N° d'ordre : / /2015

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Sciences de la Mer

Option : Environnement Marin

Thème :

Contribution à L'Étude de la Pollution par les Micro-plastiques dans la Baie de Bou-Ismail

Présenté par : Mlle. AMENOUCHE Shara & Mlle. DOUMANDJI Nezli

Soutenu le 2 Septembre 2015, devant le jury composé de :

Mme. HOUMA BACHARI F	Professeur (ENSSMAL)	Présidente
M. HAMDI B.	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
Mme. GHAZI M.	Docteur (ENSSMAL)	Co-Promotrice
Mme. CHERNAI S.	Maître de Conférences A (ENSSMAL)	Examinatrice
Melle. LOUANCHI F.	Professeur (ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion 2014/2015

Remerciements

Au terme de ce mémoire, il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements aux personnes ayant contribué de près ou de loin, à leur manière et à des degrés différents, à l'élaboration et à l'accomplissement de ce mémoire.

En premier lieu nous remercions notre encadreur le Professeur **B.HAMDI**, d'avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples occupations et de nous avoir fait confiance jusqu'au bout.

Merci à Mme **M.GHAZI** pour ses précieux conseils.

Nous tenons à remercier Mme **HOUMA-BACHARI** de nous avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury, qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect, Un grand merci également à Mlle **F. LOUANCHI** et Mme **CHERNAI-HAMDI** qui ont bien voulu faire partie du jury et d'apporter leurs vives contributions à l'enrichissement de ce travail par leurs commentaires constructifs, leurs bon sens et leurs expérience.

Le présent travail est le fruit des efforts conjugués de tant de personnes à qui on voudrait exprimer nos plus vifs remerciements :

Un grand merci à tous les professeurs et corps pédagogique qui ont contribué à notre formation durant ces cinq années passées à l'ENSSMAL.

Merci à Mr **TARMOUL** ainsi qu'à Mr. **AZZOUZ** pour leur disponibilité et leur aide.

Un remerciement spécial à toute l'équipe des doctorants (**ABBAD, OTMANI, KHAZIMI, KHELIL, KERAGHEL, ZEROUKI, HARID, AIT KACI, ATROUS)** pour leur aide inestimable.

Merci également à l'ensemble des ingénieures du laboratoire de l'ENSSMAL et de Sidi Fredj, à l'équipage du « Baba Arroudj », ainsi qu'aux bibliothécaires de l'école pour leur dévouement et leur collaboration.

Un dernier remerciement à l'ensemble des collègues et amies de promotion, on dit merci pour ces belles années d'amitié précieuse.

Dédicaces

À ma mère et mon père,

Pour leurs sacrifices durant toutes ces années.

À ma famille, Ma sœur, mes frères,

Aux amis(es) qui sont devenu de la famille

(Ma Marraine, mon Parrain, mon Tonton, mon Frère, ma Tata)

Pour leur aide et soutien moral qui m'a été d'un ***Grand*** *secours.*

À tous mes amis(es)et aux membres du CEE.

Pour ces 5 années inoubliables.

À ma très chère amie et binôme,

*Avec laquelle j'ai partagé cette expérience avec énormément de moments d'émotion ^_^*

MERCI

Shara

Dédicaces

*À mes parents **Mohamed Lamine** et **Meriem**,*

Qui ont beaucoup sacrifié pour mon éducation et qui n'ont jamais cessé de croire en moi.

*À mes sœurises, **Zahra** et **Yasmine**,*

Pour leur soutien infaillible, leur confiance et leur amour infini.

*A Tonton **Yacine**, un oncle en Or,*

Pour tout ce que tu as fait pour moi.

*À ma chère amie et binôme **Shara**,*

Pour tous les moments partagés et les bêtises accomplies ensembles :D.

À mes amis proches,

***Yaya, Sara, et Mohamed** qui ont contribué de très près à l'accomplissement de ce travail par leur soutien et leur présence dans les bons et les mauvais moments, Grace auxquels j'ai pu tenir jusqu'au bout.*

À mes amis de l'ENSSMAL,

***Katchy, Saw, Nassim, Fairouz, Zinou, Nazim, Nadjeeb, Nana, Selma** … J'en oublie beaucoup et une page ne peut tous les contenir, ils se reconnaitront j'espère.*

Aux membres du CEE,

Qui sont comme une deuxième famille pour moi.

