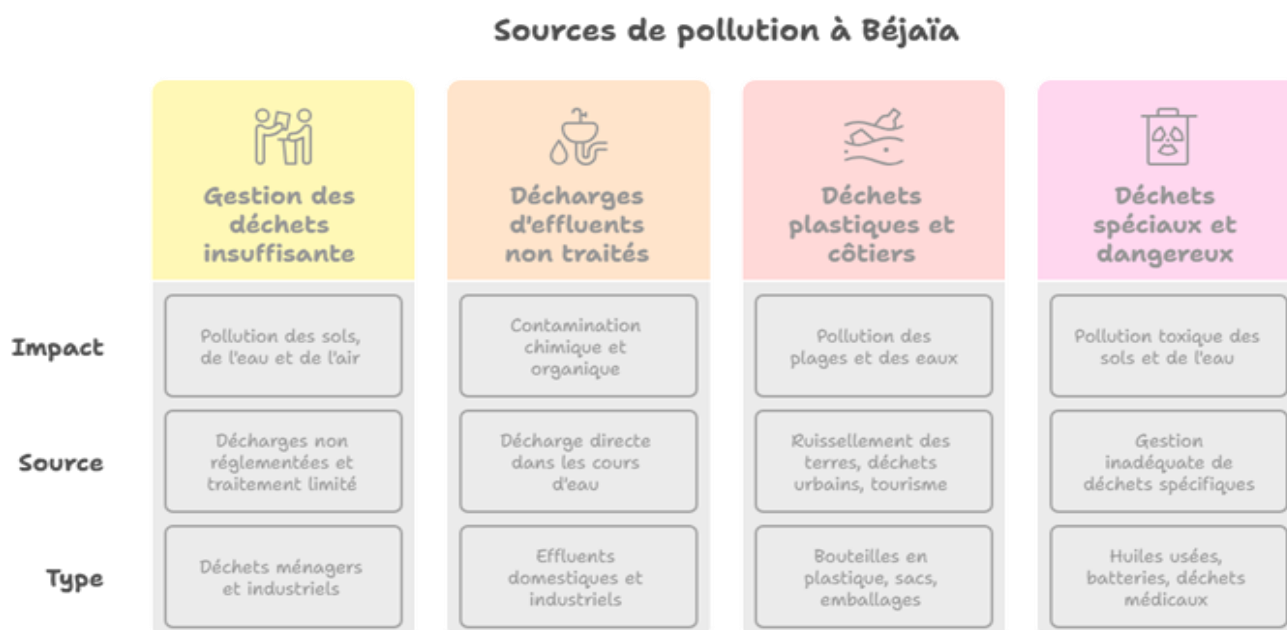


FIGURE I.3 – Schéma des principales sources, type et impact de la pollution dans la wilaya de Bejaia (**Schéma originale**).

I.2 Définition et classification des déchets et macros déchets :

« Un macrodéchet (débris marin) correspond à tout matériau solide persistant, manufacturé ou transformé qui a été jeté, éliminé, abandonné ou perdu dans l’environnement marin ou côtier. » (*Wenneker et Oosterbaan, 2010*). Cette définition inclut aussi les éléments entrant dans l’environnement marin à partir de la terre via les rivières, les émissaires d’eaux usées et d’eaux pluviales ou le vent.

Il existe plusieurs définitions des déchets anthropiques. Globalement, ils correspondent aux déchets générés par l’Homme et ses activités, qui finissent par polluer l’environnement et notamment les milieux aquatiques. Ils peuvent être constitués tout ou en partie de plastiques, carton, verre, métaux, etc. Ils sont donc à distinguer des déchets d’origine naturelle comme les débris de végétaux. Les déchets plastiques sont usuellement classés par leur taille de la manière suivante : les «macros» > 5 mm et les «micros» < 5 mm. Au sein des «micros», il est possible de distinguer les «nano» souvent considérés < 0,1 µm. (*Hartmann et al, 2022*). Cette classification est également utilisée pour l’ensemble des déchets : les macrodéchets > 5 mm, les microdéchets < 5 mm

La durée de vie d’un macrodéchet dans l’environnement peut être variable et est notamment fonction de ses caractéristiques intrinsèques et des contraintes auxquelles il peut être exposé (dégradation physique par rayonnement ultraviolet, abrasion sur le sol, le sable ; dégradation chimique ; dégradation biologique, etc.).

Néanmoins, tout macrodéchet est susceptible, dans un temps plus ou moins long, de se dégrader en fragments de plus petites tailles, les «microdéchets». (*GESAMP, 2016*) Les macrodéchets constituent alors une source de microdéchets secondaires. Réduire la pollution en macrodéchets contribuerait ainsi à réduire également la pollution en microdéchets. (*UNEP, 2016*)

I.2.1 Origine géographiques et sources des macros déchets :

Avant de parler de micro plastique on va tout d'abord déduire l'origine de cette dernière, sa nature et ses causes ceux qui renvoient au bulletin sur la pollution marine. Ainsi l'un des principaux problèmes environnementaux du 21^e siècle et qui sont retrouvés dans les plus divers habitats ou des océans les plus profonds aux zones intertidales. (*Mathalon et Hill, 2014*) (*Chiba et al, 2018*)

Les déchets se déversent dans la mer en grande partie par le biais des rejets sur les côtes ou directement en mer de multiples activités maritimes. (*Ambrose et al, 2019*). De plus que les sources terrestres telles que les rivières et les ruissellements urbains sont responsables de 80 de la présence de ces polymères dans le milieu marin. Tel que le déversement de matériaux par les activités industrielles, du tourisme, de l'aquaculture (filet, maille), la pêche et d'autres activités maritimes représentent les 20 derniers (*Lebreton et al, 2018*) (*Barboza et al, 2018*). Ce dernier vise tous matériaux solides, persistants, fabriqués ou transformés, rejetés, éliminés ou abandonnés dans l'environnement côtier ou marin. (*Cerqueira, 2025*)

La pollution en macro plastiques, et plus largement en macro déchets, dans les eaux douces, fait l'objet d'un intérêt récent et croissant (*Blettler et al, 2018*), dans la mesure où les apports telluriques sont désignés comme la source principale de la pollution dans les océans, avec les fleuves comme vecteurs de transfert principaux (*Lebreton et al, 2017*) (*Schmitt et al, 2017*) (*Emmerik et al, 2020*). Ces études ont estimé que les flux rejetés en mer atteindraient entre 0,4 à 4 millions de tonnes de plastique par an au niveau mondial. On peut par exemple citer les pertes accidentelles ou volontaires de macrodéchets dans l'environnement qui peuvent notamment être liées à une mauvaise gestion des ordures ménagères, aux dépôts sauvages et aux gestes d'abandon, qui constituent des sources potentielles de macrodéchets pour les milieux aquatiques sous l'effet du vent, du transfert ou du rejets (*Brennan et al, 2019*). Les anciennes décharges et les dépôts sauvages dans les lits majeurs des cours d'eau sont également des sources potentielles, puisqu'ils sont susceptibles d'être remobilisés lors de crues.

Tableau 1 : Comparaison des types des déchets :

Caractéristique	Déchets menagés et assimilés	Déchets encombrants	Déchets spéciaux	Déchets spéciaux dangereux	Déchets de soins de santé	Déchets inertes	Déchets ordinaires	Déchets ultimes
Origine	Ménages, Industries, Entreprises	Ménages	Industriel, Agricole, Soins de santé	Déchets spéciaux	Activités médicales	Solide, Minéral	Non-inert, Non spécial	Non-récupérable
Composition	Déchets de cuisine, Emballage	Meubles, pneus, Appareils électroménagers	Varie largement	Substances nocives	Matériaux médicaux	Minéraux	Semblable aux ménagers	Résidu
Traitement	Méthodes standard	Collecte séparée	Méthodes spécifiques	Manipulation spéciale	Protocoles spécifiques	Décharge	Identiques aux ménagers	Stockage
Impacte	Pollution générale	Consommation d'espace	Domage environnementaux	Risque pour la santé publique	Risque d'infection	Impacte minimal	Pollution générale	Stockage à long terme

I.2.2 Classification des Déchets solides :

Les déchets solides sont basés sur certaines caractéristiques ou sur des activités ou des zones de production différentes, ils sont divisés en différentes formes. Nous proposons d'étudier une forme de classification des déchets en deux catégories :

- Selon leur nature
- Selon l'origine

Selon leur nature intéressante, les déchets peuvent être regroupés en trois catégories fondamentales : les déchets inertes, les déchets biodégradables (ou fermentescibles) et les déchets toxiques.

I.2.2.1 Déchets inertes :

Ces déchets se caractérisent par leur stabilité : ils ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne subissent aucune transformation chimique ou physique significative. En essence, d'origine minérale, ils provenaient en grande partie de la zone de la construction et de l'exploitation des travaux publics (*Balet, 2014*). La loi algérienne, par la loi N°01-19 du 12/12/2001 (JORADP), définit par son article 3 que les déchets inertes sont ceux provenant notamment de l'exploitation des carrières et mines, ainsi que de l'effectue de démolition, de construction ou de rénovation. Leur particularité se trouve dans leur manque de modification physique, chimique ou biologique en décharge, et dans le fait qu'ils ne sont pas contaminés avec des substances dangereuses ou d'autres éléments susceptibles d'altérer la santé ou l'environnement.

I.2.2.2 Déchets Fermentescible ou Biodégradable :

Cette catégorie concerne les déchets se composant uniquement d'élément organique pouvant être dégradé par des processus biologiques tels que le compostage ou la méthanisation. Rappelons que nous y comprenons.

I.2.2.3 Déchets toxiques :

Les résidus et produits périmés des industries chimiques, pharmaceutiques ainsi que des laboratoires sont tenus comme déchets toxiques. Ils incluent en outre les déchets à forte teneur en métaux lourds, les acides, les huiles usées et solvants. (*Mechieche, 2019*)

Classification des Déchets

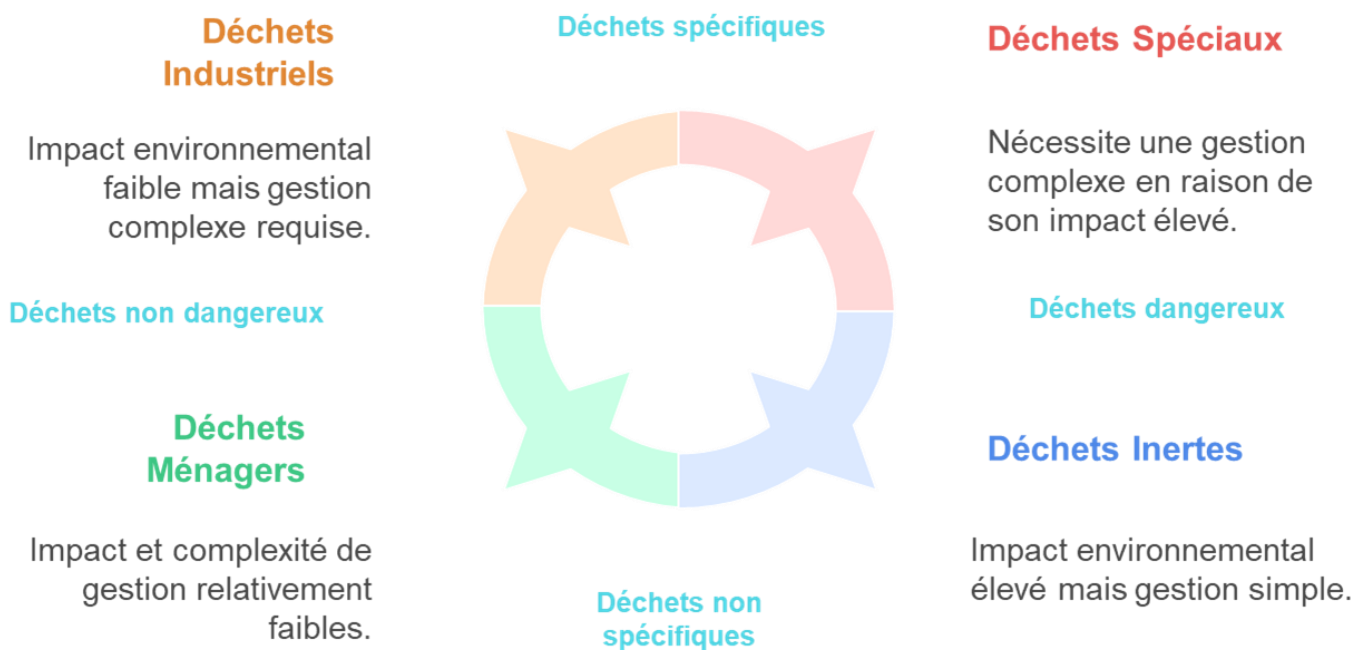


FIGURE I.4 – Illustration de la classification des déchets en Algérie selon leur origine (*Illustration originale*).

I.2.3 Sources des Déchets Plastiques :

Six principaux types de plastiques dominent les marchés d'aujourd'hui : le polyéthylène (PE, faible densité), le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC), le polystyrène (PS, et EPS expansé), le polyuréthane (PUR) et le polyéthylène téréphtalate (PET) (*Gesamp, 2016*) La durabilité des matières plastiques est à la fois leur principal avantage et la propriété la plus dévastatrice une fois qu'ils sont rejetés en mer. Le plastique se dégrade très lentement, la production croissante de ces polymères conduit à des quantités toujours plus importantes de déchets plastiques dans l'environnement, ce déchet continu à se frayer un chemin et à s'accumuler dans les océans du monde, où sa dissolution prend des centaines d'années. (*Macarthur foundation. 2016*)

I.3 Notion théoriques sur les plastiques :

I.3.1 Définition et origine de la matière plastique :

I.3.1.1 Définition de la matière plastique :

Le terme « plastique » décrit une grande variété de composés organiques obtenus par synthèse chimique. Produites essentiellement à partir du pétrole, les matières plastiques sont l'un des symboles du XXe siècle (*Plastics Europe, 2021*), La bakélite (1909) est le plus ancien plastique entièrement synthétique. Il existe également des plastiques naturels : poix, latex, bitume, brai, résines, laques, ambre, écaille, corne, et des plastiques d'origine animale généralement extraite du lait et utilisé dans la fabrication des produits médicaux. (*Science History Institute, 2020*)

La matière plastique est composée principalement de polymères, qui a la propriété de se mettre cette dernière est constituée des chaînes de polymères, quand elles sont de structure régulière, elles peuvent s'arranger les unes à côté des autres, au plus près, et donc avec des interactions les plus importantes possibles. Il se forme des zones de plus grande cohésion avec un arrangement régulier des atomes dans l'espace qui rappelle celui des cristaux moléculaires. (*Encyclopædia Universalis, 2023*)

I.3.1.2 Organique des polymères (physique) :

La matière plastique obéit aux lois de la chimie organique, les matières plastiques sont toutes à base des dérivés du carbone, elles sont classées dans les composés organiques.

I.3.1.3 Les Polymères :

Le concept de « polymère » étant lié de très près à celui de « matière plastique », Certains auteurs renvoient directement la définition de « matière plastique » à ce concept. (*HELMENSTINE, 2012*)

Sous l'action de la pression, de la chaleur et d'un catalyseur, les molécules, ou monomères, se regroupent entre elles pour former de longues chaînes appelées polymères, ou macromolécules.

I.3.1.4 Les Monomères :

Les plastiques ou « polymères », sont élaborés par synthèse chimique (construit chimiquement) à partir de molécules de base appelées Monomères.

I.3.2 Caractéristiques de la matière plastique :

Les plastiques sont des polymères de synthèse, qui possèdent une grande légèreté, une grande résistance mécanique, une flexibilité qui dépend du type de polymère, une imperméabilité à l'eau et à de nombreux produits chimiques. D'un point de vue chimique, ils sont constitués de longues chaînes de monomères liées par des liens covalents, qui leur confèrent une stabilité chimique importante et une haute résistance à la biodégradation. Leur structure peut être amorphe ou semi-cristalline, ce qui détermine leur transparence, leur rigidité ou leur point de fusion. On distingue en particulier deux familles : les thermoplastiques, qui se déforment à la chaleur et peuvent être remodelés (par exemple : PE, PP, PET), et les thermodurcissables, qui se déforment irréversiblement après chauffage (par exemple : époxy, résines phénoliques). Ces qualités sont à l'origine de leur grande utilisation dans les emballages, les vêtements, la construction ou l'automobile, ainsi que de leur résistance en milieu environnemental, notamment en milieu marin (*Andrady et Neal, 2009 ; Geyer et al, 2017*).

I.4 Les Microplastiques Notion et Généralité :

I.4.1 Définition des Microplastiques :

Le terme générique « plastique » désigne une série de matériaux polymères mélangés à différents additifs (agents plastifiants, antioxydants, retardateurs de flamme, stabilisants contre les UV, lubrifiants, colorants) selon les besoins du produit final. Ces matières peuvent être lessivées dans l'environnement immédiat.

Les définitions varient, mais il est généralement convenu que les microplastiques sont des particules et des fibres de plastique de différentes formes et couleurs mesurant moins de 5 mm et comprenant les nanoplastiques, lesquels mesurent moins de 0,1 μm . Les microplastiques ont tendance à attirer des contaminants persistants et bioaccumulables présents dans l'eau, ainsi que des organismes vivants (invertébrés marins, bactéries, champignons, virus) qui les utilisent comme substrat. Les microplastiques présents dans la mer proviennent de multiples sources terrestres et maritimes. (*GESAMP, 2016*) (*Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018*)

I.4.2 Caractérisation des Microplastiques :

I.4.2.1 Les Différentes types des Microplastiques :

En fonction de leur origine, on peut classer les microplastiques dans deux catégories : microplastiques primaires ou secondaires (*Avio et al, 2016*). Les microplastiques primaires sont des polymères synthétiques microscopiques utilisés comme exfoliants dans divers procédés : formulations chimiques, produits de sablage, entretien de divers produits plastiques et fabrication de vêtements synthétiques. Les microbilles sont un autre type de plastique primaire (dimension < 2 mm). Il s'agit de billes de polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polystyrène (PS) utilisées dans les produits cosmétiques et de soin. Les micro- plastiques secondaires sont le produit fragmenté des macros ou mésoplastiques, principalement sous l'effet de divers processus environnementaux : biodégradation, photodégradation, dégradation thermo-oxydative, dégradation thermique et hydrolyse (*Sharma et al, 2017*). D'autres nanoplastiques sont des fragments de plastique de dimension < 1 μm . Tous ces microplastiques et nanoplas- tiques peuvent avoir des implications dans la bioamplification et la bioaccumulation de divers produits chimiques et polluants en raison de leur rapport sur- face/volume élevé. (*Pinto da Costa, 2016*) (*Chatterjee et al, 2019*)

I.4.3 Origine et prévenance des Microplastiques :

La présence de ces fragments de plastique dangereux dans l'écosystème (terrestre et aquatique) est due à différentes activités anthropiques, c'est-à-dire les activités domestiques, industrielles et côtières. L'introduction des microplastiques dans l'écosystème aquatique s'explique principalement par l'écoulement des eaux usées domestiques, qui contiennent des microbilles et des fragments microplastiques (utilisés dans les produits cosmétiques et autres produits de consommation), et par la fragmentation des gros déchets plastiques (*Andrady, 2011*).

L'industrie fabrique le plastique à partir de pastilles et de poudres de résine produites par sablage à air (*Claessens et al, 2011*) qui finissent par contaminer le milieu aquatique. Les activités côtières, qui comprennent les différentes formes de pêches, les activités du tourisme nautique et les industries marines polluent également l'écosystème marin par les microplastiques. Une fois entrés dans l'habitat marin, les microplastiques sont exposés à différents processus physico-chimiques comme l'encrassement biologique, le lessivage ou l'incorporation de polluants secondaires. Les microplastiques ont des formes, des tailles et des densités différentes. En fonction de leurs caractéristiques, les fragments se répartissent dans différents compartiments de l'écosystème marin (pour finalement se fixer au benthos), à disposition du biote marin (*Sharma et al, 2017*). Le biote marin pélagique, composé de planctons et de crustacés, est exposé à des microplastiques de faible densité, tandis que les organismes benthiques comme les vers polychètes et tubifex, les amphipodes et les mollusques sont exposés à des microplastiques (*Carlosde et al, 2018*) de densité élevée. Le taux de sédimentation des microplastiques tout au long de la colonne d'eau varie en fonction de différents facteurs tels que le type de polymère, l'encrassement biologique et la chimie de la surface des particules (*Turner et Holmes, 2015*). Dans la plupart des études, des microplastiques ont été détectés dans des milieux benthiques et des sédiments. L'environnement benthique est l'un des écosystèmes d'alimentation les plus importants pour un ensemble de biotes marins. (*Courtene-Jones et al, 2017*) (*Chatterjee et al, 2019*)

I.4.4 Le devenir des microplastiques dans l'environnement :

La répartition des microplastiques (MP) dans le temps et dans l'espace est difficile à appréhender, principalement en raison de leur petite taille, des différentes voies par lesquelles ils pénètrent dans l'environnement et du temps nécessaire pour que leur dégradation soit remarquée. Cela rend leur quantification extrêmement difficile. Le manque de méthodes d'échantillonnage standardisées constitue un autre obstacle. De plus, la définition et la caractérisation des microplastiques diffèrent selon les études. Lorsque les plastiques sont rejetés via les eaux usées domestiques et industrielles, ou transportés par le vent ou les eaux de ruissellement, ils finissent par rejoindre les rivières, puis les océans. Bien que les stations d'épuration soient efficaces pour éliminer une partie des microplastiques, leurs performances dépendent essentiellement des procédés utilisés, du type de matière traitée et de la charge polluante. Les plastiques ayant une faible densité, un pourcentage important d'entre eux se déverse inévitablement dans les rivières et les océans. Dans certains cas, le phénomène inverse d'hétéroagrégation peut se produire : les particules de plastique sont maintenues en suspension en s'agrégeant avec d'autres déchets ou solides, ce qui entraîne leur dépôt au fond des rivières.