Et à toutes les personnes qui ont contribué de près à l'aboutissement de cet humble travail.

Nezli

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des acronymes

Introduction 12

1 Généralités 15

1.1 Définition 15

1.2 Prise de conscience 17

1.3 Principales caractéristiques des matières plastiques 18

1.4 Origines 20

1.5 Dégradation 21

1.6 Impacts connus 23

2 Zone d'étude 27

2.1 Présentation de la baie de Bou-Ismaïl 27

2.2 Réseau hydrographique 27

2.3 Climatologie 29

2.4 Hydrodynamique 30

2.5 État actuel de la pollution dans la baie 31

3 Matériel et méthode 36

3.1 Techniques de prélèvement 36

3.2 Conception et test du filet Manta 37

3.3 Quantification 47

4 Résultat et discussion 54

Conclusions et perspectives 63

Bibliographie 66

Liste des figures

Figure 1: Exemple de microplastiques 15

Figure 2: Microplastiques primaires- billes 16

Figure 3: Microplastiques secondaires-fragments 16

Figure 4: Filet Manta source (Maryland, 2014) 16

Figure 5: Biofilm formé par Rhodococcus ruber C208 sur la surface de polyéthylène UV photo-oxydée, observé au microscope électronique à balayage. Initiation de la biodégradation détectée dans les 3 jours. Contrôle : Surface non inoculée (Sivan, 2011) 22

Figure 6: Ingestion de microplastiques par des zooplanctons (Cole, et al., 2011). 23

Figure 7: Espèces observées sur les déchets plastiques par microscopie électronique à balayage (µm). (a) Diatomée pennée ; (b) Cyanobactérie filamenteux ; (c) Cilié couvert de bactéries symbiotiques (encart), Diatomées, bactéries et autre cellules ; (d) Cellules microbiennes épousant la surface de l'échantillon plastique (Anthony, et al., 2015). 24

Figure 8 : Bouteilles, rade de Nice (www.Bouteillesalamer.org, 2012). 25

Figure 9: Carte de présentation de la zone d'étude. 27

Figure 10: Carte des réseaux hydrographiques de la baie de Bou-Ismail. 28

Figure 11: Température mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou-Ismail (ONM 2014) 29

Figure 12: Ensoleillement mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou Ismail (ONM 2014). 29

Figure 13: Précipitation mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou-Ismail (ONM 2014) 30

Figure 14: Principaux points de rejet d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (PAC, 2005 in Khazimi, 2010). 33

Figure 15: Le filet Avani (A), Le filet Manta (B). 37

Figure 16: Image des deux parties du filet Manta 38

Figure 17: Dimensions du socle. 41

Figure 18: Principales modifications apportées à la structure métallique. 42

Figure 19: Dimensionnement du filet (Tarmoul 2015). 43

Figure 20: Dimensionnement des collecteurs (Tarmoul, 2015). 43

Figure 21: Image récapitulative des différentes parties du filet (A) : socle - (B) : filet - (C) : collecteur - (C-1) : collecteur en PVC (C-2) : collecteur en tissu. 44

Figure 22: Test 1 du socle au bord de la plage de Sidi Fredj. 45

Figure 23: Teste 2 du socle sur bateau, avec variation de la longueur de la corde 45

Figure 24: Localisation des stations de prélèvement. 47

Figure 25: Protocole de Collecte des Microplastiques en mer. 49

Figure 26: Méthode de quantification des Microplastiques. 51

Figure 27: Méthode de pesage (illustrations Emma Lidbury en partenariat avec Ifremer Toulon). 52

Figure 28: Filet Manta (ENSSMAL). 54

Figure 29: Résultat du test 1. 54

Figure 30: Le comportement du filet Manta avec la variation de la longueur de la corde..... 55

Figure 31 : Représentation de la quantité de débris dans chaque station. 56

Figure 32: Répartition des déchets dans la baie 56

Figure 33: Types de débris collectés : poids (1), quantité (2). 58

Figure 34: Évolution de l'abondance des microplastiques et des macroplastiques dans les stations. 59

Figure 35: Filet Manta avec ses différentes composantes. 72

Figure 36: Vue générale des éléments du filet Manta. 73

Figure 37: Dimensionnement du socle. 74

Figure 38: Dimensionnement des différentes composantes du cadre. 75

Figure 39: Dimensionnement des différentes composantes des ailes. 76

Figure 40: Dimensionnement de la gaine. 77

Figure 41: Dimensionnement du filet. 78

Figure 42: Dimensionnement des différentes composantes du filet. 79

Figure 43: Dimensionnements des collecteurs. 80

Figure 44: Dimensionnements des collecteurs 81

Figure 45: Protocole de collecte et comptage des microplastiques flottants en méditerranée. 85

Figure 46: Protocole de collecte et comptage des microplastiques flottants en méditerranée. 85

Liste des tableaux

Tableau 1: Types et densités de plastique courants 19

Tableau 2: Tableau récapitulatif des débits 28

Tableau 3: Rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (Étude d'aménagement du littoral. Wilaya Tipaza Synthèse-bilan diagnostic, 2006). 31

Tableau 4: Les activités polluantes en baie de Bou-Ismaïl (étude d'aménagement du littoral. Wilaya Tipaza Synthèse-bilan diagnostic, 2006). 32

Tableau 5: Résumé des 'informations collectées sur les dimensionnements 39

Tableau 6:Synthèse des résultats statistiques. 57

Tableau 7: Synthèse des résultats entre les deux études. 60

Tableau 8: Feuil de recueil des données des stations de la campagne de Juin 2014 dans la baie de Bou-Ismail. 82

Tableau 9: Les observations au niveau des différentes stations 83

Tableau 10: Synthèse des résultats obtenu 84

Liste des acronymes

ENSSMAL	École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du littoral
NOWPAP	The North Pacific Action Plan
ANRH	Agence Nationale des Ressource Hydrique
ONM	Office National Météorologique
ANIREF	Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière
µP	Microplastique
MP	Macroplastique
SIO	Scripps Institution of Oceanography
MBC	Marine Biodiversity and Conservation

Introduction

Introduction

Suite aux changements importants dus à la demande croissante et à l'industrialisation, la production ainsi que la consommation mondiale en plastique ont connu une augmentation exponentielle ces dernières années, pour atteindre en 2013 les 300 millions de tonnes (plasticseurope, 2015). La consommation excessive de ces produits a induit un accroissement des déchets plastique dans le milieu naturel et donc de la pollution associée.

Au niveau international, différentes études sur les microparticules résultant de la dégradation des plastiques ont été effectuées ou sont en cours de réalisation. Des organisations comme "*Algalita Research Organization*" où "*Five gyres*" mènent depuis plusieurs années des expéditions dans les quatre coins du monde tel que « *North Pacific Gyre Expedition* ou *The 2015 Sea Change Expedition* ».

En méditerranée, c'est l'*Expédition MED* et *TARA Expéditions* qui pilotent les recherches scientifiques sur ce sujet. **Cependant, le bassin Algérien n'a jamais était référencé. De ce fait, il parait nécessaire de déterminer le niveau de sa pollution en microplastique.**

Embarquer sur un sentier ou les études préalables sont limitées requiert une préparation minutieuse du point de vu logistique et matériel technique.

En effet, l'étude de la pollution par les microplastiques en surface nécessite un filet particulier dit : « Filet Manta », ce dernier n'est pas disponible en Algérie et onéreux à l'étranger.

Ces inconvénients ont déterminé les différents axes de notre travail, à savoir :

- La conception du filet Manta au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL.
- Travaux sur terrain : les campagnes de prélèvement en mer.
- Travaux an laboratoire : la quantification des microplastiques présents dans les échantillons prélevés.

Cette étude viendra aussi enrichir, les données au niveau de la baie de Bou-Ismail sur un nouveau type de pollution, et contribuera à la création d'un pôle de recherche sur cette thématique.