Chapitre I. Synthèses bibliographique

Cette hypothèse a été confirmée par plusieurs observations. Les recherches montrent que La concentration de microplastiques est particulièrement élevée dans les régions intensément touchées par les activités humaines, par exemple dans les zones industrielles et commerciales. Une fois rejetées dans les milieux aquatiques, les particules de plastique se comportent différemment en fonction de leur densité. En effet,

Celles dont la densité est supérieure à 1 ont tendance à couler dans la colonne d'eau, tandis que celles dont la densité est inférieure à 1 flottent à la surface. Cette densité peut évoluer au fil du temps sous l'influence de processus tels que l'hétéroagrégation ou la colonisation par des micro-organismes. (Wilson et Wilson, 2017) (Achouri, 2020)

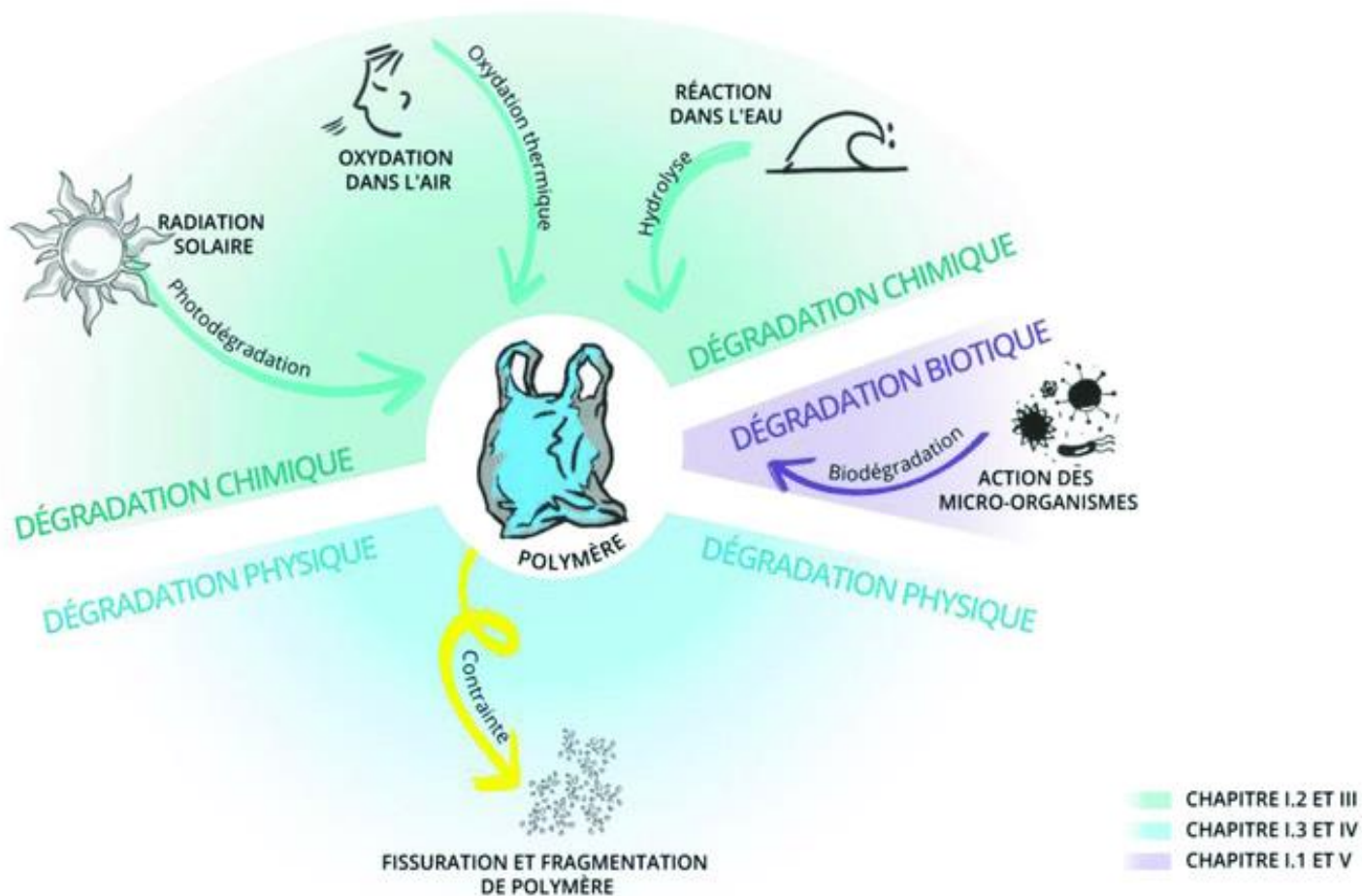


FIGURE I.5 – Agents principaux de la dégradation de polymère dans l'environnement (Julienne, 2019)

I.4.5 Transport et voies d'entrée des Microplastiques dans le Milieu Marin :

I.4.5.1 Le Transport Hydrique des Microplastiques :

Le transfert hydrique est un facteur majeur de dispersion des microplastiques dans l'environnement aquatique et de leur ubiquité dans les rivières, les estuaires, les océans et même les eaux souterraines. Ce transfert se fait de différentes façons :

- **a) Transport par les Courants Marins et les Vagues :**

Les courants marins jouent un rôle très prépondérant dans le transport à grande échelle des MP. Des microplastiques peuvent être emportés par les cours de surface, autrement dit les courants océaniques, les gyres et les courants côtiers. Avec l'intermédiaire de ces déplacements, les MP peuvent voyager sur de longues distances, ce qui favorise leur dispersion dans divers écosystèmes marins. (*Kukulka et al, 2012*)

- **b) Transport par les Cours d'Eau Les Rivières :**

Constituent un moyen de transport important des microplastiques vers les océans. Les MP dans les eaux riveraines sont transportées par les courants et finissent enfin dans les estuaires et les régions riveraines. Les grandes rivières peuvent donc transporter de grandes masses de microplastiques de sources diverses du terrain. (*Waldschläger et Schüttrumpf, 2019*)

- **c) Transport par les précipitations :**

Les microplastiques peuvent aussi être transportés par les précipitations, comme la neige et la pluie, et ainsi introniser les systèmes d'eau douce. Ceux qui sont en atmosphère qui ont été issues de différentes sources à la fois directes et indirectes, comprennent (L'émissions industrielles, Décharges de déchets, Abrasion des pneus et La combustion de combustibles fossiles etc.), Sont capturés par les gouttes de pluie ou les cristaux de neige, puis déposés dans les rivières, les lacs et les océans pendant les épisodes pluviométriques ou neigeux. (*Dris et al, 2016*)

- **d) Transport par les organismes vivants :**

Enfin, les microplastiques sont consommés par différents organismes aquatiques, tels que les poissons, les crustacés et plancton. Ils ingèrent des microplastiques directement depuis leur environnement ambiant ou indirectement via un transfert trophique (*Walkinshaw et al, 2020*). Ce transfert s'inscrit dans le flux d'énergie et de nutriments qui circule des producteurs aux consommateurs, puis des consommateurs aux prédateurs au sein d'un écosystème.

Il se réalise à travers différents types de transferts, notamment le transfert primaire et le transfert secondaire. Ces organismes, dans leur migration ou leur mouvement, contribuent au transport et à la distribution des microplastiques vers différents habitats aquatiques. (*Louis et al, 2021*)

I.4.6 Les risques induits par les MP :

I.4.6.1 L'impact des microplastiques sur la biodiversité marine :

Lorsque les microplastiques sont dispersés dans l'environnement, ils provoquent une série d'effets toxiques, notamment l'inhibition de la croissance et du développement des organismes vivants, et la perturbation des schémas alimentaires et comportementaux des animaux. De plus, ils peuvent provoquer des effets toxiques spécifiques, tels que reprotoxiques, immunotoxiques et génotoxiques, pour la faune locale (*Li et al., 2021*). Il existe principalement deux types d'effets des microplastiques sur l'environnement : les effets physiques et les effets chimiques (*Verney et al, 2018*).

- **a) Effets physiques :**

Les microplastiques sont souvent confondus avec des proies par de nombreux organismes marins, notamment les poissons, le zooplancton, les mollusques et les tortues. Leur ingestion provoque des lésions internes, une sensation de rassasiement fausse et donc une réduction de l'alimentation réelle (*CWHC, 2019*). De nombreuses études scientifiques récentes ont mis en évidence les effets physiques des microplastiques sur la biodiversité marine :

- **a.1) Baisse du microbiote intestinal :**

Le projet BIOMIC, financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), a démontré que l'exposition aux microplastiques peut provoquer une dysbiose, c'est-à-dire une perturbation du microbiote intestinal chez les poissons. Cette perturbation peut être une des explications des effets physiologiques néfastes constatés, comme les troubles de la croissance et de la reproduction. (*ANR, 2023*)

- **a.2) Stress et dysfonctionnement chez les coraux :**

L'exposition à la microplasticité peut avoir des implications sur la santé des coraux. Par exemple, il a été constaté que *Pocillopora damicornis* subit une augmentation du stress et une suppression de la fonction immunitaire lors de l'exposition à ces particules. De plus, certains coraux peuvent ingérer préférentiellement de la microplasticité, perturbant ainsi leur symbiose avec les algues. (*Wikipedia, 2024*)

- **b) Effets chimiques :**

Les microplastiques n'étant pas chimiquement inertes, ils constituent des vecteurs potentiels de pollution dans les écosystèmes marins. Ainsi, ils peuvent libérer des additifs installés pendant leur production, comme les phtalates, les bisphénols, qui sont des perturbateurs endocriniens identifiés. En outre, leur surface hydrophobe leur permet d'adsorber efficacement les polluants organiques persistants (POP) déjà fixés dans le milieu marin, tels que les polychlorobiphényles (PCB), les dioxines ou les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces produits chimiques sont ensuite relargués dans les tissus des organismes lors de la consommation, et contribuent ainsi à la bioaccumulation et à la bioamplification de composés toxiques dans les réseaux trophiques. (*Koelmans et al., 2016*)

Plusieurs études ont souligné que cette exposition combinée aux microplastiques et aux contaminants qu'ils transportent peut entraîner des effets écotoxiques importants, notamment des perturbations endocriniennes, des dommages à l'ADN, ainsi que des effets tératogènes ou cancérogènes chez certaines espèces aquatiques. (*Rochman et al, 2013*)

I.4.7 Impacts Environnementaux et Ecotoxicologique des MP :

La problématique de la pollution de l'environnement par les déchets anthropiques a été initialement et reste à ce jour, essentiellement étudiée à travers la pollution par les plastiques en milieu marin (*Blettler et al, 2018*). Par ailleurs, les débris de déchets actuellement retrouvés dans les océans et sur les plages sont essentiellement en plastique (*Addamo et al, 2016 ; OSPARI*). Leurs impacts supposés ou avérés sont nombreux, et peuvent être d'ordres environnementaux, Socio-économiques ou sanitaires. Les impacts les plus visibles sont probablement ceux causés par les plus gros d'entre eux, les «macro» (> 5 mm) : ils enlaidissent les sites touristiques et dégradent le milieu marin et la ressource piscicole (*Beaumont et al, 2019*). Ils peuvent également blesser gravement, voire entraîner la mort de nombreux animaux, notamment de mammifères et d'oiseaux marins par enchevêtrement, étranglement ou suite à leur ingestion (*Gall et al, 2015*). À ce sujet, les suivis réalisés dans le cadre de la convention OSPAR ont conclu que 93 des fulmars retrouvés morts (échoués sur les plages ou tués accidentellement), et analysés sur la période 2010-2014, contenaient des plastiques dans leur estomac.

Chapitre **II**

Matériel et méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude – (baie de Bejaia) :

II.1.1 Localisation géographique :

La wilaya de Bejaïa, située au Nord-Est de l'Algérie dans la région kabyle, couvre une superficie d'environ 3 261 km². Elle a une façade maritime de plus de 100 km qui s'étend d'Est en Ouest, alternant entre criques rocheuses rurales et plages de sable fin, pour offrir un paysage côtier diversifié et séduisant . Cette zone côtière est typée d'un climat méditerranéen classique, avec des hivers doux, humides et pluvieux et des étés chauds et secs, modérés par l'effet rafraîchissant de la mer. La topographie de la wilaya est marquée par la présence de massifs montagneux épais tels que le Djurdjura, le Bouhatem et les Babors, entre lesquels s'étendent des vallées fertiles telles que celle de la Soummam, ainsi que des plaines côtières (**Ministère de l'Intérieur, s.d. 2018**).

Notre étude s'est concentrée sur trois sites aux caractéristiques géographiques et environnementales distinctes : Sidi Ali El Bahr, Aokas et Melbou, Ces trois sites sont une démonstration de la diversité des milieux de la wilaya de Béjaïa, permettant une approche complète des relations entre climat, géomorphologie et activités anthropiques dans cette région méditerranéenne.

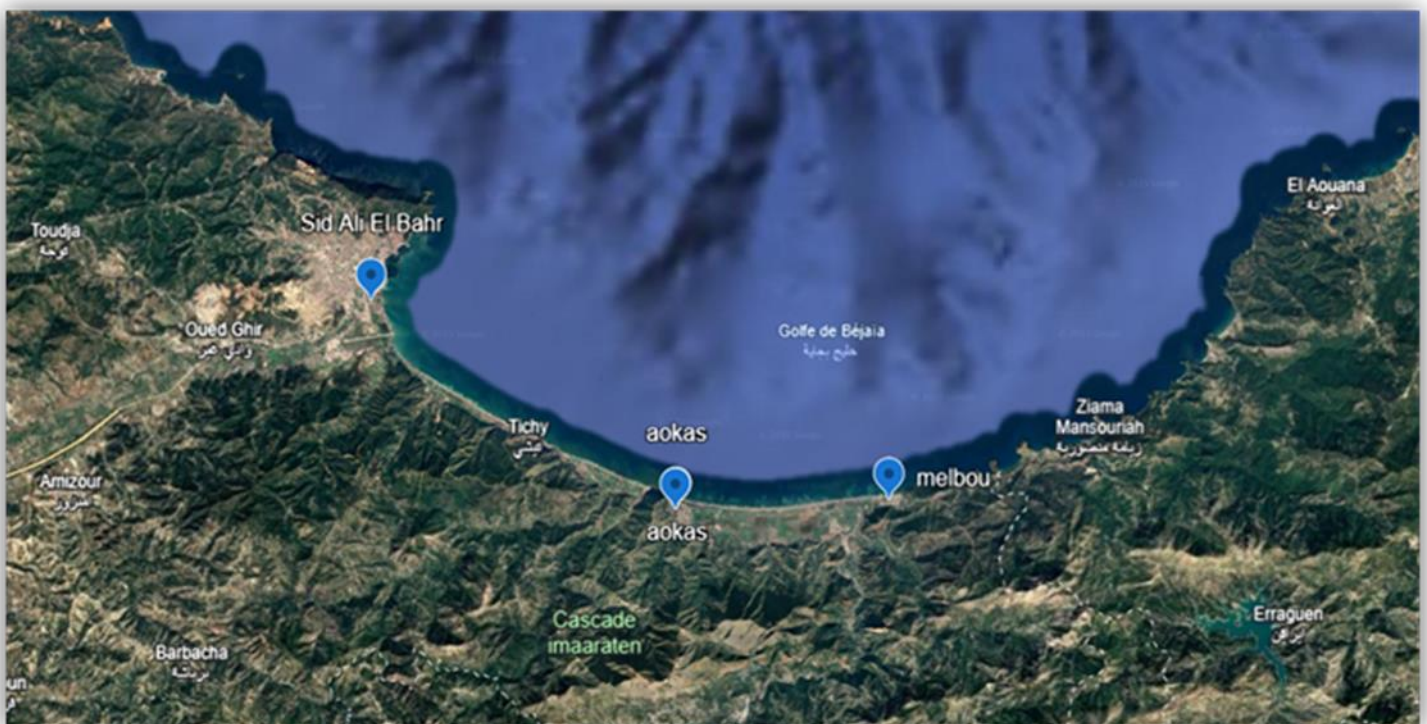


FIGURE II.1 – Présentation des zones d'étude (Google Earth, 2025).

II.1.1.1 La plage de Sidi Ali Labhar :

Sidi Ali El Bahr plage, notre premier site d'échantillonnage, situé à quelques kilomètres à l'Est du centre-ville de Béjaïa, est une étendue côtière d'une longueur d'environ 800 mètres sur une surface de 48 000 m². Bien qu'elle ne soit pas gardée, Cette plage est célèbre pour son fin sable et ses eaux claires, typiques du littoral algérien méditerranéen. Elle ne semble pas être alimentée directement par un grand oued, contrairement aux autres localités littorales de Bejaïa. Pourtant, des cours d'eau saisonniers ou de petits cours d'eau intermittents pourraient apparaître pendant les saisons des pluies, impactant par intermittence la dynamique des sédiments et la qualité de l'eau.

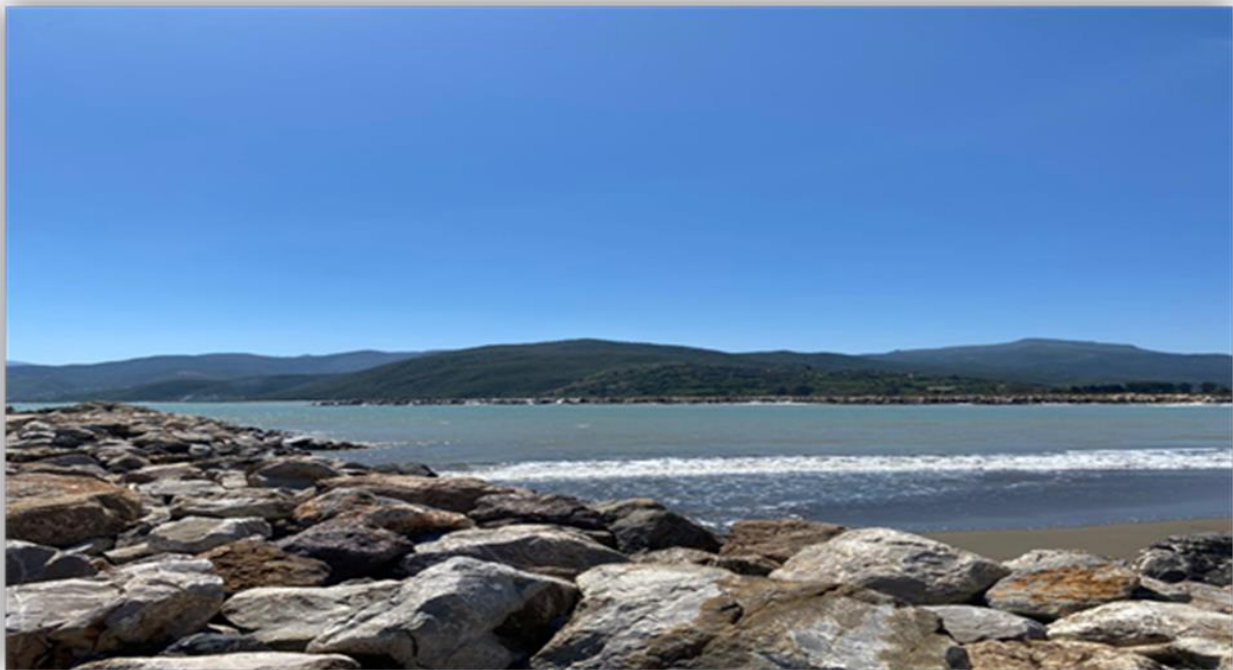


FIGURE II.2 – Photo du premier site d'échantillonnage Sidi Ali Labhar (**Photo originale 2025**).

II.1.2 La plage d'Aokas :

Le deuxième site prospectif est la plage d'Aokas, située à environ 21 km à l'Est de Béjaïa, Est l'une des stations balnéaires les plus fréquentées de la région. S'étendant sur une longueur près de 2,9 kilomètres, elle offre une combinaison équilibrée de galets et de sable fin. À proximité de cette plage se trouve l'oued Zitouna, qui est un ruisseau côtier se jetant directement dans la mer Méditerranée. Cet oued joue un rôle important dans la dynamique sédimentaire de la zone car il dépose régulièrement des alluvions qui modifient le profil de la plage. Il peut également transporter divers types de polluants, notamment des déchets solides et potentiellement des macro- ou microplastiques issus des activités humaines en amont.



FIGURE II.3 – Photo du deuxième site d'échantillonnage AOKAS.

II.1.3 La plage de Melbou :

C'est le troisième site de prélèvement, La plage de Melbou dans la commune de Melbou à une trentaine de kilomètres à l'Est de Béjaïa, est l'une des perles de la côte kabyle. Elle est réputée pour son sable et ses eaux cristallines. Elle est directement alimentée par deux rivières majeures : l'oued Agrioun, qui traverse la zone de Kherrata avant de s'abreuver dans la Méditerranée à l'Est de Melbou, et l'oued Melbou, moins important, qui se déverse jusqu'à la mer en même temps que la plage. Ces deux oueds jouent un rôle essentiel dans la dynamique sédimentaire et la qualité des eaux littorales de la zone. Durant une période de crue, ils peuvent emporter des matières en suspension, des nutriments, mais aussi des polluants, telles que des macro- et microplastiques résultant des activités amont, ce qui donne à cette station une caractéristique assez particulière du point de vue de la pollution.



FIGURE II.4 – Photo du troisième site d'échantillonnage Melbou.

II.2 Caractéristique physique et climatique de la wilaya de Bejaïa :

II.2.1 Données physiques :

II.2.1.1 Géomorphologique :

Le milieu physique de la zone d'étude est caractérisé par un espace sous forme d'une cuvette au regard du terrain avoisinant. Cependant le relief de l'ensemble de ce site est de faible pente. Le terrain recevant le projet est caractérisé par une pente presque nulle.

II.2.1.2 Géologique :

Du point de vue géologique, le site est caractérisé par une formation géologique partagée entre les terrasses alluviales de l'oued Soummam, argileuses et limono- sableuses. Les terrains apparaissent assez homogènes. La couche organique compressible étant de profondeur faible.

II.2.1.3 Topographique :

Le terrain d'assiette du projet pratiquement sans pente, est légèrement surélevé par rapport à L'oued Soummam qui le délimite au sud/ouest, présente l'inconvénient en matière d'évacuation des eaux. Cependant, le projet n'est pas exposé aux risques d'inondation (oued Soummam). L'altitude relevée au niveau du site du projet est en moyenne de 40m, par contre celles mesurées au niveau de la RN 26 dans la zone d'étude varient de 60 à 70m.

II.2.1.4 Hydrographique : est composé de :

L'oued Soummam bordant le projet au sud/ouest, a écoulement très temporel hivernal (le régime pluviométrique important lui donne un caractère de torrent méditerranéen –écoulement à quotient élevé en hiver de régime irrégulier -); L'Oued Soummam est le plus important Oued de la région de Bejaia. Il traverse le territoire de la wilaya du Sud- Ouest vers le Nord- Est pour débaucher dans la mer à l'Est de la ville de Bejaia. Il connaît des périodes d'étiage et des périodes de crues considérables en Hiver. Sinon il véhicule des débits d'eau importants et assez réguliers durant le reste de l'année. Selon les statistiques, ce cours d'eau a connu de grandes crues dans le passé (400m³/s en 1957/58), leur fréquence est comprise entre 30 et 100 ans ; Ce qui incite à la prudence.

II.2.1.5 Hydrogéologie :

La plaine de l'Oued Soummam, renferme une nappe aquifère drainée régulièrement de l'Ouest vers l'Est constituant la principale ressource hydrique de la région. Les importantes sources d'eau de la commune sont localisées au niveau de la nappe alluviale de l'Oued Soummam qui est captées actuellement par forage et puits. La capacité mobilisée en eau souterraine dans la commune est de l'ordre de 2,10Hm³/an ce qui place Bejaïa dans les communes bien dotées en eau potable (ressources et infrastructures).

II.2.2 Données climatiques :

II.2.2.1 Le climat :

Nous recourons aux données générales de la région, enregistrées au niveau de la station de Bejaia, sur une période de plus d'une décennie. Ces données sont pratiquement semblables à celles de la zone de la plaine, qui présente sensiblement les mêmes caractéristiques que Bejaia chef-lieu. La considération des moyennes décennales (ou sur plusieurs années) pour les paramètres climatiques, est préférable, du fait qu'elles sont plus représentatives et indicatives que les moyennes annuelles. En effet, de nos jours, les oscillations climatiques, nous font croire qu'en climatologie, certaines moyennes, n'ont guère de sens, (comme la température moyenne annuelle) ou peuvent révéler des surprises nuancées. D'une manière générale, la région présente un climat de type méditerranéen à étage bioclimatique subhumide à hiver chaud.

II.2.2.2 Pluviométrie :

L'examen de la carte pluviométrique de l'Algérie établie par M. Chaumont et C. Paquin (1971) à partir des moyennes de pluviométrie pour la période 1913- 1963, fait apparaître que les précipitations sont abondantes et dépassent souvent le seuil de 1200 mm par an au niveau des crêtes de montagnes, puis diminuent progressivement vers le nord et le sud pour atteindre des valeurs respectives de 1000 mm/an et 600 mm/an.

II.2.2.3 Températures :

La température est le second facteur constitutif du climat influant l'environnement en général, c'est un élément primordial pour caractériser le climat régional selon plusieurs variables :

- **Les températures moyennes mensuelles :** Les températures enregistrées à la station de l'aéroport de Bejaia caractérisent un régime thermique de type méditerranéen avec un été chaud et sec, et un hiver doux et humide. L'analyse des températures moyennes mensuelles du littoral présente une période estivale caractérisée par des températures relativement élevées avec 22°C en Juin, 25°C pour Juillet et 26°C au mois d'Août. Quant au mois le plus froid est celui de janvier avec 11.9°C. La valeur maximale de la température est enregistrée durant le mois d'Aout avec une valeur qui dépasse 30°C, tandis que la température minimale est enregistrée durant le mois de Janvier et qui dépasse 7°C, sachant que l'adoucissement des températures est sans doute lié à l'influence maritime.

II.2.2.4 Vents :

Les données caractéristiques des vents sont fournies par l'United States of Naval Weather Service Command. D'après les fréquences d'apparition du vent par direction et par classe de vitesse pour chaque trimestre et pour toute l'année et selon les roses trimestrielles et annuelle des vents indiqués dans la figure ci-dessous, on enregistre une prédominance des vents issus des directions W et NW avec des fréquences respectives de 29% et 7% pour les trois trimestres (hiver, printemps et automne) Les directions N, E et NE sont aussi fréquentes mais avec des fréquences relativement faibles. Une grande partie des vents issus de ces directions ont des vitesses supérieures à 8 m/s. Pour le troisième trimestre (estival), les directions de vent sus citées existent toujours, mais avec une nette prédominance des vents issus des directions E et NE avec des fréquences respectives de 31% et 22%.

Chapitre II. Matériel et méthodes

• Remarque :

Il n'existe actuellement aucun protocole commun harmonisé d'échantillonnage et de quantification qui puisse nous permettre de faire un lien entre les différentes données, et ainsi assurer une comparaison fiable entre les études.

La pollution plastique (macro, méso et micro) touche la quasi-totalité des environnements marins et littoraux. Si les origines de cette pollution peuvent être connues pour ce qui est du macro ou mésoplastique sur nos environnements littoraux, il est important d'avoir un suivi de la composition, de la quantité et de la répartition des méso et macrodéchets afin de voir l'évolution de la pollution. Cette connaissance permettra d'intervenir pour diminuer et endiguer cette pollution ainsi que pour sensibiliser la population et communiquer autour de cette problématique.

II.3 Choix des sites :

Le choix des plages échantillonnées s'est basé sur la situation de la plage, présence des effluents hydrologique, fréquentation touristique, présence des agglomérations, activités de pêche, c'est ce qui justifie notre choix qui s'est accentué sur les plages du côté est (Figure10). L'objectif est de déterminer collectivement les abondances et les typologies des pollutions plastiques sur les plages. Les travaux se sont déroulés avant le début de la saison estivale et le passage des services de nettoyage des communes en (février et mars), Sur trois sites de plage (Melbou, Aoukas et Sidi alilbher).



FIGURE II.5 – Représentation de l'état de site de Sidi Ali Labhar (photo original, 2025).