Introduction

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres, organisés comme suit :

Chapitre I : Des généralités sur le thème abordé, ainsi que la présentation de notre zone d'étude.

Chapitre II : Divisé en deux parties,

- La première partie est une synthèse bibliographique sur les différents dimensionnements du « Filet Manta », les étapes de sa conception ainsi que les différents tests y afférents.
- La deuxième partie comprend le matériel et les méthodes utilisés lors des campagnes sur terrain pour les prélèvements, ainsi que lors des travaux au laboratoire.

Chapitre III : Comporte les résultats obtenus dans cette étude et leurs interprétations.

Chapitre 1

Généralités

1 Généralités

1.1 Définition

1.1.1 *Le plastique*

Le terme plastique vient du mot grec «plastikos» signifiant « malléable ». Les plastiques sont définis comme des polymères non-métalliques fabriqués par l'Homme, de poids moléculaire élevé, et constitués de répétition de macromolécules (Bowmer et Kershaw, 2010).

Ils désignent une famille importante de plus de 700 types de matières fabriquées à partir de combustibles fossiles (produits pétroliers) ou de cellulose. Le pétrole est raffiné, distillé, ce qui permet d'obtenir des chaînes de molécules qu'on appelle les polymères.

Pour leur donner les caractéristiques qui répondent aux besoins quotidiens, on y ajoute des éléments (chlore, azote, etc.) sous forme d'additifs ou adjuvants.

1.1.2 *Les microplastiques*

Le terme « microplastiques », employé pour la première fois par Thompson en 2004, désigne des particules de plastique dont la dimension ne dépasse pas les 5 mm (Arthur et Baker, 2012). Cependant, une classification est parfois faite entre les plus petits (< 1 mm) et ceux dont la dimension est comprise entre 1-5 mm (Imhof, et al., 2012).

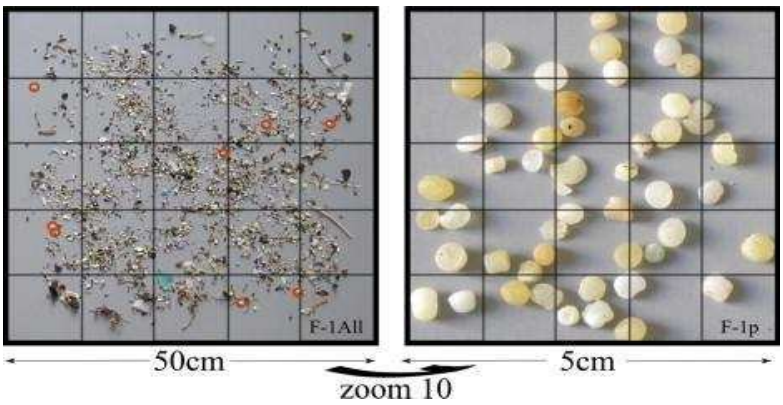


Figure 1: Exemple de microplastiques

Dans l'environnement, on peut observer deux types de microplastiques ; les primaires et les secondaires.

1.1.2.1 Les microplastiques primaires *:*

Ce type comprend les granules de plastique qui sont microscopiques à la fabrication (sortie d'usine), généralement utilisées en cosmétique (Zitko et Hanlon, 1991 in Cole, 2011) et en médecine (Patel et al., 2009 in Cole, 2011).

Figure 2: Microplastiques primaires- billes

1.1.2.2 Les microplastiques secondaires :

Cette fraction correspond aux minuscules fragments de plastique provenant de la décomposition de gros débris, à la fois en mer et sur terre (Ryan et al.,2009 , Thompson et al., 2004, in Cole, 2011)

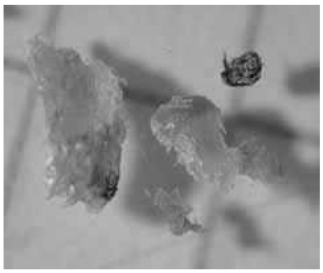


Figure 3: Microplastiques secondaires-fragments

1.1.3 *Le Filet Manta*

Le filet Manta, aussi appelé Chalut Manta, est un dispositif tracté, servant à collecter dans les eaux de surface (20 premiers centimètres) des microplastiques. Sa dénomination « MANTA » vient des deux ailes flottantes qui lui donnent l'allure d'une raie Manta.