II.4 Protocole de terrain sur sable :

II.4.1 Identification de la zone d'échantillonnage :

Avant de commencer la collecte, La zone d'échantillonnage doit être délimitée, à savoir un carré de 10m de long sur 10m de large. La mesure des 10 m commencera 3 mètres après le milieu de la zone de l'estran (la fin de la vague) jusqu'en haut de la plage. La zone elle a été matérialisée et délimitée à l'aide d'un fil et des bâtons pour chaque coin (**photos 06 et 07**).

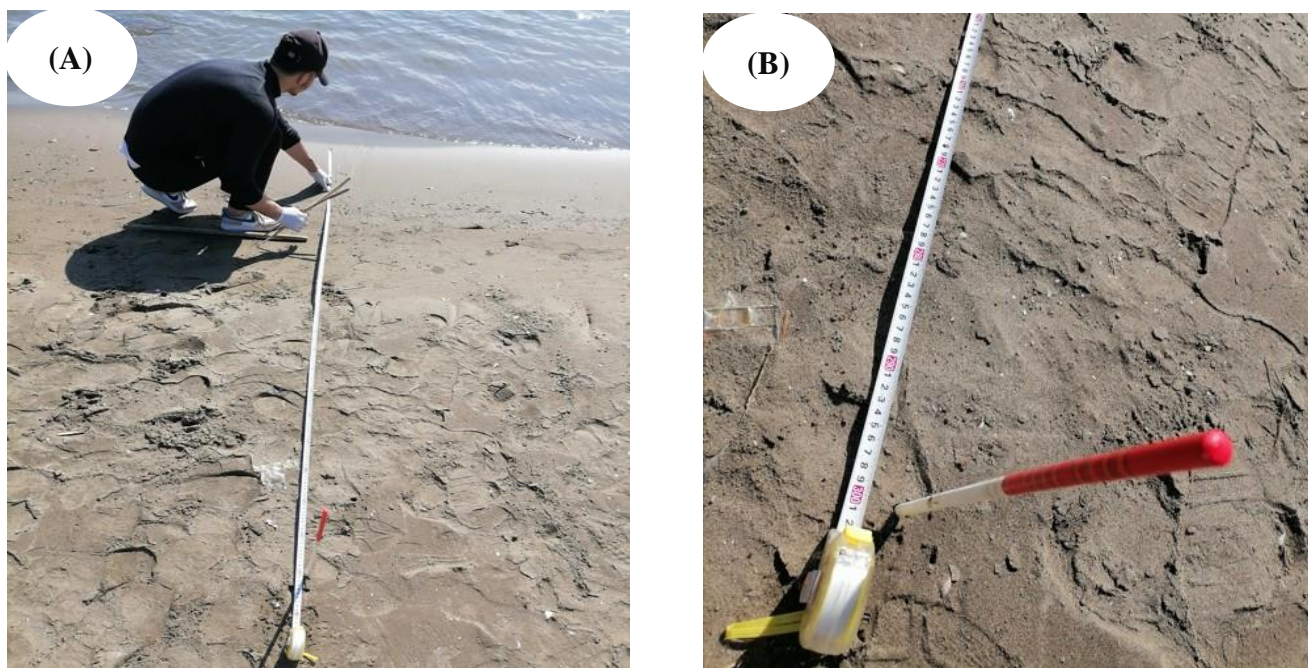


FIGURE II.6 – le point de départ de notre mesure pour les 10 mètres (**photos originales**)



FIGURE II.7 – la délimitation de la zone d'échantillonnage (**photo originale**)

Tous les déchets visibles en surface, et dans la laisse de mer au-dessus de 5 millimètres doivent être ramassés dans des sacs poubelles. S'il y a des algues, celles-ci doivent être secouées et retournées pour voir si des déchets ne sont pas entremêlés dedans.

II.4.2 Récolte, Extraction et Identification des Macroplastiques :

Un macroplastique est défini le plus souvent par la norme internationale comme étant un objet ou un fragment plastique plus grand que 5 mm. Pour autant, dans le cadre de cette étude, le terme macroplastique sera utilisé pour l'ensemble des plastiques visibles à l'œil nu. Il comprend donc également les "grands" microplastiques entre 2 et 5 mm, Autrement bien que certains des plastiques en question aient une épaisseur inférieure à 5 mm, ils peuvent être définis comme des macroplastiques s'ils sont suffisamment grands pour être détectés directement par une simple observation visuelle.

Une section standard de 10m de long et de large a été sélectionnée et étudiée. Les déchets marins ont été identifiés visuellement et collectés en avançant et en reculant le long de la section, parallèlement à la mer, couvrant toute la zone entre la fin des 3 mètres mesuré et l'arrière de la plage (**photos 08**). Tous les éléments collectés ont été stockés dans des sacs en plastique et transportés au laboratoire pour analyse. Chaque sac a été identifié selon son site de collecte afin d'éviter toute confusion ou modification des déchets. Au laboratoire, les déchets ont été nettoyés manuellement, pour éliminer le sable, comptés et pesés. Les déchets ont été triés par couleur et par catégorie et classés selon les types de matériaux décrits dans la Liste commune des macro déchets marins du Rapport d'évaluation des déchets marins (final) par l'organisation (*Water and Environment support*) (*Vlachogianni et Nachite, 2024*), Après séparation et caractérisation, les déchets ont été photographiés et conservés pour référence ultérieure (*Cerqueira, 2025*) (**photos 09**).



FIGURE II.8 – La collecte des macros déchets (photos originales).





FIGURE II.9 – tri et classification des macros déchets (photos originales).

II.4.2 La Récolte des échantillons sédimentaires :

Des échantillons sédimentaires d'environ 100 grammes de sable ont été prélevés sur chacun des trois sites de plage mentionnés précédemment. La collecte a été réalisée au niveau central de la bande de 3 mètres mesuré au début, délimitée entre la fin de la zone médiane de l'estran et le début de la zone d'échantillonnage définie pour l'étude. Les échantillons ont ensuite été placés dans de petits sacs transparents, puis transportés au laboratoire en vue des analyses ultérieures (photos 10).

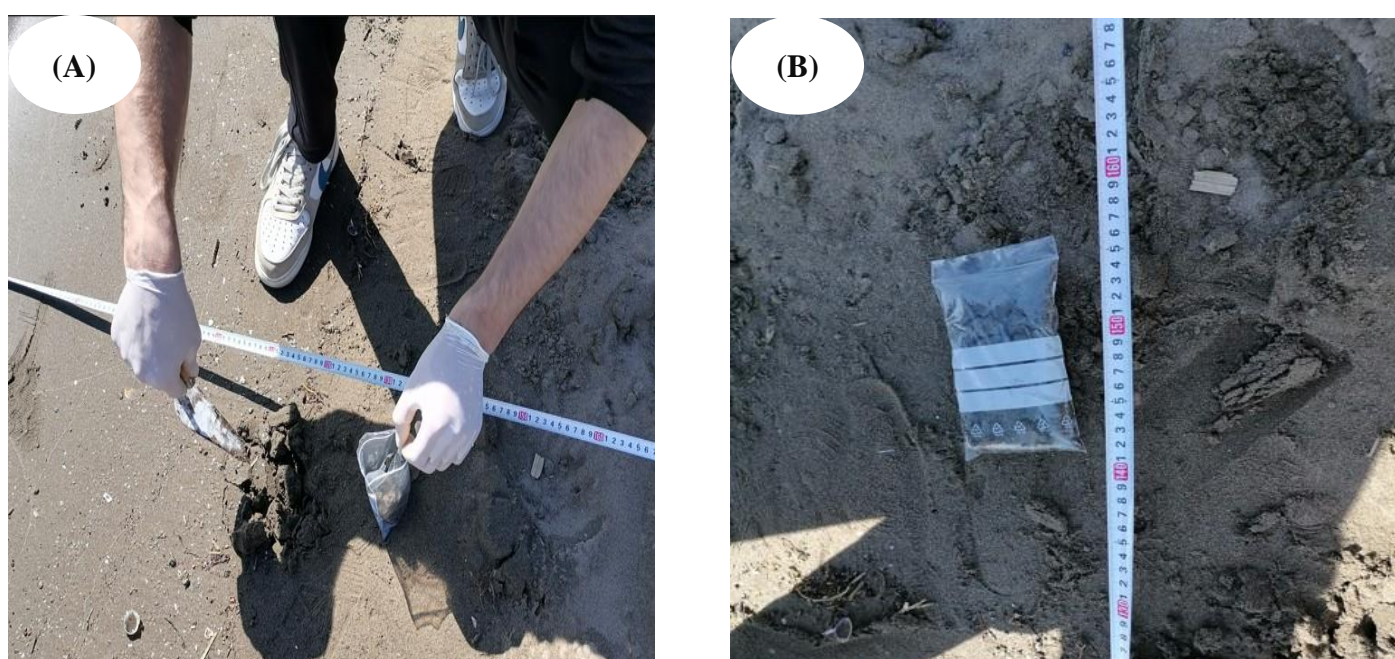


FIGURE II.10 – La collecte des échantillons sédimentaires (photos originales).

II.4.3 Traitement des échantillons sédimentaires :

Deux protocoles ont été réalisés pour l'analyse sédimentaire, l'identification et l'extraction des microplastiques (MP) et des microfibrilles (MF) dans les sédiments marins (filaments et débris) pour but de faire une comparaison entre les deux. Le protocole est de déduire le meilleur et le plus efficace d'entre eux. Dans un premier temps, nous avons opté pour un protocole européen. Les échantillons ont été collectés sur trois sites : Melbou, Aokas et Sid Ali El Bahar, destinés à l'analyse des températures qui ne dépassent pas 40 °C pendant 72 heures (**photo 11**), ils ont été soigneusement et uniformément placés dans un récipient en verre d'une boîte de Pétri stérile de 12 cm de diamètre (**photo 12**), en veillant à ce qu'aucun amas ne se forme. Les échantillons ont été ensuite divisés manuellement en plusieurs sous-échantillons de 10 pour chaque différente masse de 1 g, 2 g et 3 g pour le site de Melbou, pour les autres sites seulement les masses de 1g et 3g qui ont été faites (**photos 13**). Par la suite, chaque échantillon a été observé sous une loupe binoculaire et au microscope optique (**photo 14**), des photographies ont été prises et tous les microfilaments et tous les microplastiques ont été séparés manuellement du sédiment (*Rossi et al, 2024*). Cette démarche visait à faire une comparaison entre les résultats obtenus pour chacune des masses est à déterminer la technique la mieux travaillée et la plus efficace pour l'extraction des microplastiques et microfibrilles.



FIGURE II.12 – Les échantillons bien secs
(Photo originale).



FIGURE II.11 – L'étuve (Photo originale).



FIGURE II.13 – La division des échantillons en plusieurs sous-échantillons pour chaque différente masse de 1 g, 2 g et 3 g (photos originales).

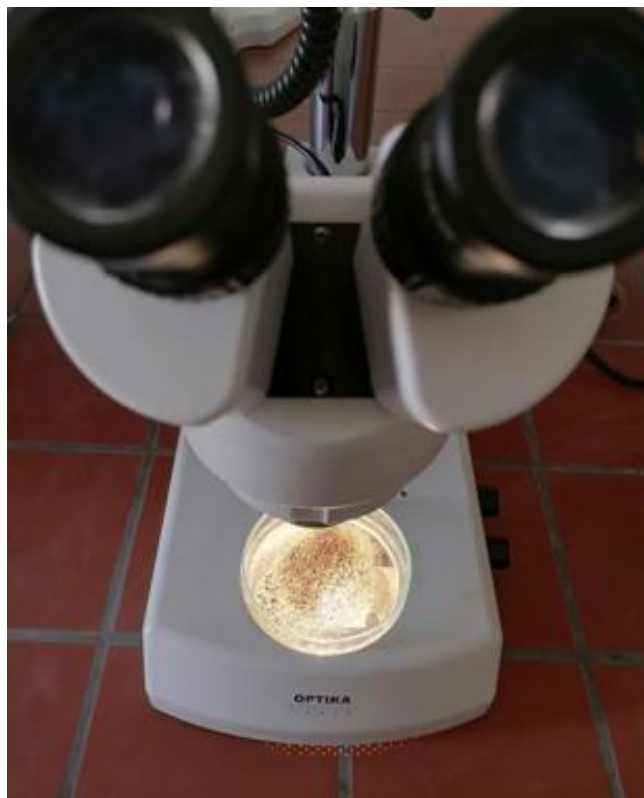


FIGURE II.14 – Observation et séparation manuelle des MF et MP sous une loupe binoculaire (Photo originale).

Pour le second protocole, le traitement en laboratoire et le tri ultérieur des microplastiques sont essentiels pour les échantillons en vrac et à volume réduit. Plusieurs étapes peuvent être distinguées lors du traitement des échantillons en laboratoire mais pour notre traitement on a procédé pour deux étapes principales : la séparation par densité et le tri visuel.

Séparation par densité. La densité spécifique des particules de plastique peut varier considérablement en fonction du type de polymère et du processus de fabrication. Les valeurs de densité des plastiques varient de 0,8 à 1,4 g/cm³, spécifiquement pour le polypropylène 0,85 à 0,94 g/cm³, polyéthylène de 0,92 à 0,97 g/cm³, et pour le polystyrène de 1,00 à 1,05 g/cm³. Ces valeurs se réfèrent aux résines vierges, sans tenir compte de l'effet sur la densité des divers additifs qui pourraient être ajoutés lors de la fabrication du produit. Les densités typiques du sable ou d'autres sédiments sont de 2,65 g cm⁻³. Cette différence est exploitée pour séparer les particules de plastique plus légères des grains de sédiments plus lourds auxquelles trois études ont été faites sur les sédiments récoltés des trois différents sites, En séchant les échantillons de sable dans une étuve pour une 1er étape à une température ambiante ou à 40 °c pendant 72h , Ensuite, en pesant une masse précise de sédiments secs (20g) par échantillon dans un bécher, Mêlés par la suite à une solution saline saturée en NaCl (environ 36 g de sel dissous dans 125 ml d'eau distillée). En l'agitant pendant un certain temps (photos 15).

Chapitre II. Matériel et méthodes

Le temps d'agitation variait considérablement d'une étude à l'autre, en fonction de la taille de l'échantillon de sédiment : il allait de 10 à 15min jusqu'à 2 h. Après avoir mélangé, On s'attend à un temps nécessaire qui varie de 1h jusqu'à 6h à ce que les sédiments se déposent rapidement au fond, tandis que les particules de faible densité restent en suspension ou flottent à la surface de la solution. Par la suite, les surnageant contenant les particules de plastique est extrait à l'aide d'une pipete en verre qui va être par la suite versé dans une boîte de pétrie en verre (**photo 16**), pour les mettre une seconde fois dans l'étuve à une température qui ne doit pas dépasser 40 °c pendant 24h et cela pour but de faire sécher toutes l'excès d'eau pour une meilleur observation et extraction des (MP et MF). Lorsque la séparation de densité a été effectuée, les microplastiques ont été récupérés à l'aide de pinces à la surface du surnageant aqueux qui se fait par un Tri et une séparation visuels. Dans toutes les études examinées, l'examen visuel des restes d'échantillon concentré est une étape obligatoire. Un tri visuel minutieux des résidus est nécessaire pour séparer les MP et les MF des autres matériaux, tels que les débris organiques (fragments de coquillages, parties d'animaux, algues séchées ou herbiers marins, etc.) et d'autres éléments. Cela se fait par examen direct de l'échantillon à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe binoculaire et un microscope (*Hidalgo-Ruz et al, 2012*).



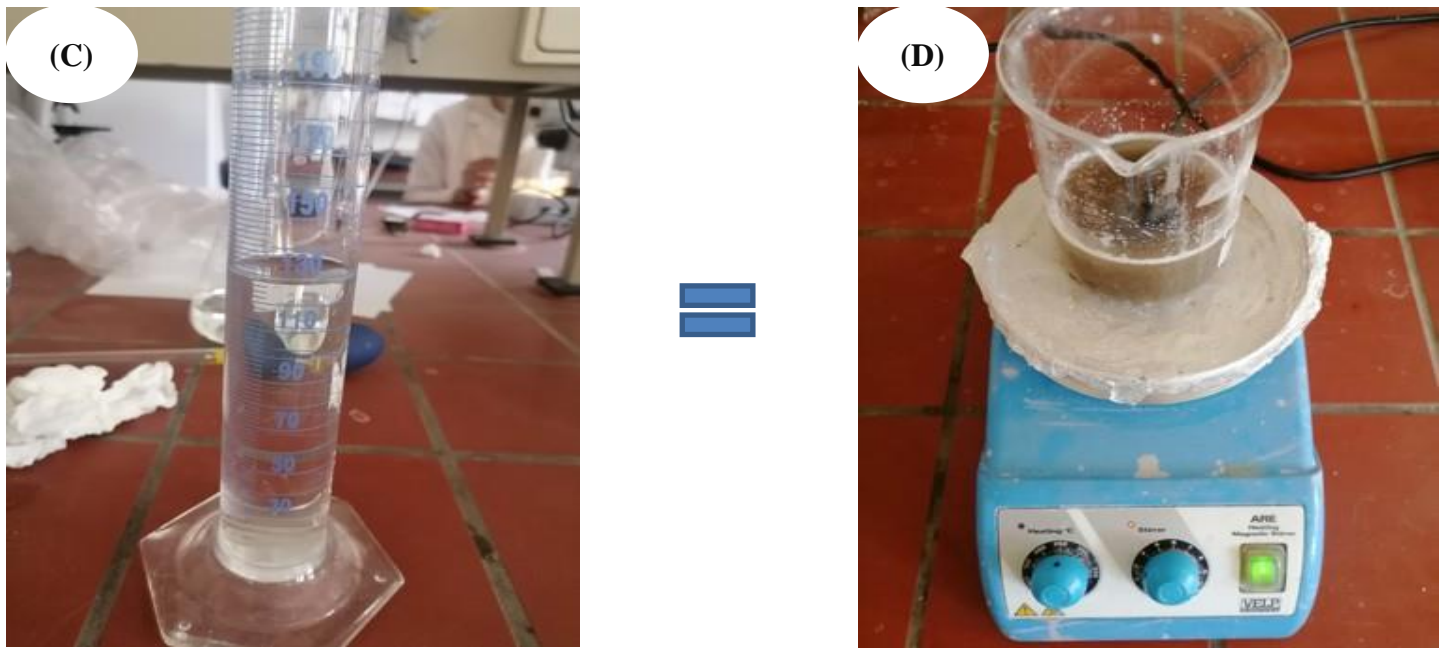


FIGURE II.15 – Les étapes de traitement des échantillons sédimentaires suivant le protocole de la séparation par densité (**photos originales**)



FIGURE II.16 – L'extraction des surnageant (**photo originale**)

Résultats et Discussions

Chapitre III. Résultats et Discussions

Notre travail est basé sur la classification de l'organisation water and environment publié dans un rapport nommé rapport final d'évaluation des différents matériaux défini dans la liste communes des macros et des mésos déchets dans les plages publié en 2024 (*Vlachogianni et Nachite, 2024*).

A partir de ce dernier rapport nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau III.1 – Classification des déchets du site 1 (Sidi Ali Labhar) :

Site	Articles	Nom	Nombre	total nombre de articles	Poids	total nombre de poids	Taille	G-code	
SIDI ALI LABHAR	MATERIAUX POLYMERES ARTIFICIELS	Tube et emballage médicaux (Déchet spéciaux)	1	724	9,2g	1703,4g	[7cm]	G100	
		Bouteille en plastique supérieur à 0,5L	5		205,1g		[33cm]	G8	
		Bouteille en plastique inférieur à 0,5L	8		127,8g		[13cm;21cm]	G7	
		Emballage en plastique Expensé polystyrène	15		25,8g		[4cm;13cm]	J226	
		Eponge en mousse	2		3,7g		[3cm;10cm]	G82	
		Emballage industrielle	18		74,1g		[6cm;14,5cm]	/	
		Sac en plastique pour le transport des courses alimentaires	82		156,3g		[11cm;48cm]	G67	
		Filaments en plastiques	179		87,3g		[6,5cm;22,5cm]	J3	
		Paquets de chips/emballage de bonbons en plastique	18		0,4g		[2cm;30cm]	J53	
		Plastique dure	145		71,8g		[3,5cm;19cm]	G30	
		Serviette hygiénique en plastique	51		335,5g		[5,5cm;40cm]	J241	
		Soins corporels	2		1,4g		[13cm]	G96	
		Déchets inert (plâtre)	2		9,5g		[10cm;15,5cm]	J12	
		Plastique brûlé	6		187,5g		[3cm;11cm]	G89	
		Bouchons/Couvercles en plastiques non identifiable	5		61,3g		[2cm;9cm]	J241	
		chaussure en plastique	87		123,7g		[2cm;3,5cm]	G23	
		Mégot de cigarette	1		35,9g		[14cm]	G136	
		Filet de pêche en plastique	3		0,5g		[2cm]	G27	
		Pailles en plastique	1		105,7g		[13cm]	J53	
		Bâtons de coton-tige en plastique	9		5,3g		[11cm;24,5cm]	J231	
	Emballage en plastique pour sel	3	0,2g	[7cm]	G95				
	PVC (tube de construction)	1	3,5g	/	G85				
	Briquet en plastique	1	14,5g	[11cm]	G89				
	Ficelle et filament en plastique	1	0,7g	[3cm]	J10				
	Fragment de plastique hors mousse 2,5cm > <50cm	1 (Amat)	2,8g	/	J242				
		77	54,1g	[3,5cm;7cm]	J79				
		TISSU/TEXTILE	Autre textiles	7	25	108,6g	250,1g	[5,5cm;80cm]	G145
			vêtement	13		140,1g		[1cm;14cm]	J137
			Filament textile	4		0,1g		/	G145
			Boule emmêlée de laine textile	1		1,3g		/	G145
		Métal	Autre pièces métallique > 50cm	7	25	222,7g	249,7g	[4,5cm;48cm]	G199
	Emballage en aluminium, papier		18	27g		[2,5cm;15cm]		G177	
	Bois transformé	Autres objets en bois travaillé 2,5cm > <50cm	18	18	460,9g	460,9g	[11,5cm;40cm]	J171	
	Papier/carton	Paquets de cigarettes en papier	3	3	12,3g	12,3g	[6,5cm;14cm]	G152	
	Caoutchouc	Autre pièce de caoutchouc	3	3	42,3g	42,3g	/	G134	
	Totale			798		2718,7g			

Chapitre III. Résultats et Discussions

Le tableau présente une classification détaillée des déchets récupérés sur le site de Sidi Ali Labhar, mettant en évidence la diversité et l'abondance des matières collectées. On observe une prédominance marquée des déchets plastiques, à savoir les sacs en plastiques pour le transport des courses alimentaires (179 articles), les emballages industriels (82 articles), les paquets de chips ou bonbons en plastique (145 articles) et les Bouchons/couvercles en plastiques non identifiables (87 articles) etc, Cet énorme présence de plastiques traduit un problème essentiel en matière de gestion des déchets, caractérisé par leur incidence environnementale et leur résistance à la dégradation. D'autres catégories comme les textiles, le métal, le bois transformé, le papier/carton et le caoutchouc sont également évalués, mais en nombre inférieur. La variabilité des tailles des déchets, allant de petits fragments à des objets volumineux, ses dimensions fournissant des informations utiles pour estimer leur encombrement et leur potentiel de dégradation dans le milieu marin. Enfin, chaque type de déchet est associé à un code spécifique (G-code ou J-code) selon leur classe. En tout, 798 articles ont été comptabilisés pour un poids total de 2718.7g d'environ 2,7 kg.

Chapitre III. Résultats et Discussions

Résultats des macroplastiques collectés sur la plage d'Aokas.

Tableau III.2 – Classification des déchets du site 2 (AOKAS) :

Site	Artides	Nom	Nombre	Totale nombre des articles	Poid	Totale nombre de poid	Taille	G-code	
AOKAS	MATERIAUX POLYMERES ARTIFICIELS	Tube et emballage médicaux (Déchet spéciaux)	28	872	25g	1555,8g	[2cm;8cm]	G100	
		Bouteille en plastique supérieur à 0,5L	123		481g		[10cm;30cm]	G8	
		Bouteille en plastique inférieur à 0,5L	20		222g		[8,5cm;20cm]	G7	
		Emballage en plastique Expensé	205		131,9		[2cm;5cm]	J226	
		Eponge en mousse	12		7,1g		[2cm;5,5cm]	/	
		Emballage industrielle	158		123,4g		[7cm;29cm]	G67	
		Sac en plastique pour le transport des courses alimentaires	54		40g		/	G3	
		Filament de plastique	56		0,5g		[2cm;65cm]		
		Mélange de filaments plastiques et textiles	1 (Amat)		14,3g		/	/	
		Paquets de chips/emballage de bonbons en plastique	83		12,6g		[5cm;11cm]	G30	
		Plastique dure	81		395,1g		/	J241	
		Serviette hygiénique en plastique	11		2g		/	G96	
		Soins corporels	12		20g		[4cm;10cm]	J12	
		Seringues (déchet spéciaux)	2		4,7g		[7,5cm]	G99	
		Cable D'atache en plastique (PEHD)	11		30,8g		[13cm;80cm]	G93	
		Bouchons/Couvercles en plastiques non identifiable	12		32,8g		[2cm;4cm]	G23	
		Gants en plastique à usage unique	1		10,5g		/	J256	
		Mégot de cigarette	1		0,1g		/	G27	
	Filet de pêche	1	2g	[13cm]	J233				
		TISSU/TEXTILE	Mélange de Filaments textile et plastique (emmêler)	1 (Amat)	241	14,3g	1063,8g	/	/
			vêtement	208		1046,4g		[0,6cm;50cm]	J137
			Filaments textile (autre textile)	32		3,1g		[4cm;6cm]	G145
		Caoutchouc	Autre pieces de caoutchouc	11	11	28,4g	28,4g	[1,5cm;22cm]	G134
		Verre/Céramique	Morceaux de verre/Céramique (fragment) supérieur à 2,5cm	2	2	27,3g	27,3g	[2,5cm;6cm]	G208
	Bois transformé	Autre objets de bois travaillés 2,5cm > 50cm	2	2	8,6g	8,6g	[5cm;11cm]	J171	
	Métal	Canettes de boisson métalliques	21	23	41,2g	51,7g	[5cm;16cm]	J175	
		Boites de conserve métalliques pour l'alimentation	2		10,5g			G176	
	TOTALE			1151		2735,6g			

Le tableau présente une classification détaillée des déchets collectés sur le site d'AOKAS, révélant à la fois la diversité des matériaux retrouvés et leur abondance. On constate une nette prédominance des déchets plastiques, à savoir les bouteilles en plastique dont la taille dépasse 0,5L (123 articles), les emballages en Plastique expansée (205 articles), les emballages industriels (158 articles), les sachets de chips ou d'emballages de bonbons (83 articles), le Plastique dur (81 articles) et les vêtements usagés, classés séparément, représentent également une part importante avec (208 articles). Qui occupent une position significative quantitativement et en termes de poids. Ce gigantesque empilement de plastique reflète un défi fondamental en ce qui concerne la gestion des déchets actuels, marqué par leur impact environnemental et leur résistance à la dégradation. D'autres catégories comme le verre, le métal, le bois transformé, et le caoutchouc sont également évaluées, mais en nombre inférieur. En outre, certains déchets comme les tubes et emballages médicaux ou les seringues (déchets spéciaux) doivent être traités d'une manière particulière pour éviter des risques sanitaires. La variabilité des tailles observée, allant de petits fragments à des objets volumineux, Rend difficile les opérations de collecte et de traitement. Chaque déchet est codifié en fonction d'un système de classification normalisé (G-code ou J-code), rendant ainsi leur catégorisation facile. Au total, 1 151 articles ont été recensés, pour un poids global de 2 735,6 g (environ 2,8 kg). Ces chiffres soulignent l'urgence de mettre en œuvre une stratégie de gestion efficace, axée prioritairement sur la réduction à la source, le tri sélectif et la valorisation des déchets.

Résultats des macroplastiques collectés sur la plage Melbou.

Tableau III.3 – Classification des déchets du site 3 (MELBOU) :

Site	Articles	Nom	Nombre	total nombre des articles	Poid	total nombre de poid	G-code
MELBOU	Plastique	MATERIAUX POLYMERE ARTIFICIELS		94		307,5g	
		Plastique dur et flexible	22		58,9g		J241
		Tube et emballage médicaux (Déchet spéciaux)	2		5,3g		G100
		Tube dentifrice	2		6g		J236
		Bouteille en plastique supérieur à 0,5L	6		116,9g		G8
		Bouteille en plastique inférieur à 0,5L	3		51,2g		G7
		Emballage en plastique Expensé	6		5,1g		J257
		Polyester	2		0,7g		G82
		Eponge en mousse	2		0,7g		/
		Emballage industrielle	18		55,1g		G67
		Sac en plastique pour le transport des courses alimentaires	21		7,2g		J3
		Filets en plastique et autres filaments	10		0,4g		J53
	Textile	TISSU/TEXTILE					
		Textile filaments (autre textile)	39	39	5,9g	5,9g	G145
Métal	Metal						
	Emballage Aluminium, papier	5	5	0,4g	0,4g	G177	
	Totale			138		313,5g	

Ce tableau présente une classification détaillée des déchets collectés sur le site de Melbou, en mettant particulièrement l'accent sur les matériaux polymères artificiels, les textiles et les métaux. On voit que les déchets plastiques prédominent à grands nombres, avec 94 articles répartis dans diverses catégories comme les plastiques durs et flexibles, les emballages industriels, les sacs en plastiques pour le transport des courses alimentaires, les bouteilles plastiques de tailles diverses, ainsi que des objets tels que les tubes médicaux et dentifrices etc. Ces plastiques représentent également la majorité du poids total des déchets, avec 307,5 grammes, ce qui souligne leur prépondérance dans la composition des déchets. Le textile est également présent, principalement sous forme de filaments, avec 39 pièces pour un poids total très faible de 5,9 grammes, ce qui indique une faible densité ou un faible volume de ce type de déchets. Enfin, les déchets métalliques sont les moins nombreux, avec 5 articles seulement et un poids total de 0,4 gramme, parmi lesquels s'inscrivent essentiellement des emballages en aluminium. Cette répartition donne la priorité aux déchets plastiques dans la gestion des déchets à Melbou pour leur forte présence, ce qui peut orienter les stratégies de tri, de recyclage et de réduction des déchets dans cette région. Le poids total accumulé des déchets est de 313,5 grammes pour un total de 138 articles, ce qui est une indication de la diversité et de l'ampleur des déchets sur le site.

Chapitre III. Résultats et Discussions

Caractérisation visuelle des déchets plastiques collectés (Par couleur) pour chaque site:

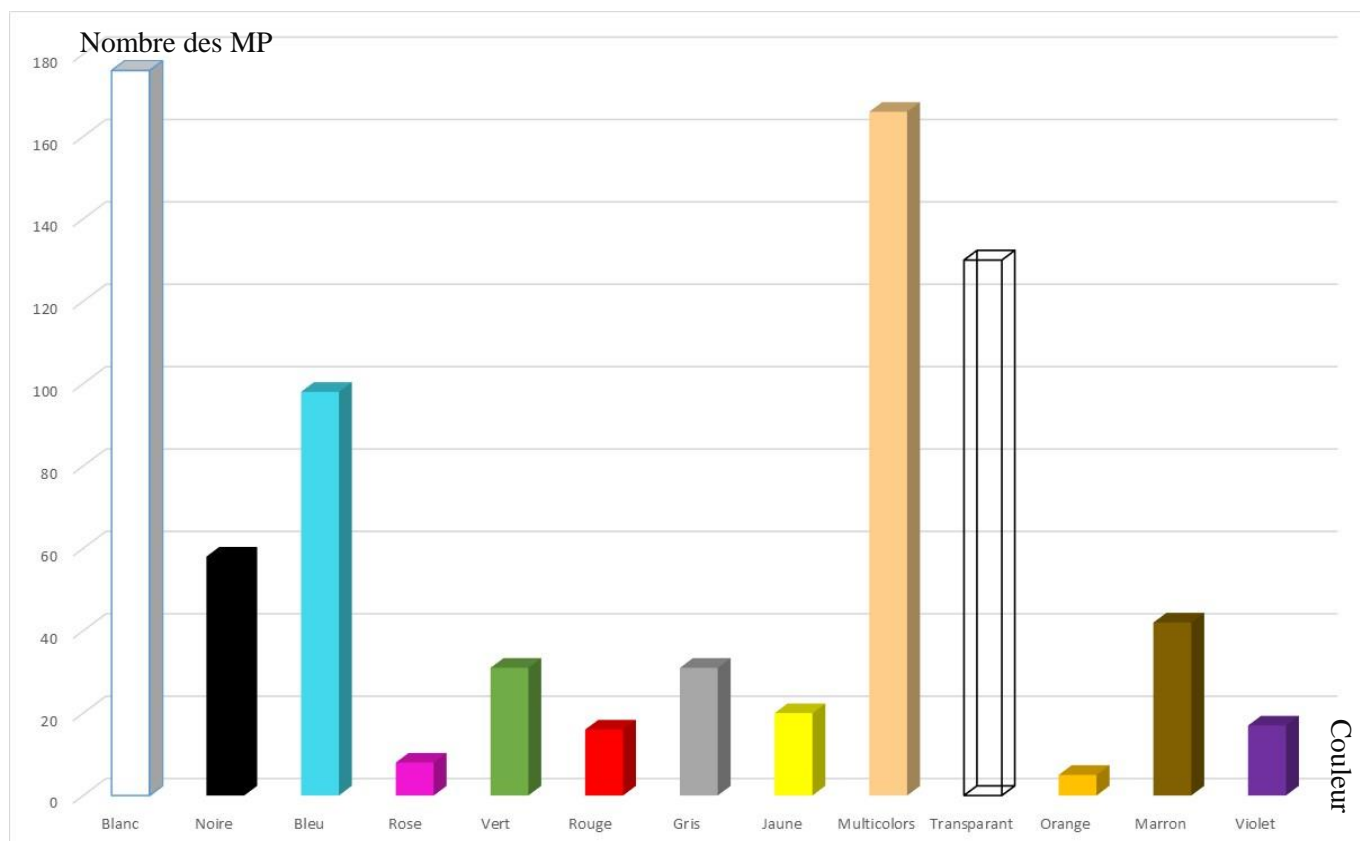


Figure III.1 – Histogramme de la répartition des couleurs des déchets à (S.A.L).

L'histogramme de la somme totale par couleur des déchets récupérés dans le site de Sidi Ali Labhar met en évidence une nette domination des plastiques de couleur blanche, multicolore, translucide et bleue. Ces couleurs sont réservées en général aux bouteilles d'eau et à l'emballage alimentaire, ce qui suggère une origine essentiellement domestique ou touristique des déchets. La couleur blanche, la plus commune, correspond en grande partie à une consommation étendue de sacs en plastique pour le transport des courses alimentaires. La catégorie multicolore est celle où sont des emballages complexes ou mélangés, difficiles à trier et à recycler. La couleur transparente, encore largement présente, concerne les emballages industriels des bouteilles en PET, etc., confortant l'information d'une problématique d'une pollution des boissons et des produits consommés sur place. Les couleurs noires, marron, grises fréquentes mais moins importantes sont associées aux sacs plastiques, au plastique dur, au bois travaillé et aux emballages en aluminium. Enfin, les couleurs vert, rouge, jaune, violet, rose et orange peu représentées indiquent une moindre occurrence d'utilisation ou une dégradation plus avancée. Cette séparation par couleur permet de bonne façon de saisir la typologie des déchets plastiques sur le site, soulignant ainsi les actions ciblées de sensibilisation.

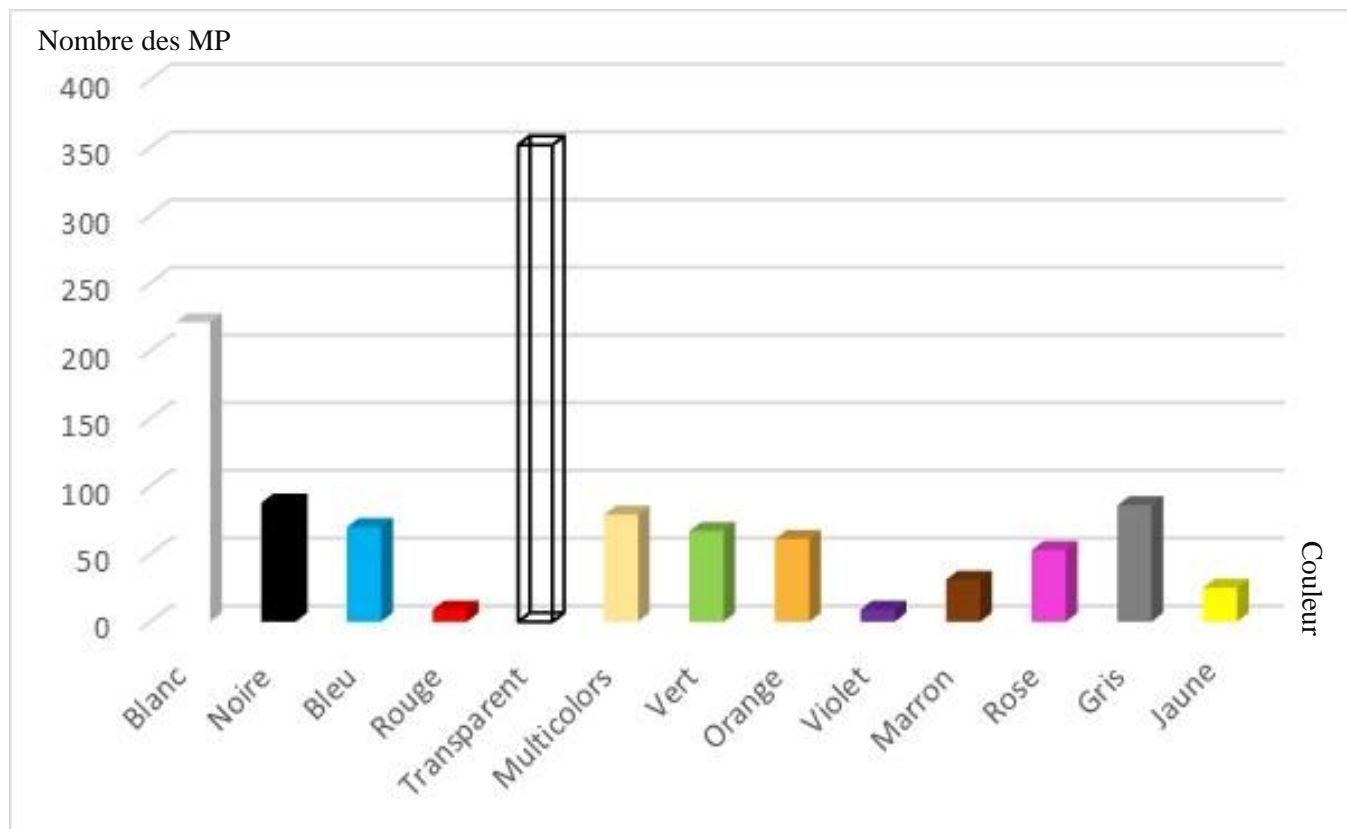


Figure III.2 – Histogramme de la répartition des couleurs des déchets à AOKAS.

L'histogramme fournit la répartition des déchets collectés sur le site d'Aokas en couleur majoritaire de chaque déchet. Les déchets multicolores apparaissent en grand nombre, avec un maximum proche des 350 articles, ce qui est une représentation des emballages en plastique expansé, des bouteilles en plastique et des emballages alimentaires. Les déchets d'une couleur blanche sont également inclus dans une vaste proportion, supérieure aux 200 articles contenant des filaments en plastique, des emballages industriels et du plastique dur, suivis des déchets gris, noirs, multicolores, bleus, verts et orange, chacun d'eux allant de 60 à 100 articles provenant principalement des vêtements et du métal. Les autres couleurs, comme le rouge, le violet, le marron, le rose et le jaune, apparaissent à des quantités bien moindres et inférieures. Cette répartition met en évidence la variété chromatique des déchets, mais aussi la dominance des matériaux plastiques fréquemment transparents ou blancs sur le site. Elle concerne les avantages de promouvoir l'adaptation des stratégies de gestion des déchets à la diversité des couleurs et des matériaux, en particulier pour le tri et le recyclage.

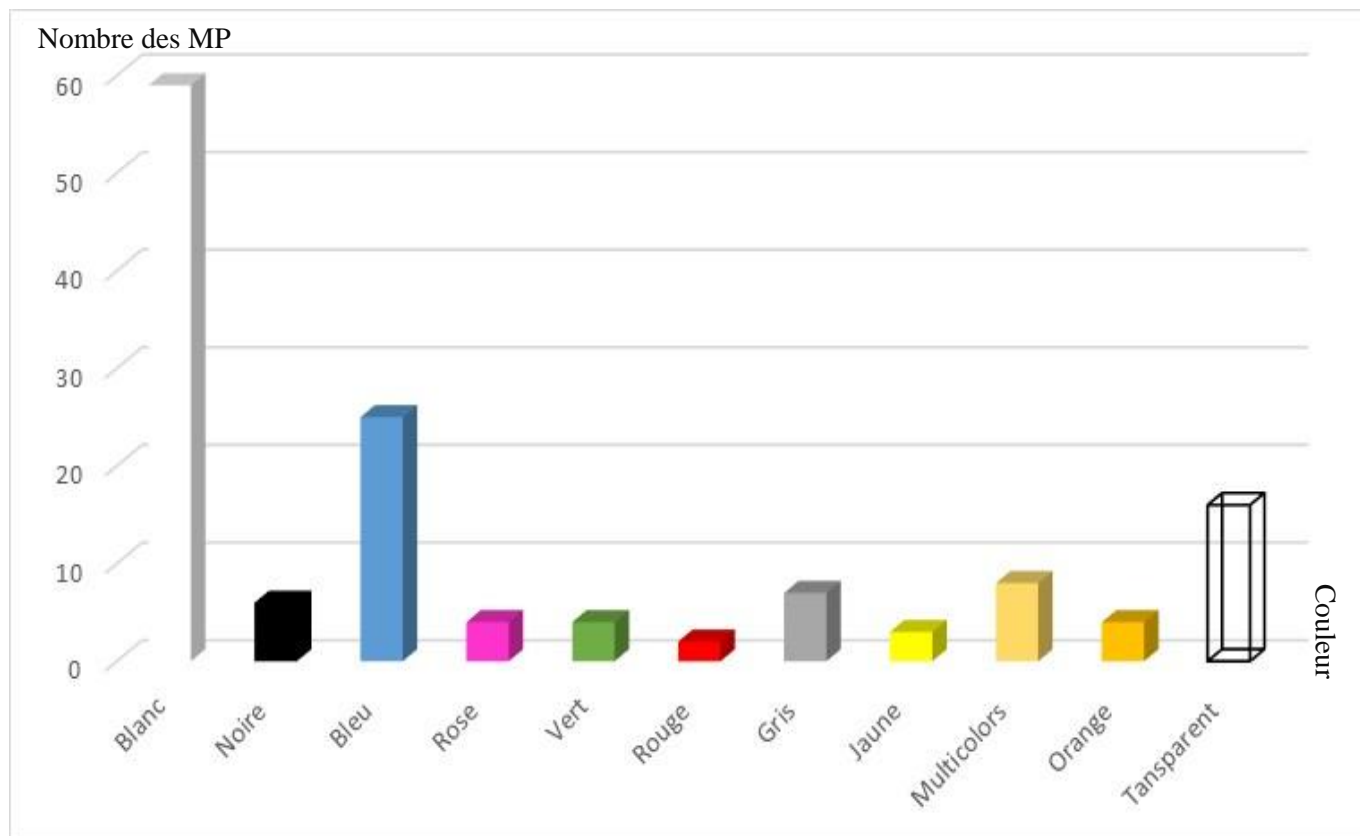


Figure III.3 – Histogramme de la répartition des couleurs des déchets à MELBOU.

L'histogramme ci-dessus illustre la répartition des déchets collectés sur le site de Melbou selon leur couleur dominante. Il en ressort une forte présence de déchets de couleur blanche, qui atteignent un pic d'environ 60 articles, suivis par les déchets bleus, transparents, multicolores et gris chacun avec des quantités significatives. Les autres couleurs, telles que le noir, le jaune, l'orange, le rose, le vert et le rouge, sont présentes en plus petite quantité. Cette distribution met en évidence la forte présence de plastiques blancs et bleus, souvent issus d'emballages et de contenants alimentaires, ainsi que la présence des déchets transparents, typiquement associés aux emballages et aux bouteilles en plastiques. Enfin, la dominance des couleurs claires et transparentes indique que les déchets plastiques à usage unique représentent une part importante de la pollution locale et appelle à un renforcement de la sensibilisation et à des interventions de gestion ciblées pour réduire leur impact environnemental.

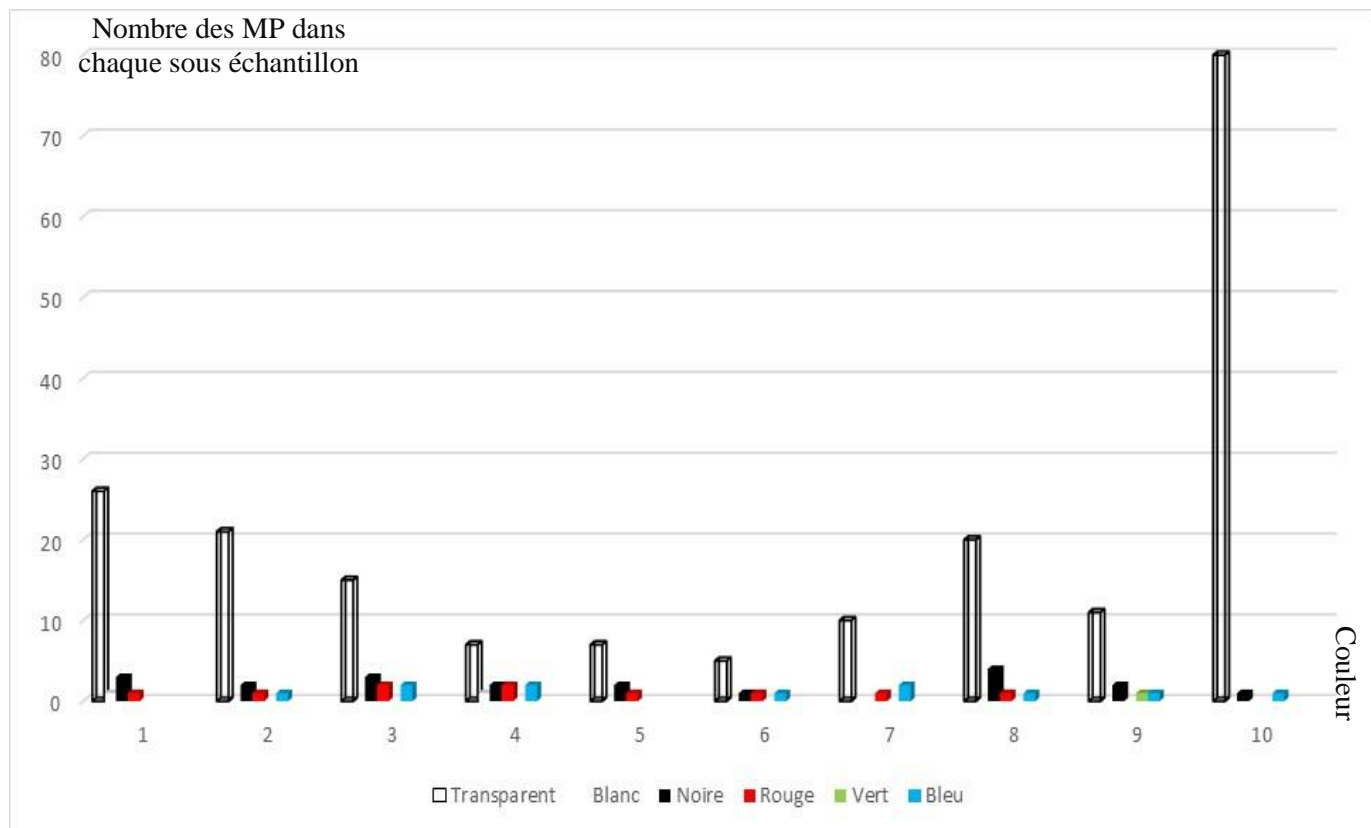


Figure III.4 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) de (S.A.L).

L'histogramme ci-dessus illustre la répartition des microplastiques (MP) et des microfilaments (MF) en fonction de la couleur dans dix sous-échantillons sédimentaires de 1 gramme prélevés sur le site S.A.L suivant le premier protocole. On peut constater la prédominance des particules transparentes, en particulier dans le sous-échantillon 10 qui enregistre un pic exceptionnel de plus de 80 microparticules, surpassant toutes les autres couleurs dans tous les autres échantillons. Ce taux très élevé de particules transparentes indique une source très localisée ou un fort processus d'accumulation de ce type de microplastiques en ce point précis. Les autres sous-échantillons (1 à 9) montrent également la persistance de ces particules transparentes, avec des valeurs plus modérées mais toujours significatives, variant généralement entre 5 et 20 particules, et un sommet près de 30 particules pour le sous-échantillon 1. En comparaison, les autres couleurs sont présentes en très faibles quantités. Les particules blanches se manifestent rarement dans les sous-échantillons, en très faibles nombres. Les couleurs noire, bleue et rouge apparaissent également de manière très limitée, ne dépassent généralement pas 5 particules par sous-échantillon, et sont souvent absentes. La couleur verte est quant à elle presque inexistante dans l'ensemble des échantillons, avec une apparition sur le neuvième.