Ce filet a été utilisé pour la première fois par les équipes de la SIO et MBC pour le prélèvement du plancton. Mais ce n'est qu'en 1999 qu'Algalita Research Organization l'utilise pour le prélèvement de microparticules plastiques dans le gyre Nord Pacifique.

Figure 4: Filet Manta source (Maryland, 2014)

1.2 Prise de conscience

L'histoire des matières plastiques remonte à 1600 av. J. –C, mais c'est surtout à partir du XXème siècle, avec la mise au point du plastique synthétique, que leur utilisation s'est développée.

Dans un premier temps, le plastique fut considéré comme non assimilable par les organismes vivants et non dangereux pour l'environnement, mais avec la découverte édifiante de larges masses de plastique omniprésentes et persistantes dans les océans du globe et dans l'estomac de certaines espèces, il devenait nécessaire d'estimer l'étendue de cette pollution planétaire.

C'est dans les années 1970 que des fragments plastiques ont été observés pour la première fois (Carpenter , et al., 1972), mais la sonnette d'alarme n'a été tirée qu'en 1997, lorsque le navigateur américain, Charles J. Moore, découvre dans l'une des régions les plus éloignées de l'océan (le gyre du Pacifique-Nord) une grande concentration de déchets plastiques (expedition-7eme-continent, 2012). Son étude de 1999 a montré qu'il y avait six (6) fois plus de plastique que de zooplancton dans cette partie de l'océan.

Jusque-là, les recherches qui concernaient ces polluants étaient surtout portées sur l'accumulation des macroplastiques, et il était déjà largement reconnu qu'ils causaient divers problèmes. Par la suite ; elles se sont axées sur l'accumulation des microplastiques notamment sur les berges, les plages et les fonds des divers milieux marins, y compris ceux éloignés des zones habitées et industrielles.

Des campagnes d'échantillonnage en Méditerranée ont été mises en place par des programmes de recherches tels que Expédition MED (les cinq dernières années), Tara Méditerranée (2014), dans le but de :

- Collecter l'information relative à la dispersion des microplastiques.
- Déterminer les zones de leurs concentrations.
- Caractériser la pollution.
- Évaluer l'impact sur la santé et le fonctionnement des écosystèmes.
- Créer une base de données nécessaires aux études de modélisation permettant de prédire la distribution spatiale du plastique.

1.3 Principales caractéristiques des matières plastiques

1.3.1 *Caractéristiques chimiques*

Les longues chaînes moléculaires de carbone donne au plastique des caractéristiques uniques (dureté, souplesse, malléabilité, solidité, transparence, élasticité, … etc).

Ses principales propriétés intrinsèques comprennent la flexibilité, la résistance à la corrosion, la résistance au choc et à l'eau, ainsi qu'une imperméabilité à l'air (Gordon, 2006).

Deux groupes de matières plastiques sont distingués : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

Le premier groupe peut être à plusieurs reprises ramolli et durci par refroidissement, ce qui signifie qu'il peut être réutilisé à plusieurs reprises.

Le second groupe, soit les plastiques thermodurcissables, durcissent de façon permanente après avoir été chauffé : une fois fabriqués, ils sont indéformables sous l'effet de la chaleur ; ainsi en raison de leur point de fusion élevé ils sont utilisés principalement pour résister à de grandes chaleurs. (NOWPAP, 2007).

Les plastiques peuvent également être vecteurs de polluants hydrophobes, leur affinité avec ces derniers dépend des caractéristiques de chacun, tout comme leur vitesse de désorption et celle du lessivage de leurs additifs (Bakir, et *al*., 2012). Ces dernières semblent accélérées en conditions physiologiques (Bakir, et *al*., 2014) même si des recherches supplémentaires sont nécessaires.

1.3.2 *Caractéristiques physiques*

Les caractéristiques physiques de la plupart des plastiques, présentent une haute résistance au vieillissement et une biodégradation minimale (Moore, 2008). En effet, Ils se fragilisent très lentement en se fragmentant en de petites particules au fil du temps (microplastiques). Réduits à la taille de poussière, ils sont omniprésents et leur persistance amène à leur accumulation dans l'environnement.

Généralités

De nombreux corps en plastique flottent, parce qu'ils sont constitués d'un matériau polymère léger, dont la densité détermine le comportement dans la nature.

Le tableau ci-dessous présente les densités de certains matériaux ; qui se trouvent être proches de celle de l'eau de mer (1,028g cm^{-3}), ceci peut avoir une conséquence sur la répartition de ces plastiques dans la masse d'eau.

Tableau 1: Types et densités de plastique courants

Type	***Densité ($g.cm^{-3}$)***
Le polyéthylène (PE)	0,917−0,965
Le polypropylène (PP)	0,9−0,91
Le polystyrène (PS)	1,04−1,1
Les polyamides (PA)	1,02−1,05
polyester	1,24−2,3
Acrylique	1,09−1,20
polyoxyméthylène (POM)	1,41−1,61
polyvinyle alcool	1,19−1,31
Le polychlorure de vinyle (PCV)	1,16−1,58
poly méthylacrylate	1,17−1,20
le polyéthylène téréphtalate (PET)	1,37−1,45
Alkyde	1,24−2,10
polyuréthane	1,2

1.4 Origines

Le rejet de matières plastiques dans l'environnement est le résultat d'une gestion inappropriée des déchets, du comportement humain impropre, ou d'une pollution accidentelle (Barnes et *al*, 2009).

Annuellement, on estime qu'environ 7,3 millions de tonnes de débris solides sont rejetés à la mer ou perdus par les navires (Jambeck, et *al*., 2015). Approximativement 12% de ces débris sont des plastiques (SWEEP-NET, 2014)

Les principales origines de ces déchets sont les suivantes :

1.4.1 *Origine tellurique*

Les sources terrestres estimées à 80% dominent l'intrusion des déchets plastiques dans l'environnement marin (Hammer, et *al*., 2012); ainsi une quantité importante mais non quantifiable est injectée dans l'hydrosphère souvent à travers :

- Les décharges municipales côtières par le biais de sites mal gérés ou illégaux qui vont aggraver cette pollution du fait que sous l'influence du vent, les déchets vont être déplacés vers la mer.
- Les rejets d'eaux usées et eaux pluviales non traitées sont déversés dans les cours d'eau ou directement en mer. Ils transportent une quantité importante de déchets solides incluant les plastiques.
- Les déchets d'installations industrielles perdus accidentellement, ou de rejets intentionnels, …
- Les activités touristiques côtières illustrées par tous types de débris laissés par les estivants sur les plages (Hammer, et *al*., 2012).

1.4.2 *Origine océanique*

Les principales sources de pollution par le plastique d'origine océanique, sont évaluées à 20% et proviennent des :

- Décharges des navires : Les débris sont volontairement rejetés par insuffisance d'installations de stockage ou par négligence. Comme ils peuvent être perdus accidentellement lors de manipulations imprudentes ou de mauvais temps (Hammer, et *al*., 2012).

- Plates-formes pétrolières ou gazières offshore : Les tuyaux de forage, du matériel de protection, et même du matériel médical sont perdus des plates-formes offshores (Hammer, et *al*., 2012).
- Engins et matériel de pêche abandonnés : les navires de pêche mis au rebut, ainsi que les cordages, filets et autres matériels jetés volontairement ou accidentellement à l'eau.

1.5 Dégradation

En règle générale, les plastiques ne se dégradent pas naturellement lorsqu'ils sont libérés dans l'environnement car l'une des principales raisons de la popularité et l'application généralisée de nombreux polymères est leur exceptionnelle stabilité et durabilité (Bonhomme, et *al*., 2003).

Il existe quatre mécanismes par lesquels les plastiques se dégradent dans l'environnement :

La photodégradation, la dégradation thermo-oxydative, la dégradation par hydrolyse et la biodégradation par les micro-organismes (Andrady, 2011).