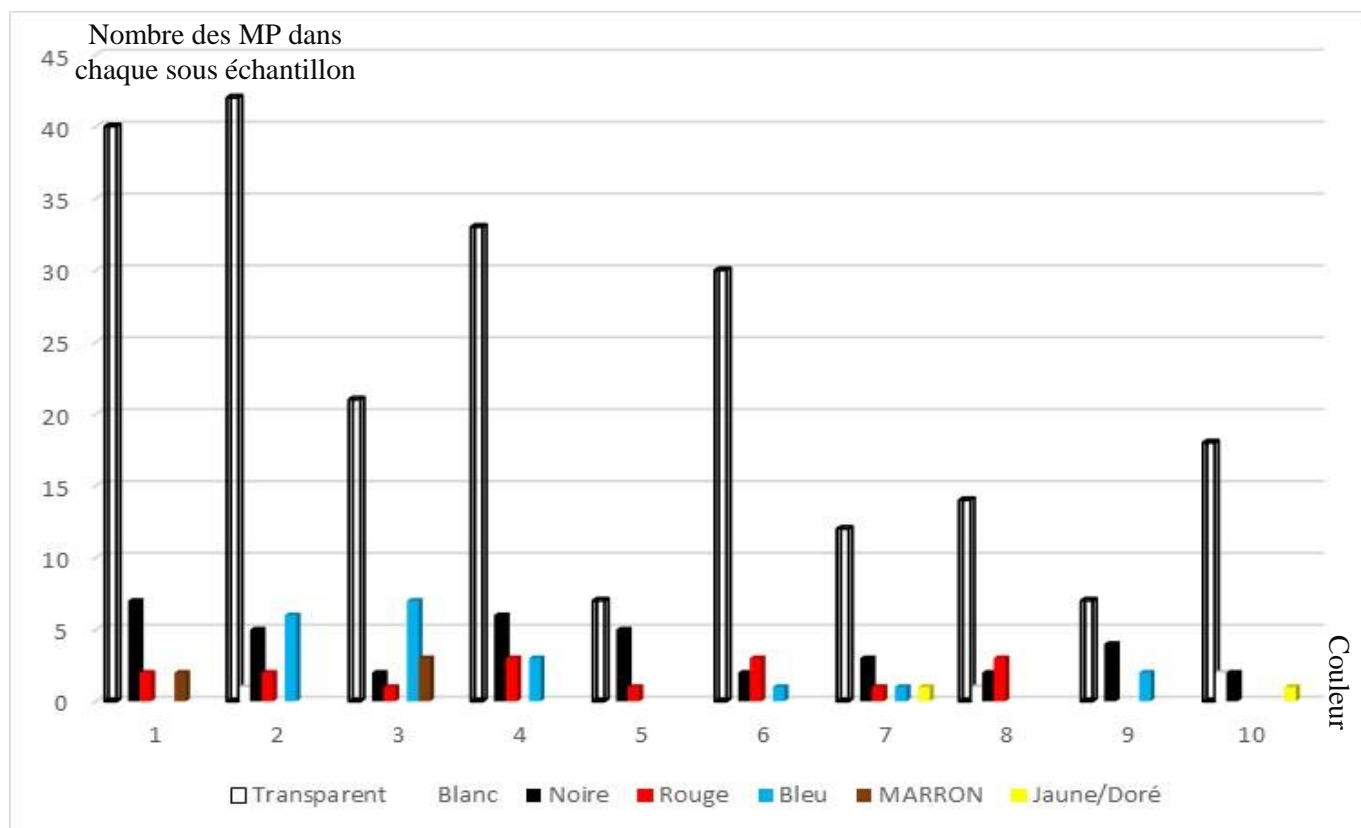


Figure III.5 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de (S.A.L).

L'histogramme suivant montre la répartition des microplastiques (MP) et des microfilaments (MF) par couleur dans dix sous-échantillons sédimentaires de 3 grammes du site S.A.L selon le Protocol 01. L'inspection de ce graphique indique une prédominance des particules transparentes qui constituent la majorité des microplastiques dans presque tous les échantillons. Le sous-échantillon 2 est marqué par une très forte proportion de particules transparentes, ayant un enregistrement de plus de 40 unités, dépassé à peine par les sous-échantillons 1 et 4, qui dépassent également les 30 unités. Cette supériorité des microparticules transparentes signifie que les sources présentes actuellement comme les emballages, des bouteilles PET ou de certaines fibres synthétiques pourraient être les premières responsables de la pollution microplastique sur ce site. Comparativement, les autres couleurs sont inférieures en quantité. Les particules noires sont les secondes les plus fréquentes, mais leurs teneurs sont clairement inférieures à celles des particules transparentes. Les couleurs blanche, rouge et bleue sont identifiées en très petites quantités, généralement inférieures à 10 unités par sous-échantillon tandis que les couleurs marron, jaune/doré sont presque inexistantes, elles ne se manifestent qu'occasionnellement, et toujours en petit nombre.



Figure III.6 – Observation des MP et MF du site 01 (S.A.L) au microscope optique (G x 40) (photos originales).

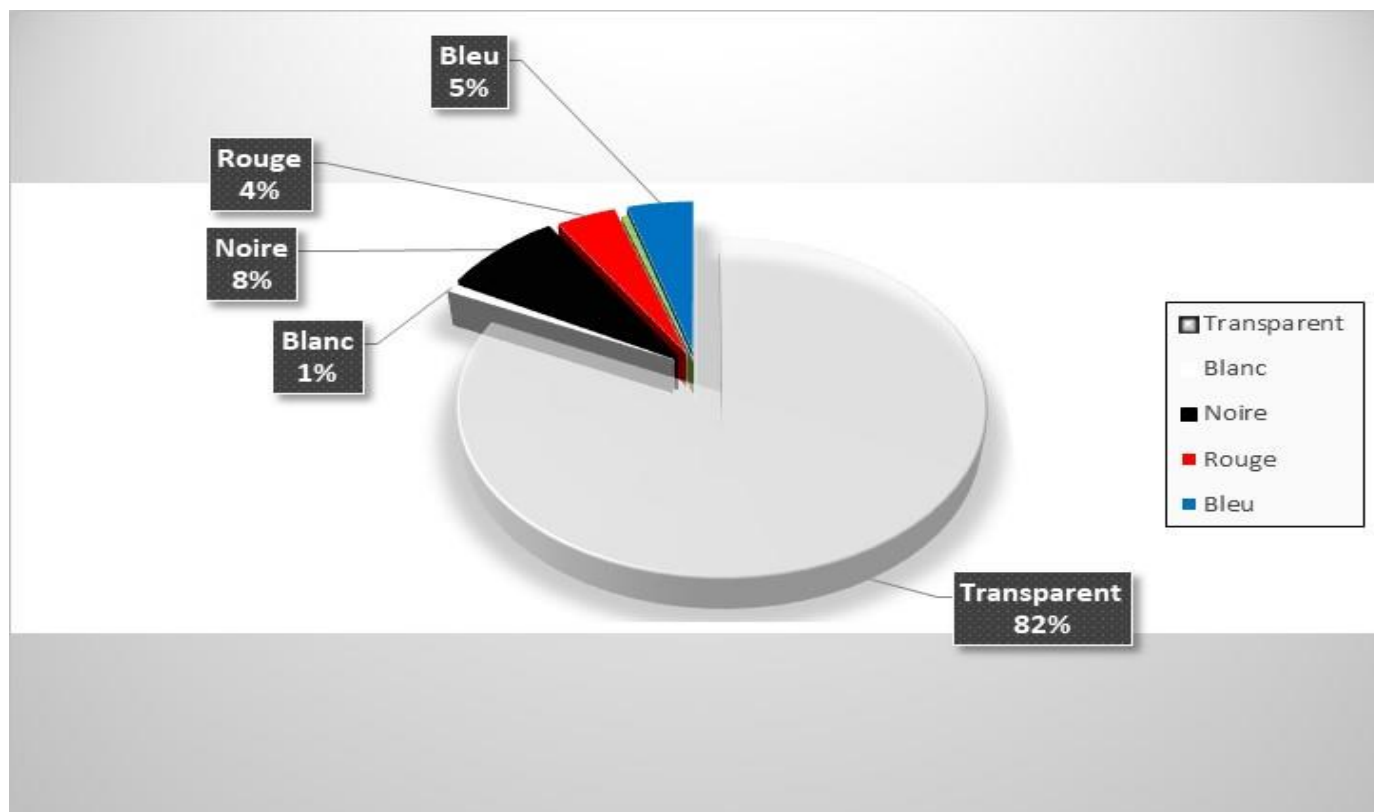


Figure III.7 – Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) de (S.A.L).

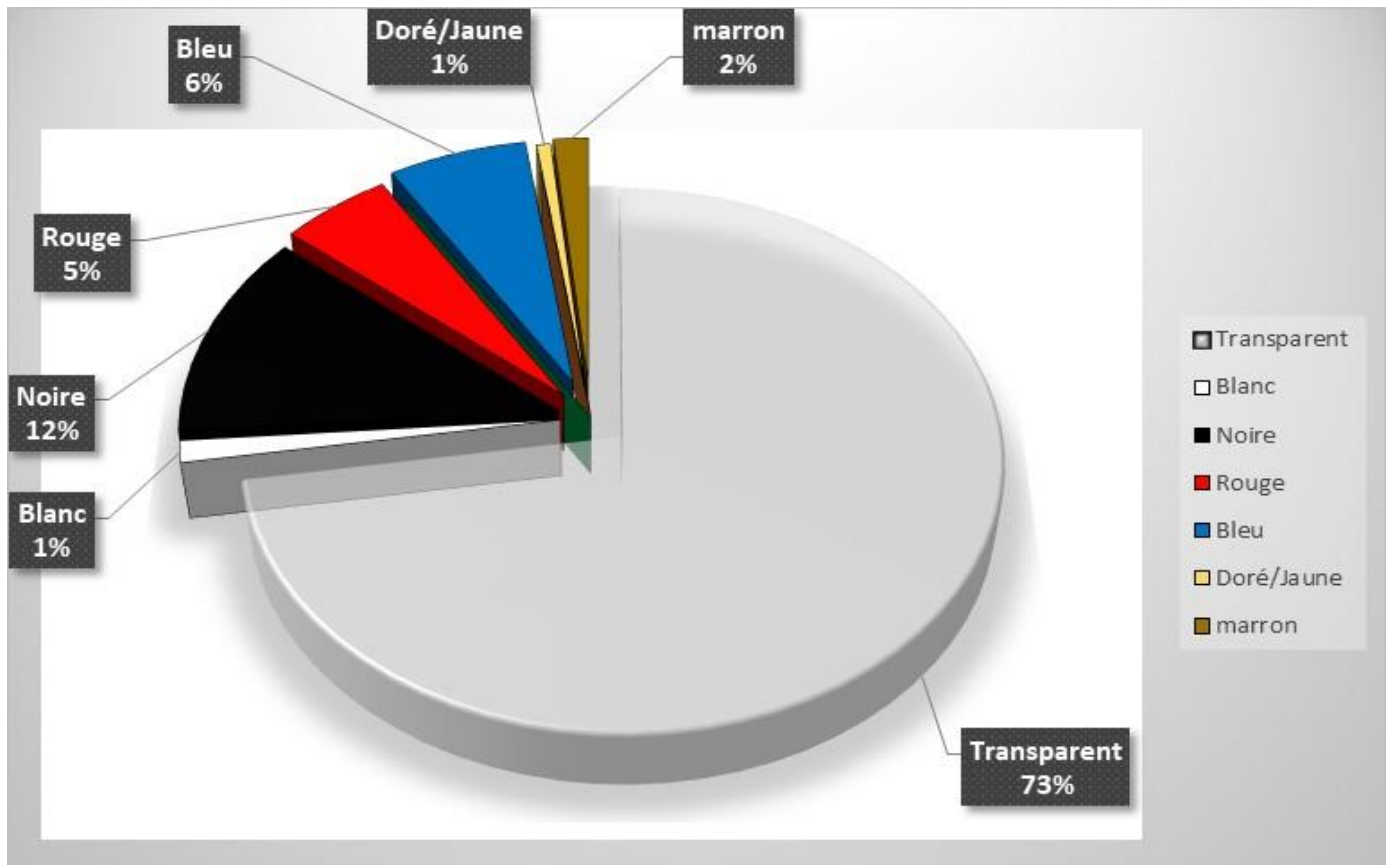


Figure III.8 –Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de (S.A.L).

Le diagramme circulaire représente les résultats des sommes de tailles par couleurs dans les différents grammages de 1 g et 3 g sur les 10 sous-échantillons de chaque grammage du site de S.D.L. On a observé et quantifier les particules de MP et MF qui nous donne une somme de 246 particules de ces derniers avec une moyenne d'intervalles de taille qui est mesuré entre [2.90mm, 4.60mm] de la totalité des particules pour 1g des 10 sous échantillons Alors que pour 3g de ces dernier nous donne une somme de 309 particules avec une moyenne d'intervalles de taille qui est comprise entre [2.12mm, 4.81mm].

Par couleur :

Pour 1g : On a distingué une importante dominance des couleurs transparente avec un taux de 82% pour 202 particules, suivie d'un taux de 8% de MP ayant les couleurs noire avec 20 particules et de 11 particules qui représente 5% de la couleur bleu, 4% de particule ayan du rouge et enfin la moins répondues 1% de MP blanc avec seulement 2 particules.

Pour 3g de même pour ce dernier du côté de la couleur transparente avec un taux de 72% pour 224 particules et de 12% de la couleur noire avec 38 particule, 6% du bleu, 5% du rouge en terminant avec 2% et 1% pour la couleur jaune et marron.

Répartition des couleurs :

La couleur transparente domine largement dans les deux échantillons :

-202 particules dans échantillon de 1g.

-224 particules dans échantillon de 3g.

→ Cela indique que la majorité des micro-déchets sont transparents, probablement d'origine plastique (comme le PET ou PE non coloré), ce qui est fréquent dans les environnements aquatiques.

- Les particules noires sont en nette augmentation dans l'échantillon de 3g (20 → 38), ce qui peut suggérer un apport anthropique (déchets de plastique, fragments de pneus, fibres textiles, etc.).

- Les particules rouges, bleues, et marron sont présentes en quantités moindres, mais leur apparition et augmentation dans le deuxième échantillon (par ex : marron de 0 à 5) traduit soit une variabilité du prélèvement, soit une diversité plus marquée des déchets à ce moment-là.

- Présence faible voire absente des couleurs orange, doré/jaune et rose.

Analyse des tailles moyennes :

- L'augmentation du nombre total de particules (246 → 309) dans l'échantillon de 3g est normale car la masse de l'échantillon est plus importante, mais le fait que certaines couleurs (comme le marron et doré/jaune) apparaissent uniquement dans le second échantillon traduit une variabilité spatiale ou temporelle des apports en déchets qui fait référence aux variations dans la quantité et la nature des déchets collectés à différents endroits et à différents moments.

La moyenne générale des tailles :

- [2,9 mm; 4,6 mm] pour 1g

- [2,12 mm; 4,81 mm] pour 3g

→ Les valeurs sont assez proches, ce qui signifie que les proportions de tailles de particules restent globalement stables entre les deux échantillons.

- Les tailles varient entre 0,68 mm et 7,32 mm, ce qui situe ces fragments dans la catégorie des micro plastiqués (1 µm à 5 mm) et quelques macro-déchets (> 5 mm).

- Les particules transparentes présentent une large gamme de tailles dans les deux échantillons :

- [1,56 mm; 5,98 mm] (1g)

- [0,68 mm; 7,05 mm] (3g)

→ Cette dispersion indique qu'il s'agit probablement de fragments issus de la dégradation de déchets plastiques de tailles variables.

Chapitre III. Résultats et Discussions

- Les particules noires :
 - Taille similaire dans l'échantillon de 1g [1,48 mm; 3,8 mm] et légèrement plus élevée dans le 3g [1,44 mm; 7,32 mm].
 - Leur augmentation en taille moyenne suggère des sources de débris plus grossiers ou moins altérés.
- Les autres couleurs (rouge, bleu, marron) ont aussi des tailles variables mais généralement plus petites, indiquant probablement des fibres textiles ou petits fragments colorés.

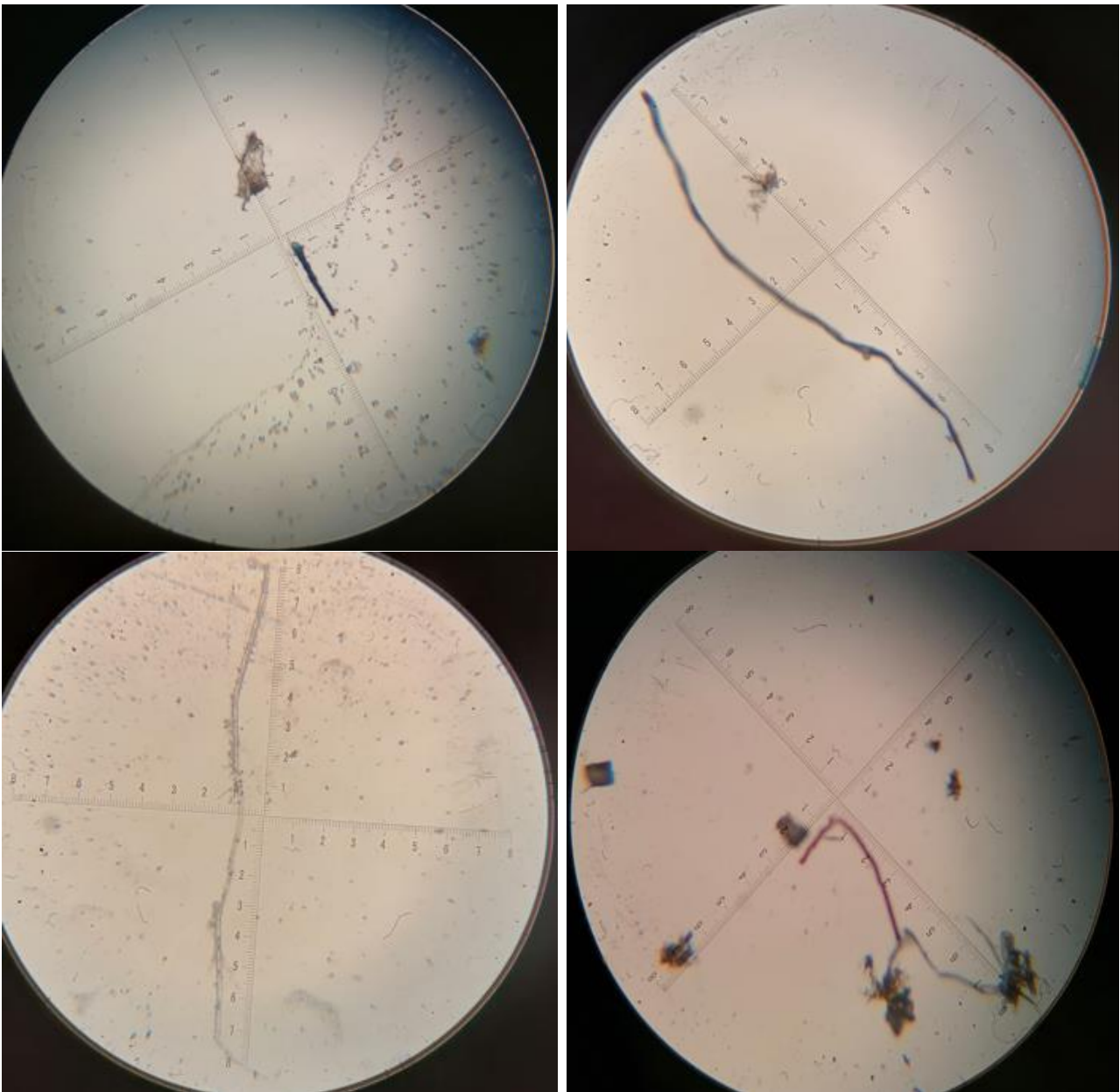


Figure III.9 – Variation des tailles des MP et MF du site 01 (S.A.L) observé au microscope optique (G x 40) (photos originales).

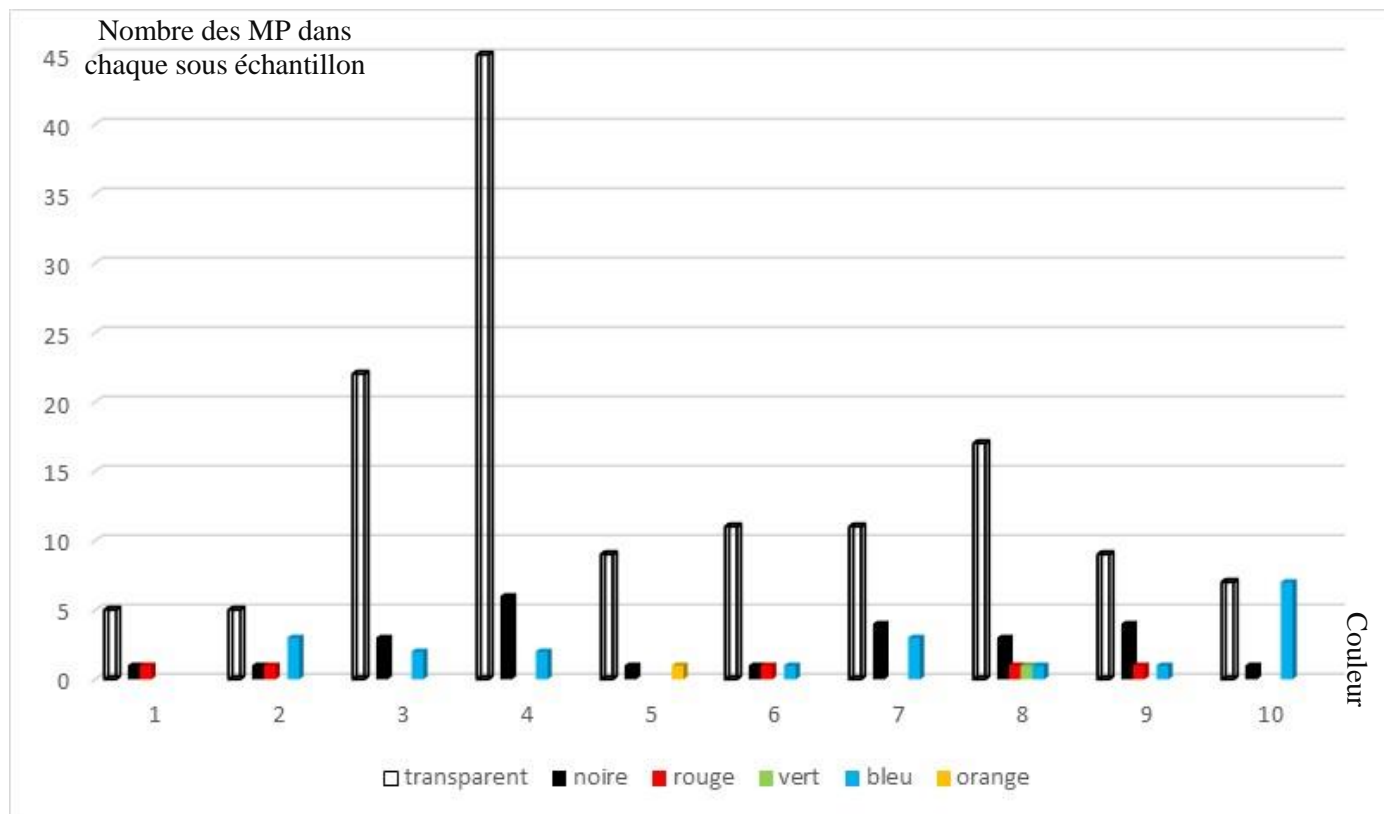


Figure III.10 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) d'AOKAS.

L'histogramme ci-dessus, intitulé « Histogramme représentatif du nombre total de chaque couleur de MP et MF retrouvés dans chacun des 10 sous-échantillons de sédiments de 1g du site AOKAS suivant le premier protocole », est une répartition des microplastiques (MP) et microfils (MF) par couleur dans dix sous-échantillons collectés sur le site d'Aokas. On observe une nette dominance des microparticules transparentes sur les 10 sous-échantillons, avec une forte présence marquée dans le sous-échantillon 4, avec plus de 45 unités. Les sous-échantillons 3 et 8 montrent également des concentrations importantes de particules transparentes, dépassant respectivement 20 et 15 unités, ce qui indique la présence d'une possible source importante de filaments continus et de morceaux de matière plastique transparente sur ce site. En comparaison, les autres couleurs sont présentes en quantités beaucoup plus faibles. En seconde position les noires sont les plus abondantes, mais leurs concentrations sont modestes, en moyenne inférieures à 10 unités par sous-échantillon. Les couleurs rouges et bleues apparaissent parfois et en très petites quantités, ne dépassant que très rarement 5 unités par sous-échantillon. Les couleurs vert et orange sont quasi nulles, avec quelques apparitions marginales et en très petites quantités dans quelques sous-échantillons.

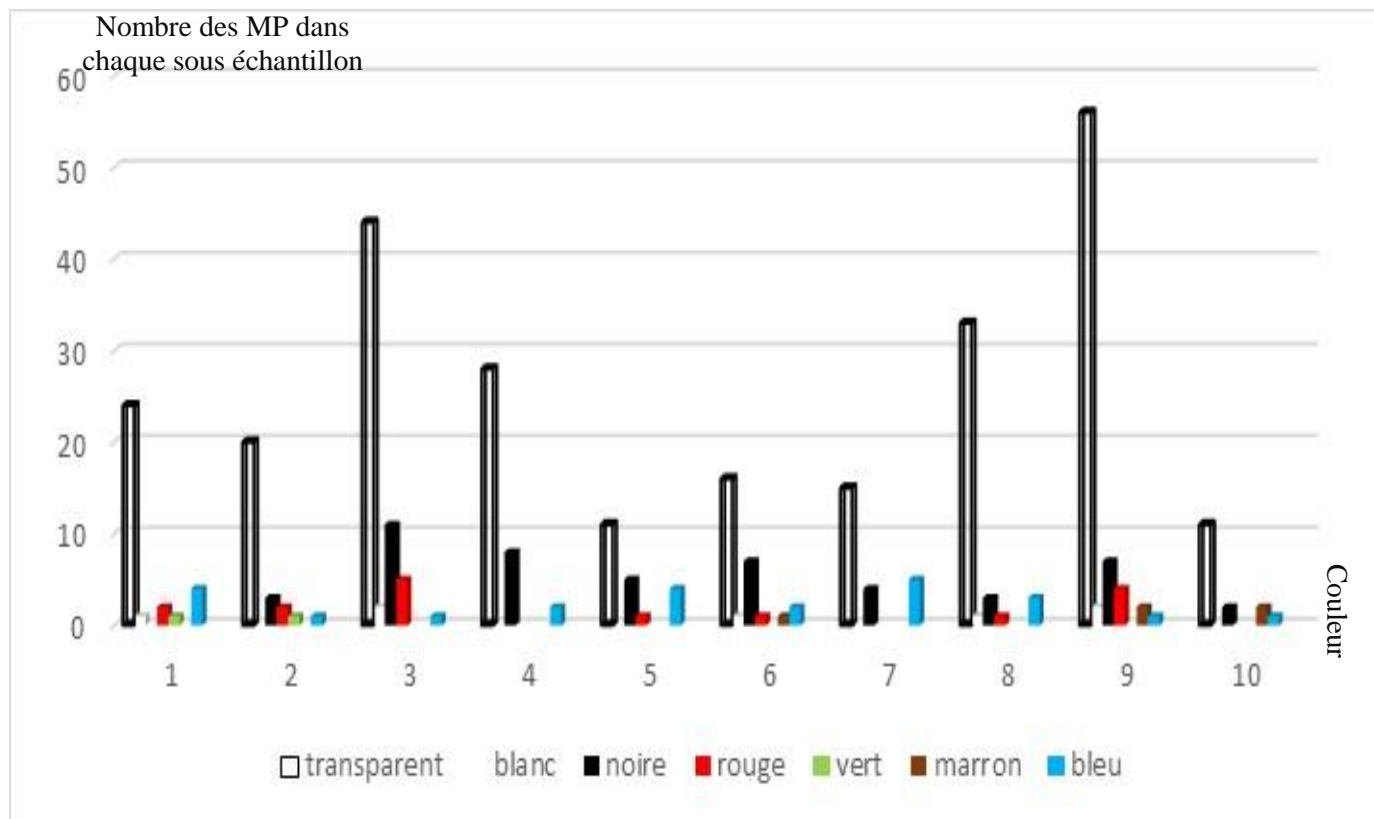


Figure III.11 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) d'AOKAS.

L'histogramme suivant illustre la répartition des microplastiques (MP) et des microfils (MF) par couleur dans dix sous-échantillons sédimentaires prélevés sur le site d'Aokas selon le Protocol 01. Il existe une nette prédominance des microparticules transparentes sur les sections dominantes des sous-échantillons. Le sous-échantillon 9 est caractérisé par un niveau très élevé de particules transparentes, dépassant d'environ 60 unités, suivi des sous-échantillons 3 et 8 qui atteignent respectivement jusqu'à 40 et 30 unités. En comparaison, les autres couleurs sont présentes en quantités nettement inférieures. Les particules noires sont les secondes les plus fréquentes, mais leurs concentrations sont bien moindres que celles des transparentes, atteignant rarement plus de 10 unités. Les couleurs bleu et rouge sont détectées de temps en temps et en très faibles nombres, généralement inférieures à 5 unités par sous-échantillon. Blanc, vert et marron sont les couleurs qui sont quasi absentes, pour apparaître d'une manière à peine visibles en très petites quantités dans quelques sous-échantillons. Cette répartition chromatique met en évidence l'abondance relative des plastiques transparents dans les sédiments d'Aokas, renvoyant à très juste titre à l'envahissement des emballages plastiques et des fibres synthétiques transparents dans l'environnement littoral de cette région.

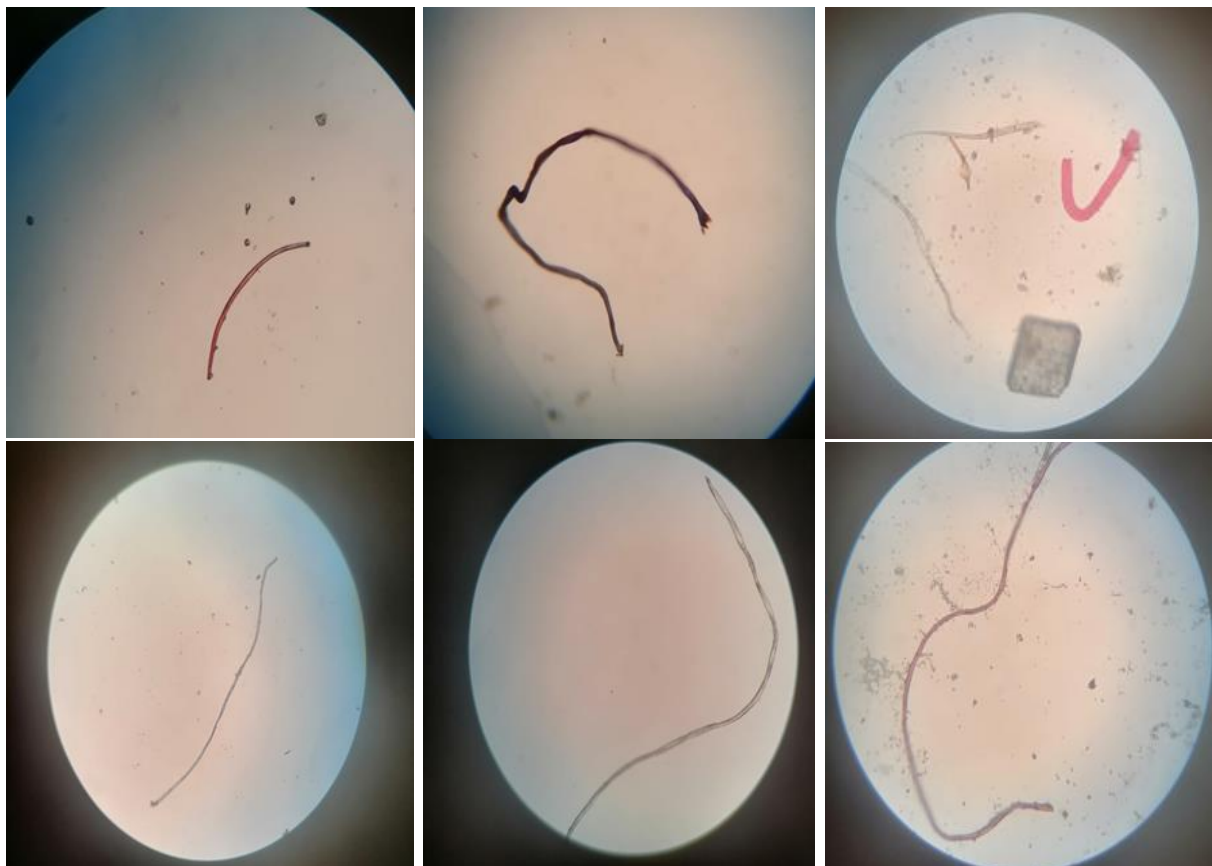


Figure III.12 – Observation des MP et MF du site O2 (Aokas) au microscope optique (G x 40) (photos originales).

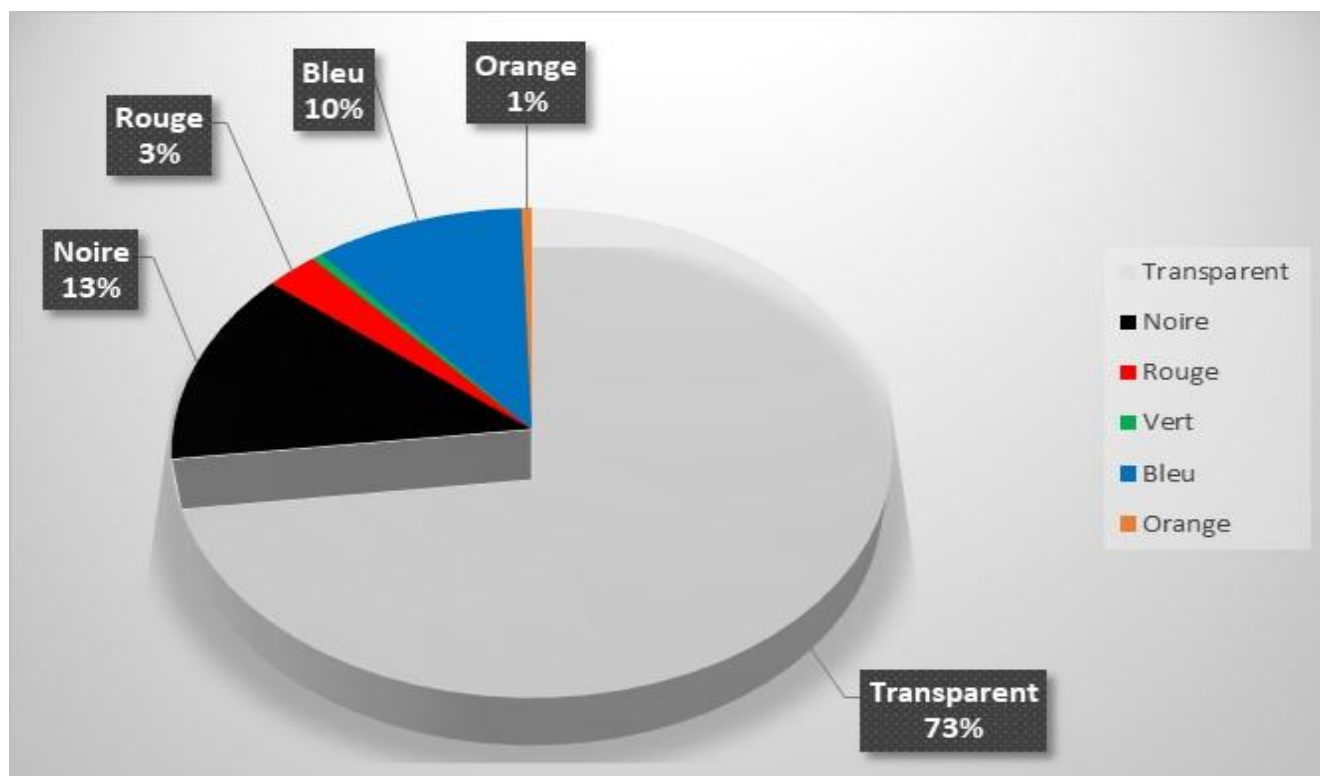


Figure III.13 – Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (1g) d’Aokas.

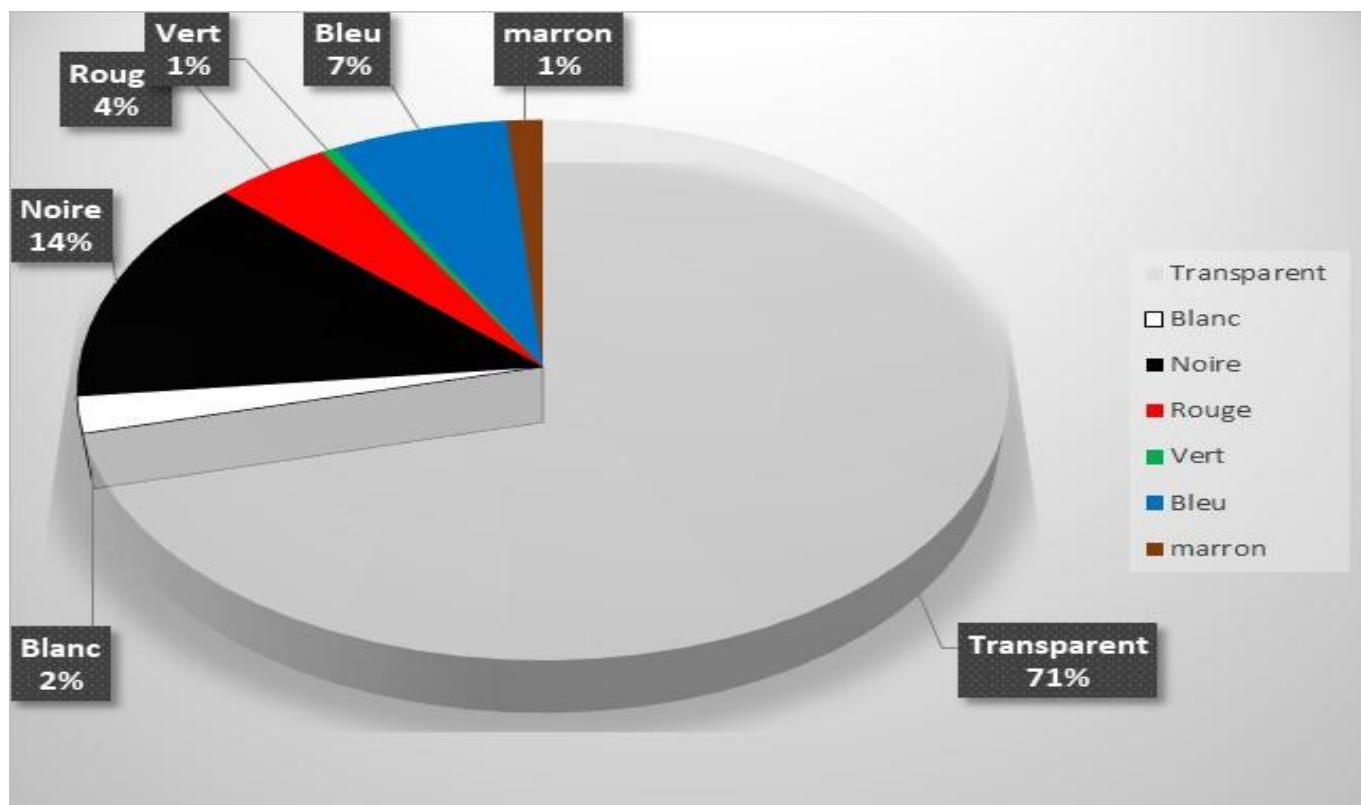


Figure III.14 – Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) d'Aokas.

1. Répartition des couleurs :

- Les particules transparentes sont très majoritaires :
 - 141 particules à 1g
 - 258 particules à 3g
- . Les particules noires sont également bien représentées :
 - 25 à 1g
 - 50 à 3g
- Les particules bleues :
 - 20 à 1g
 - 24 à 3g
- . Les rouges :
 - Faible nombre (5 à 16),
 - Les blanches et marron apparaissent uniquement à partir de 3g :
 - 8 blanches
 - 5 marrons
 - Les particules vertes, orange et les autres couleurs sont rares.

2. Analyse des tailles moyennes

- Les tailles globales varient entre 0,56 mm et 8,9 mm.
- Les transparents et noirs dominant en taille et en nombre.
- Moyenne générale des tailles :

- [4,36 mm ; 6,28 mm] à 1g

- [1,9 mm ; 4,92 mm] à 3g

→ Contrairement aux autres sites, ici la moyenne diminue légèrement en augmentant la masse échantillonnée. Cela signifie que le volume plus élevé révèle plus de petites particules (effet d'échantillonnage).

3. Comparaison des échantillons

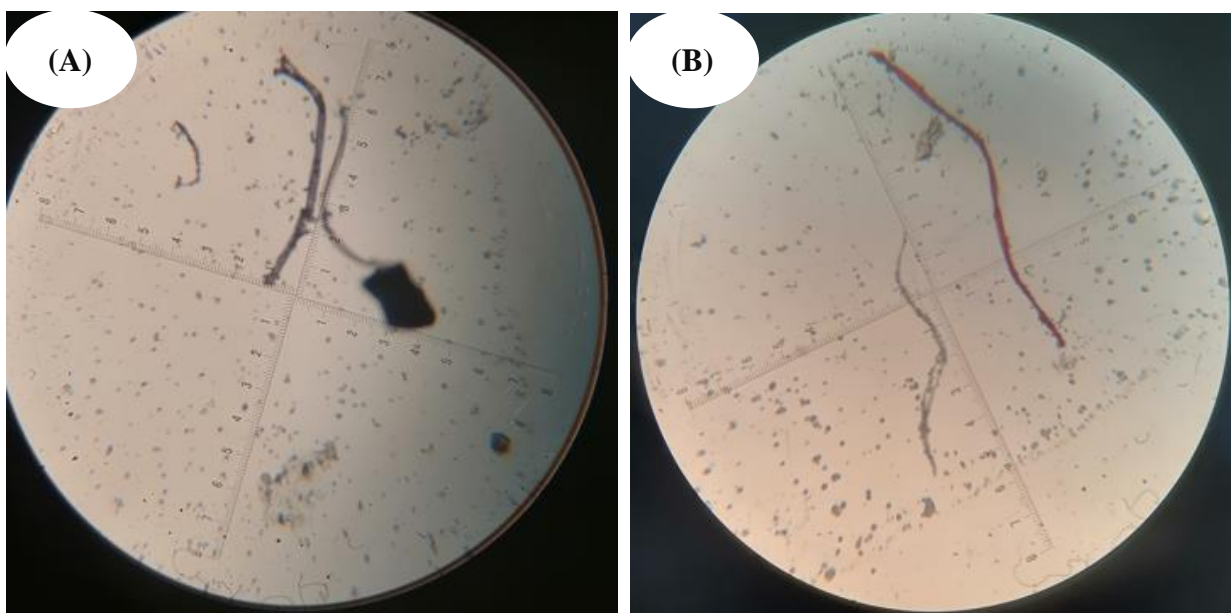
- Le nombre total de particules double quasiment :

- 193 à 1g → 363 à 3g

→ Montre une forte densité de micro-débris à Aokas.

- Diversification colorimétrique faible, mais visible dès 3g

(Apparition du blanc et du marron).



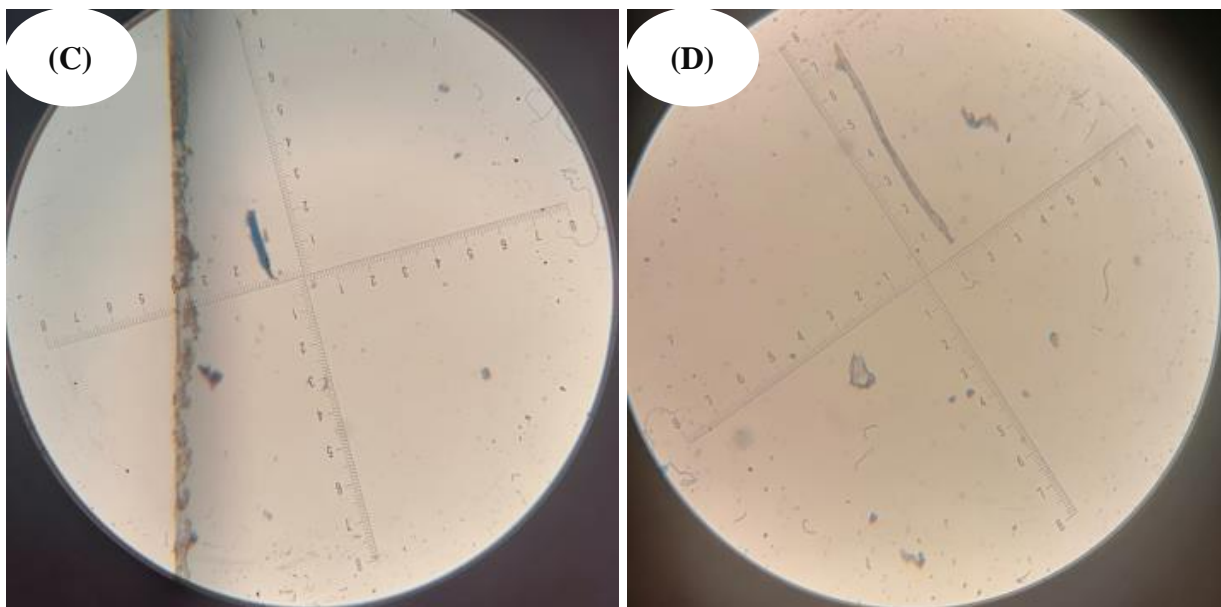


Figure III.15 –Variation des tailles des MP et MF du site 02 (Aokas) observé au microscope optique (G x 40) (photos originales).

Analyse des microplastiques (MP) et microfibres (MF) dans les sédiments pour chaque site :

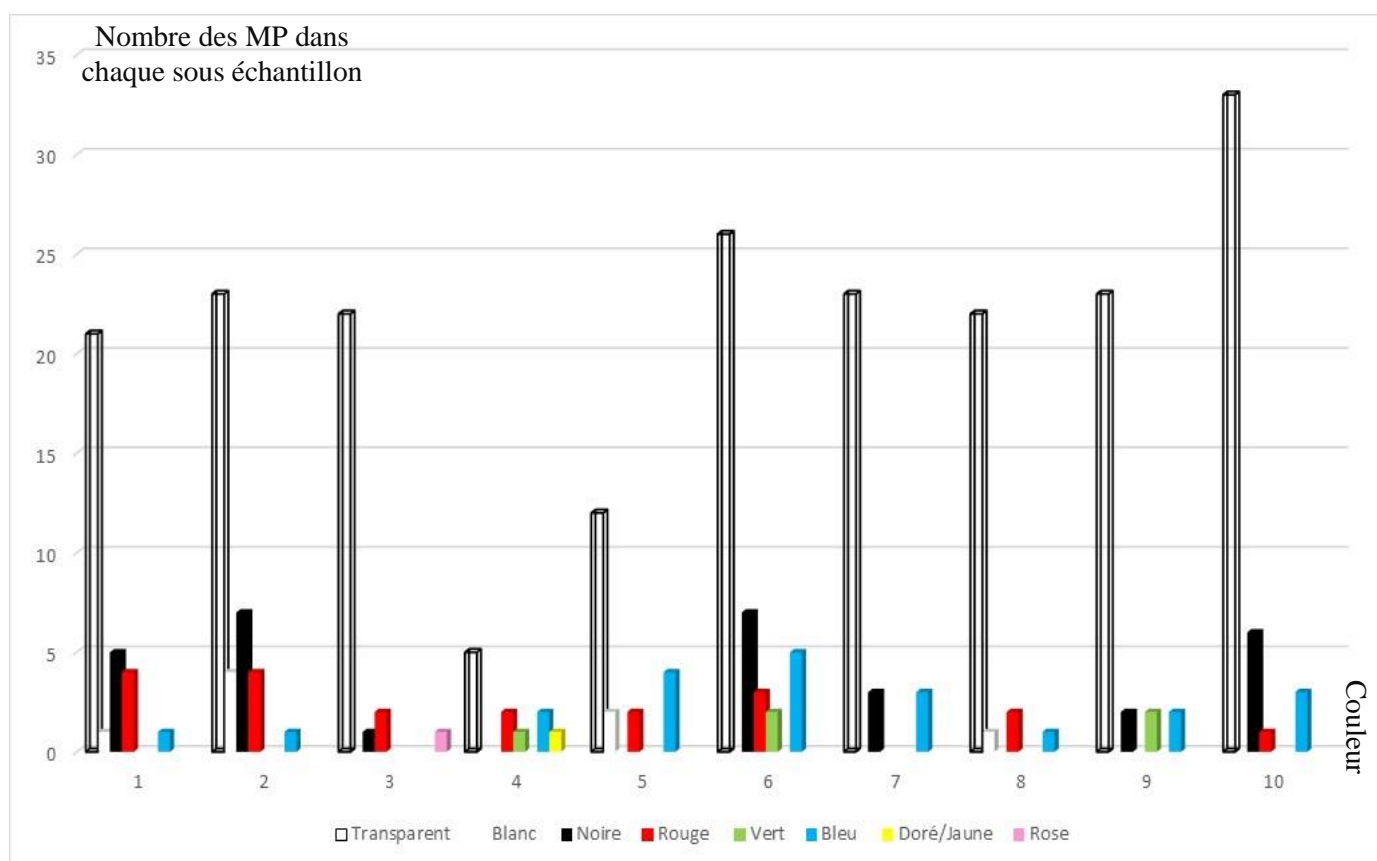


Figure III.16 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (2g) de MELBOU.

Chapitre III. Résultats et Discussions

L'histogramme ci-dessous nous montre la répartition du nombre total de microfibrilles (MF) et de microparticules (MP) par leur couleur, retrouvées dans chacun des dix sous-échantillons sédimentaires prélevés sur le site de Melbou, suivant le premier protocole. Dans le milieu sédimentaire, on y a très clairement une majorité de particules transparentes, qui sont présentes en grande quantité dans tous les sous-échantillons et qui présentent des valeurs allant d'une dizaine à plus de 30 microparticules. Cette haute fréquence est très probablement le signe d'une forte teneur en petits morceaux de plastiques incolores ou légèrement colorés, qui proviennent principalement de la dégradation des plastiques à usages unique ou d'emballages. Bien que des particules noires, rouges et bleues apparaissent régulièrement, elles sont toujours beaucoup moins nombreuses. D'autres couleurs, comme le blanc, le vert, le doré/jaune ou le rose, ne se sont retrouvées qu'occasionnellement et en très petite proportion.