1.5.1 *La photo-dégradation*

Les matières plastiques se décomposent en premier lieu par la dégradation photo-oxydative activée par le rayonnement solaire. L'effet de ces rayonnements dépend de leur longueur d'onde.

En effet, l'énergie spectrale du rayonnement solaire atteignant la surface de la terre se situe entre 298 nm dans la région Ultraviolet (UV) et 2500 nm dans la région du proche infrarouge. La plupart des dégradations photo-oxydatives se produisent dans les courtes longueurs d'onde (280nm-420nm). Ces derniers sont capables de briser des liens solides (Hammer, et *al*., 2012). Ainsi l'effet du rayonnement solaire sur le plastique dépend de la longueur d'onde du rayonnement, de la force des liens à l'intérieur du polymère (Andrady, 2003) mais aussi de la présence de chromophores[1] qui peuvent absorber des longueurs d'onde plus longue que 290 nm.

[1] Un chromophore est un groupe chimique capable d'absorption sélective de lumière résultant de la coloration de certains composés organiques aromatiques.

1.5.2 *La dégradation thermo-oxydative*

La lumière ultraviolet du soleil fournit l'énergie d'activation nécessaire afin d'initier l'incorporation d'atomes d'oxygène dans le polymère (Raquez, et *al*., 2011). Cela fragilise le plastique et le conduit à se fragmenter en particules de plus en plus petites, jusqu'à ce que les chaînes polymères atteignent un poids moléculaire suffisamment faible pour être métabolisées par les micro-organismes (Andrady, 2011).

1.5.3 *La biodégradation*

Elle est due à des organismes vivants. Ces derniers convertissent le carbone des chaînes de polymère en dioxyde de carbone ou l'incorporent dans des biomolécules (Andrady, 2011).

La bio-détérioration peut être engendrée par l'action mécanique du biofilm bactérien qui se forme à la surface du plastique (Figure 5) et qui va pouvoir agrandir les fissures déjà présentes (Bonhomme, et *al*., 2003). Une dégradation chimique peut également être orchestrée par la grande diversité des espèces présentes dans le biofilm, telle que la production de composés acides par les bactéries chimiolithotrophes et chimioorganotrophes.

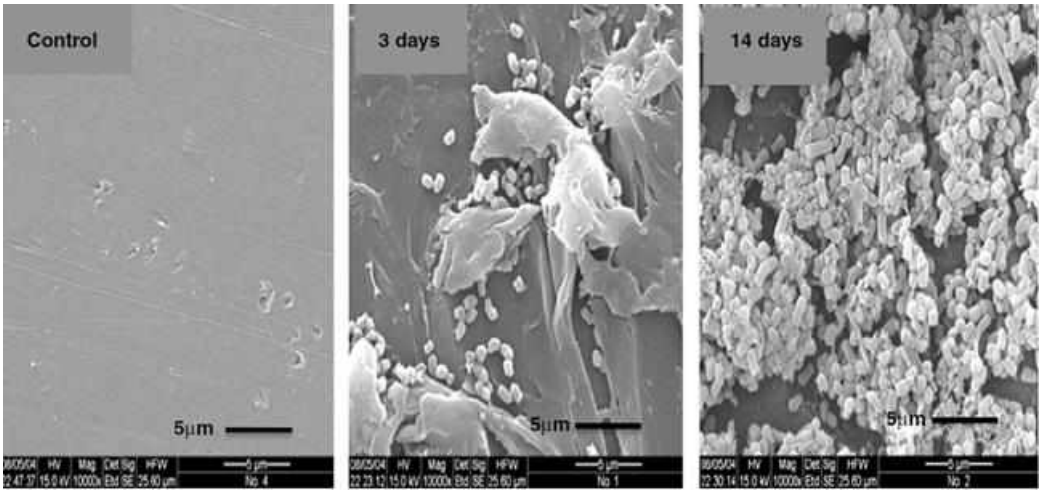


Figure 5: Biofilm formé par Rhodococcus ruber C208 sur la surface de polyéthylène UV photo-oxydée, observé au microscope électronique à balayage. Initiation de la biodégradation détectée dans les 3 jours. Contrôle : Surface non inoculée (Sivan, 2011).