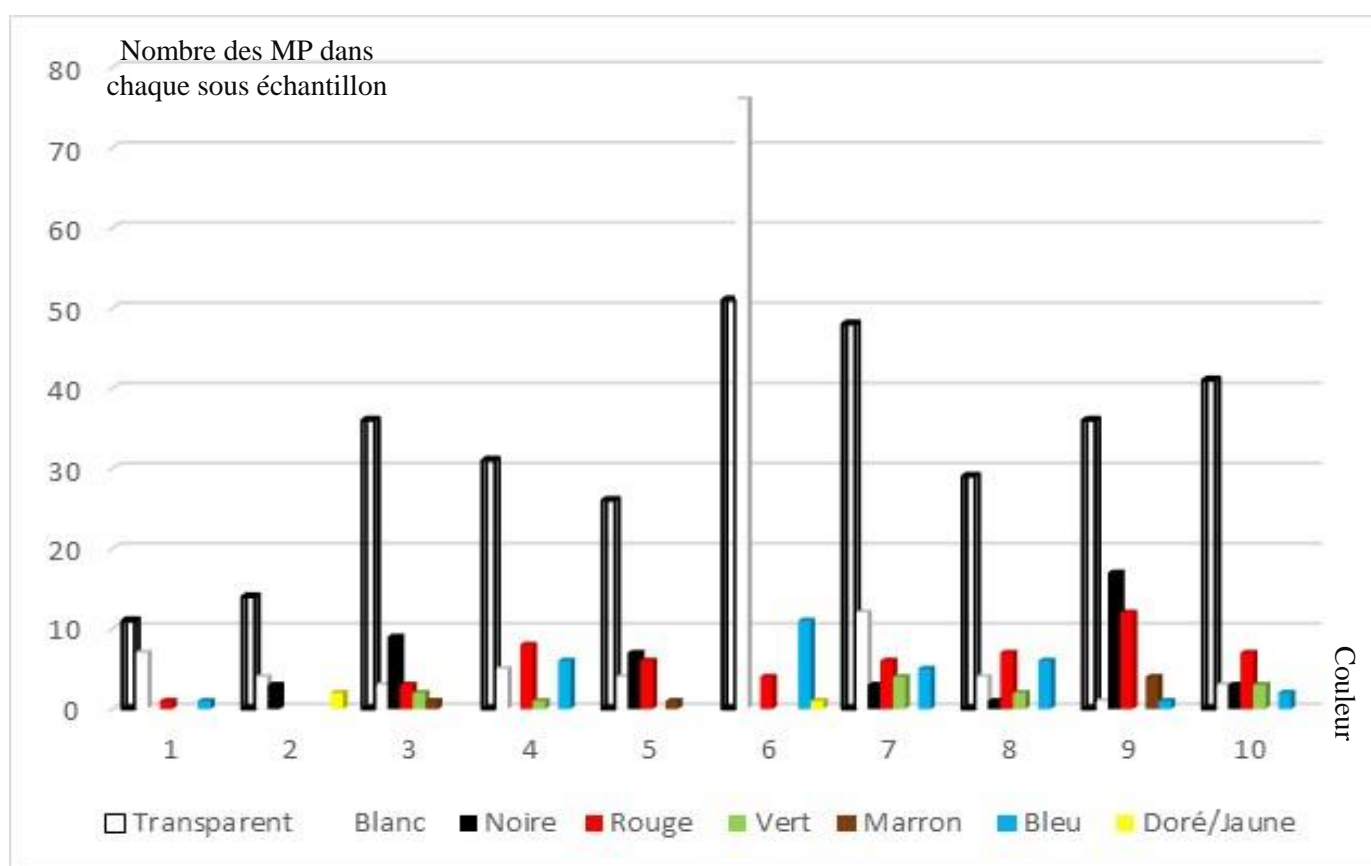


Figure III.17 – Histogramme des Couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de MELBOU.

L'histogramme ci-dessus, dont le titre est "Histogramme représentatif du nombre total de chaque couleur des MP et MF trouvée dans chacun des 10 sous-échantillons sédimentaires de 3g suivant le premier protocole du site de Melbou, montre la distribution des microplastiques (MP) et microfilaments (MF) par couleur dans dix sous-échantillons collectés sur le site de Melbou. On observe une dominance des microparticules blanches et transparentes sur tous les sous-échantillons.

Chapitre III. Résultats et Discussions

Les particules transparentes ont des concentrations supérieures avec un sommet marqué dans le sous-échantillon 6 avec plus de 50 unités, et des valeurs significatives dans les sous-échantillons 7 et 10, ce qui suggère la présence d'une source continue et potentiellement abondante de filaments et de morceaux de plastique transparents. La couleur blanche est également répandue, avec un pic dans le sous-échantillon 6 d'environ 76 particules. Les couleurs noire et rouge sont également fréquentes, mais en quantités clairement inférieures à celles des transparentes et blanches, avec des densités entre 0 et à peu près 10 unités par sous-échantillon. Les couleurs bleu, vert, marron et doré/jaune, leur présence reste rare et limitée à de très faibles quantités, voire absentes dans certains sous-échantillons.



Figure III.18 – Observation des MP et MF du site 03 (Melbou) au microscope optique (G x 40)
(Photos originales).

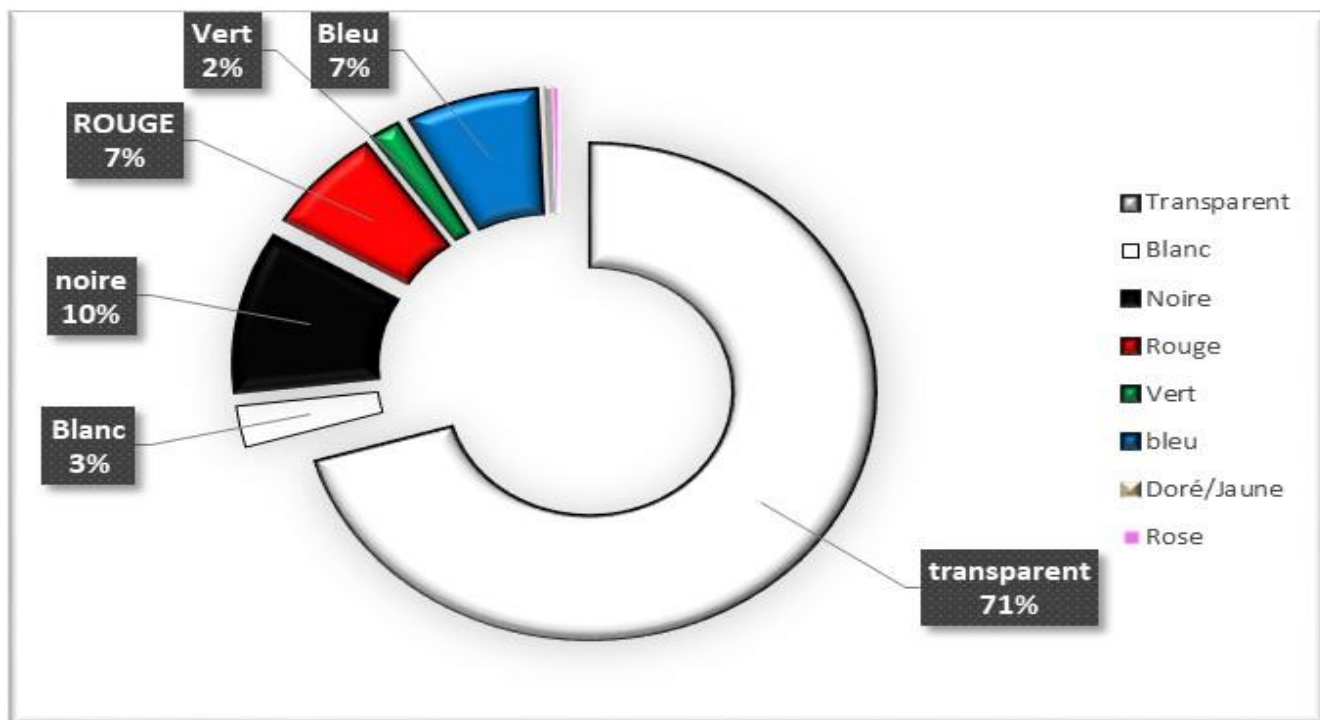


Figure III.19 – Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (2g) de Melbou.

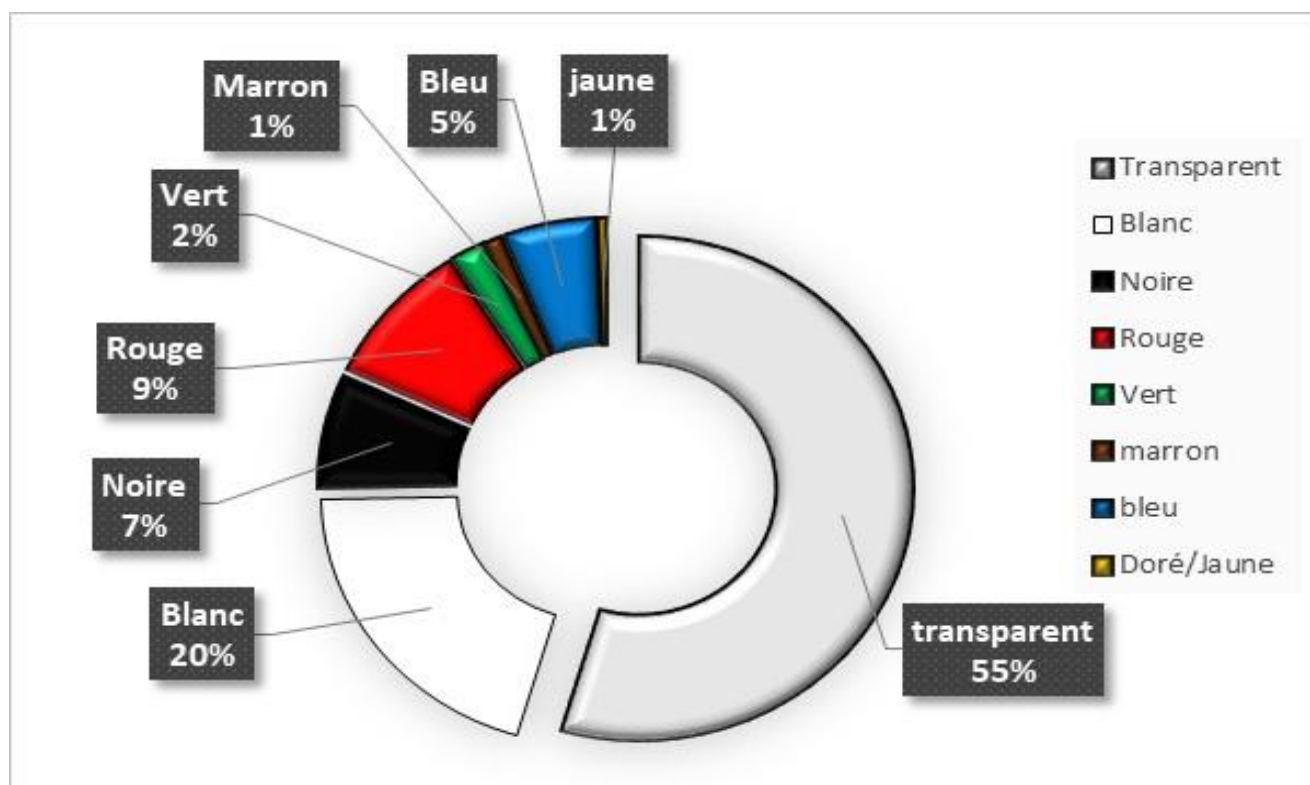


Figure III.20 – Diagramme circulaire des couleurs des MP et MF dans les sous-échantillons sédimentaires (3g) de Melbou.

Répartition des couleurs :

- Les particules transparentes restent largement dominantes :
 - 210 particules dans l'échantillon de 2g.
 - 323 particules dans celui de 3g.
- Les particules blanches apparaissent à partir de l'échantillon de 2g et deviennent significatives à 3g (119 particules).
 - Cette forte augmentation indique une forte présence de débris blancs, probablement des morceaux de polystyrène, fragments de contenants alimentaires ou textiles.
- Les particules noires sont présentes et stables :
 - 31 à 2g
 - 43 à 3g
- Les particules rouges augmentent également :
 - De 20 à 54 particules

2. Analyse des tailles moyennes :

Comparaison des échantillons

- Augmentation nette du nombre total de particules :
 - 131 (1g) → 298 (2g) → 592 (3g)
- Croissance presque linéaire et normale, avec apparition progressive de nouvelles couleurs à partir de 2g (blanc, vert, doré/jaune).

La moyenne générale des tailles :

- [2 mm ; 5,15 mm] à 2g
 - [2,6 mm ; 6,61 mm] à 3g
- Les tailles moyennes augmentent légèrement avec la masse de l'échantillon, signe que les plus grosses particules sont détectées en plus grand nombre dans les volumes élevés.
- Les tailles globales varient entre 0,3 mm et 9,8 mm, donc toujours dans la catégorie des microplastiques à macro-débris débutants.
 - Les particules transparentes et noires possèdent les tailles les plus étendues, ce qui traduit une dégradation inégale des déchets et leur possible origine variée.
 - À noter :
 - Les particules blanches : tailles modérées et peu dispersées ([1,54 mm ; 5,64 mm])
 - Les bleues et doré/jaune : tailles plus restreintes mais consistantes.

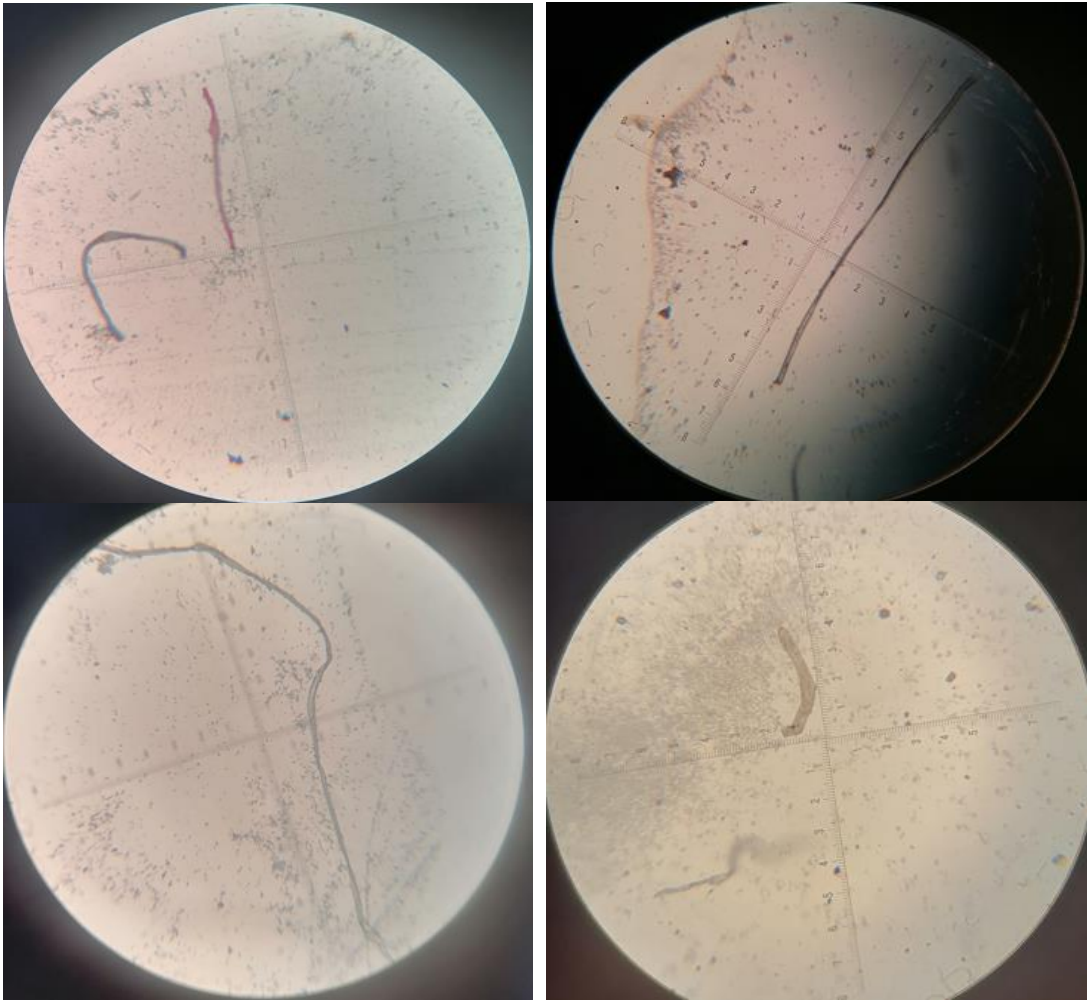


Figure III.21 – Variation des tailles des MP et MF du site 03 (Melbou) observé au microscope optique (G x 40) (photos originales).

Comparaison des couleurs des microplastiques et microfibres dans les échantillons sédimentaires des trois sites étudiés :

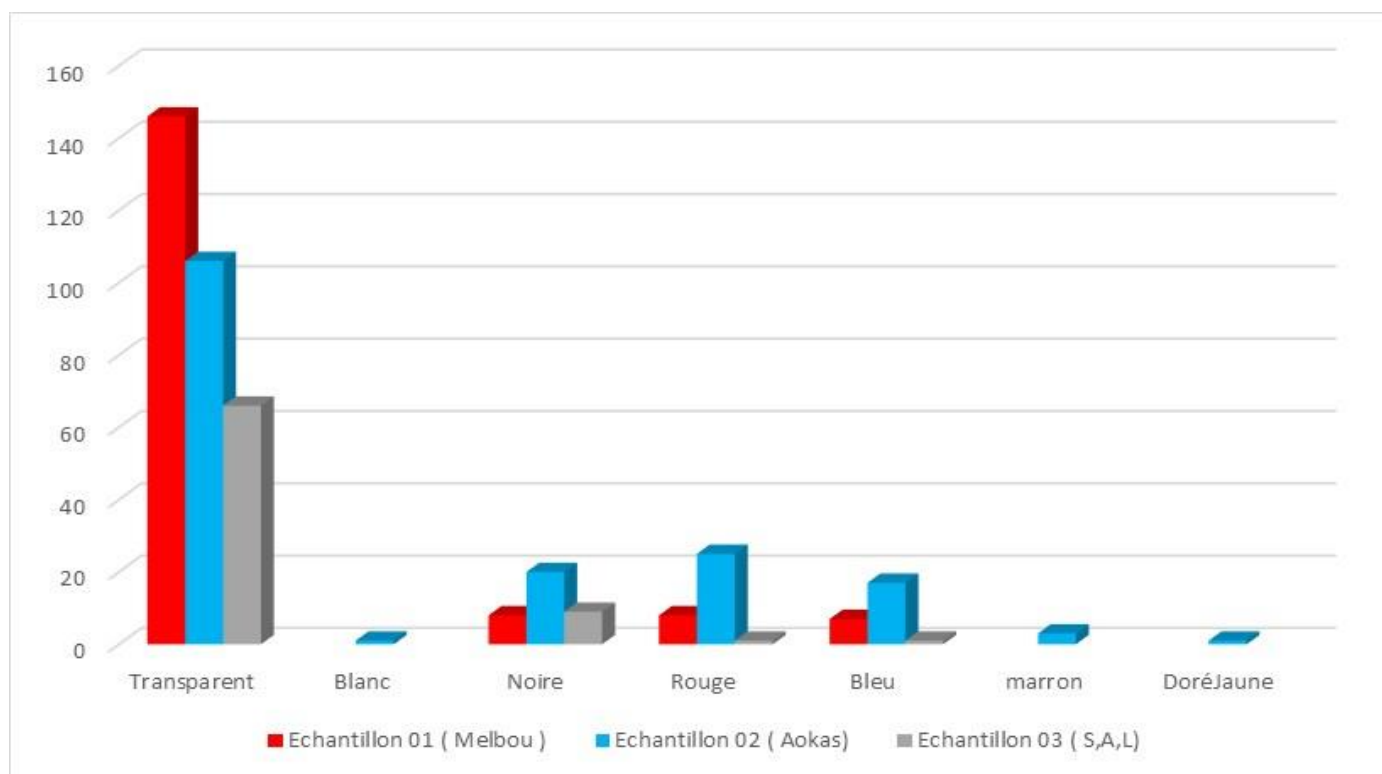


Figure III.22 – Histogramme des couleurs MP et MF des 3 échantillons sédimentaires de chaque site.

L'histogramme ci-dessus présente la distribution des couleurs des microfilaments (MF) et des microparticules (MP) dans les trois sites d'échantillonnage de sédiments Melbou, Aokas et S.A.L suivant le protocole à densité. De l'histogramme, on peut voir une dominance très évidente de particules transparentes dans tous les sites, la valeur la plus élevée observée à Melbou (échantillon 01), suivie par Aokas (échantillon 02) et SAL (échantillon 03). Cette présence forte de microparticules transparentes, souvent issues de fragments plastiques ou de fibres synthétiques, met en évidence l'importance de la pollution plastique invisible à l'œil nu dans les sédiments côtiers. Les autres couleurs, telles que le noir, le rouge et le bleu, sont présentes en quantités beaucoup plus faibles et varient d'un site à l'autre. Les microparticules blanches, marron et jaunes se signalent à Aokas, avec un niveau significativement plus faible par rapport aux autres. Cette répartition accentue la diversité des sources de pollution microplastique et microfilament et la difficulté de les distinguer et d'en identifier dans l'environnement littoral.

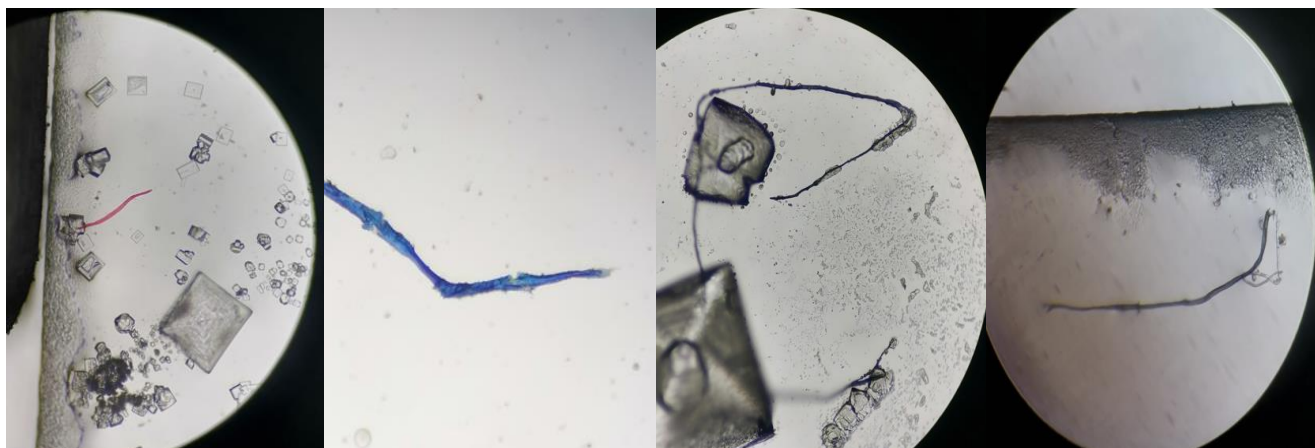


Figure III.23 – Observation des MP et MF des trois sites au microscope optique (G x 40)
(Photos originales).

Selon la répartition des microparticules et microfibres par leur taille moyenne pour les trois localités étudiées : Melbou, Aokas et Sidi Ali Lebhar (SAL). D'après l'observation, les particules transparentes prédominent sur les sites en très grand nombre, occupant 318 particules sur un total de 419 particules, dont les tailles varient de 0,32 mm à 26,4 mm selon les sites. À Melbou, les particules transparentes elles sont entre 0,38 mm et 8,16 mm, alors que, à Aokas, entre 0,8 mm et 13,2 mm, et à SAL, entre 0,32 mm et 26,4 mm, ce qui signifie une très grande diversité de tailles, surtout à SAL où les particules transparentes sont de grandes tailles. Les particules noires, bien que beaucoup moins nombreuses (37 au total), présentent également une large gamme de tailles : chez Melbou, de 0,38 mm à 13,9 millimètres ; à Aokas, du 1,5 mm à 4,2 mm ; et en SAL, de 0,4 mm à 17,2 mm. Les particules rouges, dont l'on retrouve la plus grande partie à Aokas (25) et Melbou (8), ont une taille comprise entre 0,48 mm et 20 mm à Melbou entre 0,9 mm et 11 mm à Aokas, et 2,08 mm à SAL, ce qui indique une présence sous forme de fragments de tailles variées par site. Les MP bleues sont le plus souvent recensées à Melbou (7) et Aokas (17), pour des tailles allant de 0,96 mm à 4,8 mm à Melbou, de 0,9 mm à 9,4 mm à Aokas, et de 2,56 mm à SAL

D'autres couleurs comme le blanc, le vert, le marron, doré/jaune et rose sont très peu bien représentées, avec quelques seules occurrences et des tailles isolés, ce qui témoigne d'une diversité chromatique très restrictive pour ces groupes. En général, le tableau met en évidence la prédominance des particules transparentes de taille très diverses sur les trois sites, particulièrement à SAL où la plage des tailles est la plus étendue. Cette distribution suggère que les sources de pollution plastique sont diverses et que la fragmentation des plastiques favorise une très grande diversité de tailles et, par conséquent, leur gestion et leur élimination sont davantage compliquées. Les autres couleurs, bien que présentes, restent minoritaires et présentent des tailles plus restreintes, ce qui pourrait refléter des sources ou des processus de dégradation différents selon la couleur et la nature des particules.

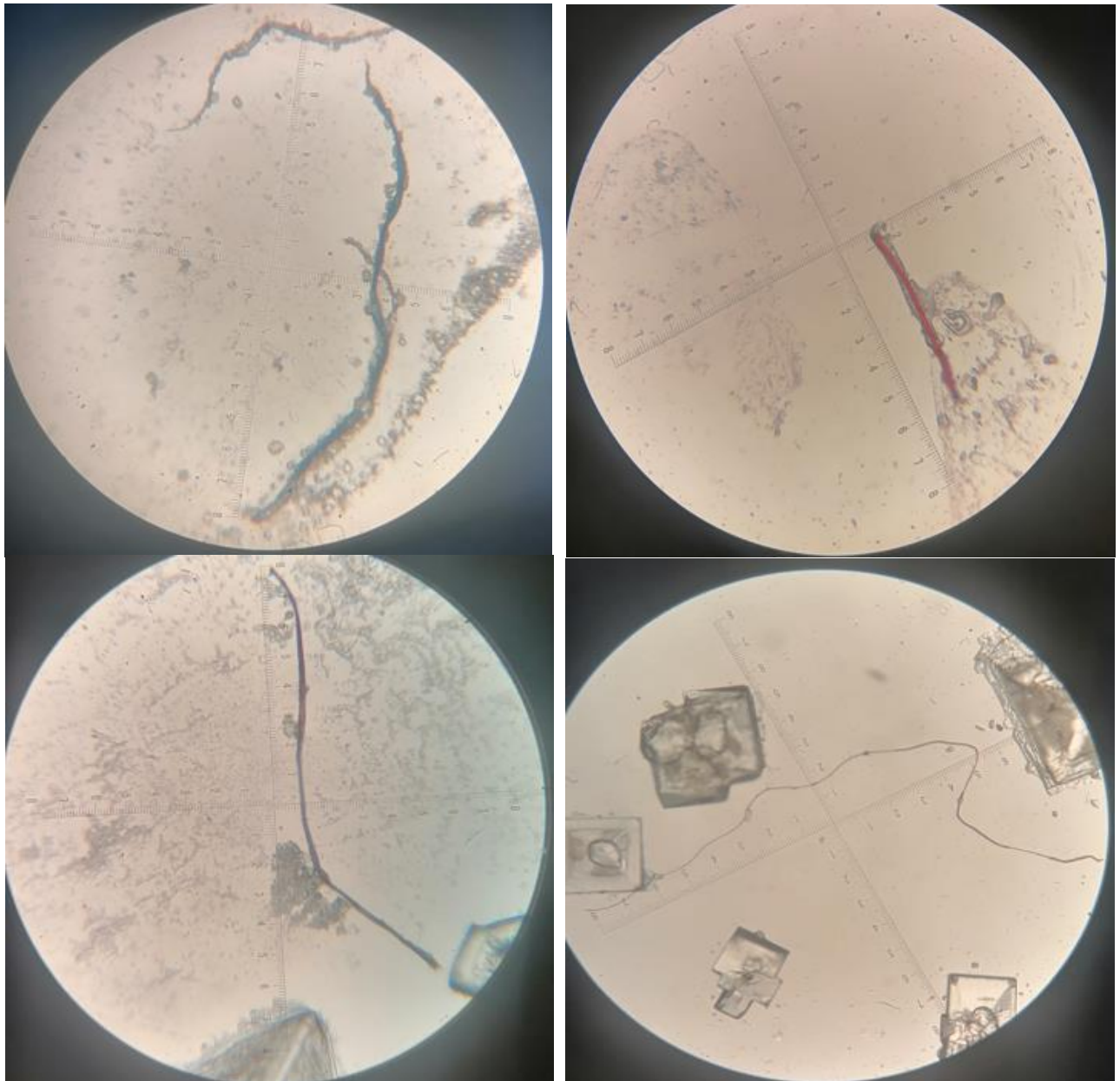


Figure III.24 - Variation des tailles des MP et MF des trois sites observés au microscope optique (G x 40) (Photos originales).

Discussion :

La présente étude sur les sites (Sidi Ali Labhar, Aokas et Melbou) montre une pollution plastique importante sous deux formes : les déchets solides visibles (macroplastiques) et les particules invisibles dans les sédiments (microplastiques). L'analyse des macro-déchets a montré des différences frappantes entre les sites. Aokas semble être le site le plus pollué avec 1 151 articles collectés par 100m et un poids d'environ 2,7 kg. Cette forte pollution s'explique par sa forte fréquentation touristique et sa proximité avec l'oued Zitouna, qui constitue une voie de transfert direct des déchets vers l'écosystème marin. La variété des plastiques y est très importante, tels que les bouteilles, les emballages, les plastiques expansés, les textiles et autres restes domestiques. Le site de Sidi Ali Labhar

présente une pollution modérée, avec 798 articles par 100m pesant 2 kg, dominés par des débris plastiques courants tels que des sacs, des bouchons et des articles à usage unique, mais aussi par la présence de déchets à risque tels que des articles médicaux, témoignant d'une pollution insidieuse, probablement le résultat d'apports diffus et multiples. En échange, Melbou, La plage est bien moins polluée en quantité (138 morceaux par 100m pour 313,5 g), se caractérise par la présence ciblée de plastiques légers, tels que des sacs, des tubes et des fragments filamenteux, témoignant d'une pollution domestique et fluviale localisée.

Au niveau des microplastiques, l'examen des sédiments réalisé selon deux protocoles distincts a permis une vision complémentaire de la pollution invisible des milieux côtiers. Le premier protocole, dit « européen », impliquant le séchage des échantillons puis une extraction manuelle à l'aide d'une loupe binoculaire, a permis de séparer les microplastiques par couleur et par taille. Cependant, cette méthode a montré ses limites dans l'identification des particules de MP de très petites tailles mélangées aux sédiments, rendant leur détection plus difficile. Bien que ce protocole soit considérablement chronophage, l'extraction des particules a été jugée plus simple et plus accessible. À l'inverse, le second protocole, basé sur une séparation par densité à l'aide d'une solution saline saturée (NaCl), s'est avéré plus efficace pour détecter les microplastiques fins, tels que les microfibrilles et les microfilaments (MF) et cela avec des quantités beaucoup plus importantes, bien que les débris plastiques y soient totalement absents que dans le premier protocole. Cette procédure, bien qu'efficace, a rendu l'extraction plus compliquée et délicate à réaliser. En général, les résultats indiquent que tous les sites examinés sont contaminés principalement par des particules translucides.

Le site d'Aokas est caractérisé par la plus grande variabilité en termes de couleur et de granulométrie, avec des particules jusqu'à 13,2 mm, tandis que Sidi Ali Labhar présente la plus large gamme de tailles, jusqu'à 26,4 mm, indiquant l'accumulation potentielle par dérive marine. À Melbou, les particules sont de plus petite taille (entre 0,38 et 8,16 mm), mais plus nombreuses, ce qui serait dû aux apports directs et permanents des oueds Agrioun et Melbou.

Cette étude montre clairement que la pollution plastique, qu'elle soit visible ou microscopique, est présente partout dans les sédiments côtiers de la baie de Béjaïa. Les résultats confirment que le niveau de cette pollution est fortement influencé par les activités humaines, la proximité des cours d'eau et la disponibilité des plages. La complémentarité des deux techniques de traitement des sédiments permet une meilleure représentativité de l'état réel de la pollution. Ce constat appelle à une prise de conscience urgente et à l'élaboration de stratégies locales de gestion des déchets, notamment par le biais d'une sensibilisation accrue, d'un tri sélectif renforcé et d'un suivi régulier de la qualité environnementale des sites littoraux.

La comparaison avec les résultats obtenus dans cette enquête sur les plages locale et ceux de l'enquête menée par (Cerqueira, 2025) sur une plage portugaise, en zone rurale (qui est une plage située en dehors de l'environnement urbain, non accessible par les transports publics mais accessible pour le privés) ou les relevés des déchets ont été effectués de manière saisonnière sur 8 enquêtes en 8 différents mois, permet de conclure à des similitudes intrigantes dans la densité et la typologie des déchets macroplastiques. Dans notre recherche, la plage d'Aokas a connu la masse la plus concentrée de déchets solides avec 1 151 objets pour 100 mètres de plage, puis Sidi Ali Labhar avec 798 objets, et enfin Melbou avec 138 objets. Suivant la même tendance, Cerqueira a enregistré entre 443 et 1 040 articles /100m selon les saisons, des valeurs supérieures à Aokas bien qu'opérant dans un cadre rural supposé moins exposé. A ce stade on voit que même les zones moins urbanisées ne sont pas à l'abri d'une forte pollution, selon les conditions météorologiques, l'affluence saisonnière, ainsi que les courants marins. Rappelant ensuite la teneur des déchets, les deux études montrent une large dominance aux plastiques souples et à usage unique et courant (bouchons, sacs, emballages alimentaires, filets ou morceaux non identifier). A Béjaïa mémé aussi au Portugal, les déchets d'activités humaines quotidiennes constituant la majorité des macro-déchets pris en compte. Cependant, dans l'étude portugaise, les auteurs insistent sur la saisonnalité des déchets, avec des pics en hiver et au printemps dus aux fortes vagues et aux dépôts marins. En revanche, notre étude à Béjaïa a été menée sur une seule période, ce qui peut limiter la prise en compte des variations saisonnières. Cependant, une telle comparaison souligne que, quelle que soit la zone d'investigation, les plages ouvertes sont soumises à la même pression plastique en volume et en composition, qui dépend à la fois des activités humaines locales et des régimes hydrologiques (oueds, houles, ruissellement).

Conclusion :

Cette recherche nous a permis de dresser un portrait inquiétant de la contamination plastique de la baie de Béjaïa par l'analyse conjointe des macros et microplastiques des trois sites représentatifs : Aokas, Sidi Ali Labhar et Melbou. L'analyse des macro-déchets a révélé une prévalence écrasante de plastiques à usage unique, témoignant d'une pression anthropique intense, notamment sur les plages les plus fréquentées et le long des cours d'eau. La localité la plus touchée, Aokas, présente le plus de déchets issus des activités touristiques et de l'apport direct de l'oued Zitouna. À Sidi Ali Labhar, la variété des déchets collectés, tels que les déchets médicaux, constitue des sources diffuses et préoccupantes. Melbou, moins contaminée, illustre cependant la présence concentrée de déchets de l'oued Agrioun.

L'analyse des sédiments pour la détection des microplastiques a démontré la complémentarité des deux protocoles utilisés : le protocole manuel est efficace pour l'extraction des MP, tandis que le protocole à base de solution saline NaCl est plus efficace pour extraire les microfilaments, même si c'était de nature plus technique. Tous les sites présentaient un degré élevé de contamination par des microplastiques de différentes tailles et couleurs, validant l'hypothèse d'une fragmentation avancée des déchets plastiques dans l'environnement.

Cette étude a confirmé que l'urbanisation plastique dans les espaces côtiers est un phénomène multifacette, sous le contrôle de la géographie, de la dynamique des cours d'eau, de l'activité humaine et des conditions climatiques. Elle met également en évidence la nécessité de mesures concrètes : optimiser la gestion des déchets localement, accroître la sensibilisation des acteurs du littoral, et instaurer des programmes de surveillance périodiques. En apportant des données précises et comparables aux travaux internationaux, cette contribution contribue modestement mais utilement à la compréhension mondiale de la pollution plastique marine et appelle à des réponses intégrées à ce fléau environnemental.

Références Bibliographique

- Agence de Presse Service (APS). (2021). Environnement – L’Algérie consomme 7 milliards de sacs en plastique par an. Agence de Presse Service.
- Agence Nationale des Déchets (AND). (2021). Les déchets plastique en Algérie : Regard croisé sur les plastiques à usage unique. Agence Nationale des Déchets.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605.
- Ambrose et al. (2019). Identifying opportunities for harmonized microplastics and mesoplastics sampling and analysis. *Environmental Pollution*. (Focus sur collecte de mesoplastiques > 5 mm).
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1977–1984.
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2016). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 1–10.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605.
- Achouri, S. (2020). Les microplastiques dans les rivières et eaux de surfaces, exploration des méthodes d’échantillonnages et analyses en laboratoire : préparation à une application à l’exutoire de deux stations d’épuration Arlon et Libramont [Mémoire de master, Université de Liège]. Université de Liège, Liège, Belgique.
- Agence Nationale de la Recherche (ANR). (2023). Effets des microplastiques biodégradables sur le microbiote des poissons (BIOMIC).
- Addamo, A. M., Laroche, P., Hanke, G., & Fossi, C. (2016). Monitoring and Assessment of Marine Litter in European Seas – A review of existing methods for monitoring and assessment of microplastics. European Commission, JRC Technical Reports. <https://doi.org/10.2788/770401>
- Baillif (2018 ?) Gestion des risques : de la sécurité à la gestion globale des risques. Consultante en cartographie des risques et pilotage ERM.
- Barboza, L. G. A., Frias, J. P. G. L., Booth, A. M., Vieira, L. R., Masura, J., Baker, J., Foster, G., & Guilhermino, L. (2018). Microplastics pollution in the marine environment. In *World Seas: An Environmental Evaluation (Volume III): Ecological Issues and Environmental Impacts* (pp. 329–351). Elsevier.
- Blettler, M. C. M., Abrial, E., Khan, F. R., Sivri, N., & Espinola, L. A. (2018). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416–424.

Références Bibliographiques

- Blettler, M. C. M., Ulla, M. A., Rabuffetti, A. P., & Garello, N. (2018). Plastic pollution in freshwater ecosystems: Macro-, meso-, and microplastic debris in a floodplain lake. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11), 1–12.
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., ... & Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 189–195.
- Chatterjee, S., & Sharma, S. (2019). « Effets sur la santé marine des microplastiques présents dans nos océans ». *Facts Reports – Revue de l’Institut Veolia*, n°19, pp. 54–61.
- Chatterjee, S., & Sharma, S. (2019). « Effets sur la santé marine des microplastiques présents dans nos océans ». *Facts Reports – Revue de l’Institut Veolia*, n°19, pp. 54–61.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597.
- Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S., Ogido, M., & Fujikura, K. (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy*, 96, 204–212.
- Chatterjee, S., & Sharma, S. (2019). Microplastics in our oceans and marine health. *Field Actions Science Reports*, Special Issue 19, 54–61.
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2199–2204.
- Courteney-Jones, W., Quinn, B., Gary, S., Mogg, A., & Narayanaswamy, B. (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 231, 271–280.
- Chatterjee, S., & Sharma, S. (2019). Microplastics in our oceans and marine health. *Field Actions Science Reports*, Special Issue 19, 54–61.
- CWHC. (2019). Ingestion de microplastiques chez les animaux sauvages. Centre canadien coopératif de la santé de la faune.
- Dissaux (2017-2018). Optimisation dans la conception architecturale [Mémoire de fin d’études, Université de Liège]. Liège.
- da Costa, J. P., Santos, P. S. M., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2016). (Nano)N plastics in the environment – sources, fates and effects. *Science of The Total Environment*, 566, 15–26.
- de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., & Futter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: what do we know and where should we focus our efforts in the future? *Science of the Total Environment*, 645, 1029–1039.

Références Bibliographiques

- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment. *Environmental Pollution*, 219, 114–122.
- Diouf-Lewis, A., Commereuc, S., & Verney, V. (2018). Biowastes from wine as natural additive of polyolefins: Thermo- and photo-oxidation efficiency. *Journal of Applied Polymer Science*, 135, 46607.
- Egger, M., Sulu-Gambari, F., & Lebreton, L. (2020). First evidence of plastic fallout from the North Pacific Garbage Patch. *Scientific Reports*, 10, 7495.
- Encyclopædia Universalis. (2023). *Plastique – Matière plastique*.
- FAO (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals*. FAO, Rome.
- Galgani F., Poitou I. & Colasse L. (2013). *Une mer propre, mission impossible ? 70 clés pour comprendre les déchets en mer*. Éditions Quae.
- Galgani F., Poitou I. & Colasse L. (2013). *Une mer propre, mission impossible ? 70 clés pour comprendre les déchets en mer*. Éditions Quae.
- Groupe CPCA (années 1980–1993). *Revue de la pollution dans l’environnement aquatique africain*. FAO Rapports sur les pêches 369, 437, 471 & 502.
- GESAMP (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part two of a global assessment (Rapport GESAMP no. 93, 220 p.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- GESAMP (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. *GESAMP Reports and Studies No 93*, IMO/FAO/etc., 221 p.
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179.
- GESAMP. (2016). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part two of a global assessment*. (Reports and Studies GESAMP No. 93).
- Gerigny, O., Blanco, G., Lips, U., Buhhalko, N., Chouteau, L., Georges, E., Meyers, N., Vanavermaete, D., Galgani, F., Ourgaud, M., Papillon, L., Sempéré, R., & De Witte, B. (2024). Comparative analysis of microplastics detection methods applied to marine sediments: A case study in the Bay of Marseille. *Marine Pollution Bulletin*, 207, 116787.

Références Bibliographiques

- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060–3075.
- Hartmann et al, (2022). Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris. *Environmental Science & Technology*, 53(3), 1039–1047.
- 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(6223), 768–771.
- Julienne, F. (2019). Fragmentation des plastiques : effet de l'environnement et de la nature du polymère sur la taille et la forme des fragments générés [Thèse de doctorat, Université du Mans]. Le Mans Université, Institut des Molécules et Matériaux (IMMM), 2019.
- Kim et al. (2017). Mixture toxicity of nickel and microplastics with different functional groups on *Daphnia magna*. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12852–12858.
- Kukulka, T., Proskurowski, G., Morét-Ferguson, S., Meyer, D. W., & Law, K. L. (2012). The effect of wind mixing on the vertical distribution of buoyant plastic debris. *Geophysical Research Letters*, 39(7), L07601.
- Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A. and Janssen, C.R. (2016) 'Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: Critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies', *Environmental Pollution*, 212, pp. 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.058>
- Mario Cerqueira (2025). Etude de l'abondance et de la composition des déchets marins sur une plage de sable rurale au Portugal Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Volume 11, June 2025
- La Nouvelle République (LNR-DZ). (2022, 1er septembre). « L'Algérie consomme le plastique avec une facture pesante ». La Nouvelle République Algérie.
- Lebreton, L. et al. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8, Article 4666.
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, 15611.
- Li, X., et al. (2021). Adsorption behavior of organic pollutants on microplastics. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, doi:10.1016/j.colsurfb.2021.111789
- Liang, B., Gao, S., Wang, Z., Shu, R., Wang, N., Tan, W., Gao, C., & Zhang, S. (2023). Spatial distribution characteristics of microplastics in the seawater column and sediments of the artificial reef area and adjacent water in Haizhou Bay. *Science of the Total Environment*, 900, 166 236.
- Mathalon, A., & Hill, P. (2014). Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 69–79. ht

Références Bibliographiques

- Nadiope & Mohamed (2024). Technical guideline – Transboundary environmental issues... Shared Freshwater Ecosystems in Africa. AU-IBAR.
- OSPAR Commission. (2017). Guidelines for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area (OSPAR Agreement 2010-02). OSPAR Commission.
- Pikuda et al. (2019). Toxicity assessments of micro- and nanoplastics can be confounded by preservatives in commercial formulations. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(1), 21–25.
- Pan et al. (2019). Microplastics in the Northwestern Pacific: abundance, distribution, and characteristics. *Science of the Total Environment*, 650, 1913–1922.
- PlasticsEurope. (2021). *Plastics – the Facts 2021*.
- Rédaction 24HDZ. (2021, 16 mars). « Algérie : l'Algérie consomme 7 milliards de sacs en plastique par an ». 24HDZ.
- Rummel, C. D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., Schmitt-Jansen, M., Toorman, E., & MacLeod, M. (2017). Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment. *Environmental Science & Technology Letters*, 4(7), 258–267.
- Research, 173, 115577.
- Rochman, C.M., Hoh, E., Kurobe, T. and Teh, S.J. (2013) 'Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress', *Environmental Science & Technology*, 47(15), pp. 881–888.
- Statista (2025). Plastics production volume worldwide forecast. Statista.
- Science History Institute. (2020). *The Science of Plastics*.
- Sharma & Chatterjee (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530–21547.
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530–21547.
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530–21547.
- St-Louis, V. L., Payette, P., & Hunter, K. A. (2021). Presence and distribution of microplastics in freshwater ecosystems: a review. *Environmental Science & Technology*, 55(10), 6201–6214.

Références Bibliographiques

- Turner, A., Holmes, L., Thompson, R. C., & Fisher, A. (2020). Metals and marine microplastics: Adsorption from the environment versus addition during manufacture, exemplified with lead. *Water*
- Tang, J., Ni, X., Zhou, Z., Wang, L., & Lin, S. (2018). Acute microplastic exposure raises stress response and suppresses detoxification and immune capacities in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. *Environmental Pollution*, 243, 66–74.
- UNEP. (2016). *Marine plastic debris and microplastics: Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. United Nations Environment Programme.
- Vlachogianni, T., & Nachite, D. (2024). Microplastics in water systems: A review of occurrence, fate, impacts and removal technologies. *Heliyon*, 10(5), Article e01566.
- Véron, J. (1996, octobre). « Population mondiale : l'horizon 2025 reconsidéré ». *Population & Sociétés (Ined)*, n° 317.
- Wright et Kelly (2017). Plastic and human health: a micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51(12), 6634–6647.
- Wenneker & Oosterbaan (2010). *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area (Éd. 1.0)*, OSPAR Commission, London, UK, 15 pp. & annexes.
- Wenneker & Oosterbaan (2010). *Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area*. OSPAR Commission, London, UK, version 1.0, accord n° 2010-02, ISBN 90 3631 973 9, 15 pp.
- Waldschläger, K. L., & Schüttrumpf, H. (2019). Effects of particle properties on the settling and rise velocities of microplastics in freshwater under laboratory conditions. *Environmental Science & Technology*, 53(4), 1958–1966.
- Walkinshaw, C., Lindeque, P. K., Thompson, R. C., Tolhurst, T., & Cole, M. (2020). Microplastics and seafood: Lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110066.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la pollution plastique dans les écosystèmes côtiers, notamment dans la baie de Béjaïa (Algérie), en examinant à la fois les macroplastiques visibles et les microplastiques microscopiques non visibles au sein des sédiments marins. Trois sites ont été sélectionnés en fonction de leur contraste en termes de pression anthropique et d'hydrodynamique (Aokas, Sidi Ali Labhar et Melbou). Les échantillons de déchets solides ont été prélevés sur des transects de 10m sur 10m de côte, mais les microplastiques ont été séparés à partir de sédiments selon deux protocoles distincts (manuel à la loupe et séparation par densité NaCl). Les résultats ont montré une domination extrêmement élevée des plastiques aux macro-déchets, dont Aokas a été le plus pollué suivi de Sidi Ali Labhar puis Melbou.

En ce qui concerne les microplastiques, des morceaux de particules fibreuses, généralement transparentes, ont été détectés sur tous les sites avec des disparités granulométriques et chromatiques notables. La recherche confirme que les apports fluviaux (oueds), les activités anthropiques (tourisme, gestion des déchets) et les flux marins influencent directement la propagation et la structure des déchets. Ces résultats confirment l'hypothèse importance de la surveillance environnementale et soulignent la nécessité de mettre en place des politiques fortes de gestion des déchets pour sauvegarder les zones côtières.

Mots clés : Pollution marine, macroplastiques, microplastiques, sédiments, baie de Béjaïa, apports fluviaux, protocole d'extraction.

Abstract

This work is part of an assessment of plastic pollution in coastal ecosystems, particularly in the Bay of Béjaïa (Algeria), by examining both visible macroplastics and non-visible microscopic microplastics within marine sediments. Three sites were selected on the basis of their contrast in terms of anthropogenic pressure and hydrodynamics (Aokas, Sidi Ali Labhar and Melbou). Solid waste samples were collected along 10m by 10m transects of coastline, but microplastics were separated from sediments using two separate protocols (hand-lensing and NaCl density separation). The results showed an extremely high dominance of plastics over macro-waste, with Aokas being the most polluted, followed by Sidi Ali Labhar and Melbou.

With regard to microplastics, pieces of fibrous particles, generally transparent, were detected at all the sites, with notable disparities in granulometry and colour. The research confirms that river inputs (wadis), human activities (tourism, waste management) and marine flows have a direct influence on the spread and structure of waste. These results confirm the importance of environmental monitoring and underline the need for strong waste management policies to safeguard coastal areas.

Key words : Marine pollution, macroplastics, microplastics, sediments, Béjaïa Bay, river inputs, extraction protocol.