1.5.4 *La dégradation par hydrolyse*

L'humidité élevée accélère le taux de dégradation de plusieurs classes de plastiques (Davis et Sims., 1983).Ceci peut être provoqué par la "plastification" de petites quantités d'eau absorbée menant à une plus grande accessibilité de la matrice avec l'oxygène atmosphérique ou par la lixiviation des additifs stabilisants contenu dans les particules.

Cependant, tous ces processus sont lents, le plastique peut prendre jusqu'à 50ans pour se dégrader totalement (Muller, et *al*., 2001). Ceci est encore plus difficile dans l'eau de mer, car l'effet photodégradatif est significativement diminué en raison des températures basses et de la faible disponibilité de l'oxygène (Andrady, 2011).

1.6 Impacts connus

1.6.1 *L'ingestion par les organismes marins*

L'ingestion de grandes pièces en plastique par les organismes marins, peut avoir plusieurs effets néfastes : un étouffement, des blessures internes ou externes, des plaies ulcéreuses, un blocage de la digestion, un faux sentiment de satiété, la famine, l'affaiblissement ou carrément, la mort (Gall et Thompson, 2015).

Nombreuses sont les études qui montrent la grande biodisponibilité des microplastiques en raison de leur faible taille, comparable à celle des sédiments ou du plancton et donc ingérables par des détritivores ou des planctophages (Wright, et *al*., 2013). Cependant, peu d'études les concernant sont réalisées contrairement aux macroplastiques (Dealencastro, et *al*., 2014).

En raison de leur petite taille, les microplastiques ont le potentiel d'être ingérés par un large éventail d'organismes, cette ingestion peut être soit :

- Directe, lorsque les espèces les confondent avec leur proie.
- Indirecte, par la consommation d'organismes qui ont eux-mêmes consommés des microplastiques (Browne, et *al*., 2008).

Figure 6: Ingestion de microplastiques par des zooplanctons (Cole, et al., 2011).

Des effets ont pu être mis en évidence chez certains organismes :

- Une réduction de l'alimentation ou faux sentiment de satiété due à l'accumulation de particules dans des cavités digestives, tel que constaté chez *A. marina* (Wright, et *al*., 2013a).
- Une réponse inflammatoire dans les tissus et réduction de la stabilité des membranes des cellules de l'appareil digestif chez *Mytilus edulis* (Van Moos, et *al*., 2012).
- Une diminution de la qualité des gamètes et donc de la reproduction pour certaines espèces tel que chez les huîtres *Crassostrea gigas* (Briand, 2014).

1.6.2 *Le transport par les espèces invasives*

Les déchets plastiques flottant sur les océans permettent aux petites créatures marines de se développer et de se déplacer. Le plastique peut voyager sur de longues distances, la faune et la flore marine ont ainsi la possibilité d'atteindre des régions où elles ne sont pas autochtones.

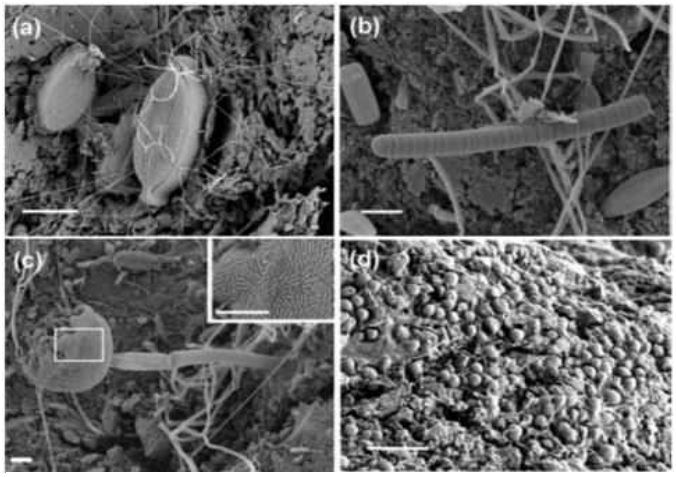


Figure 7: Espèces observées sur les déchets plastiques par microscopie électronique à balayage (µm). (a) Diatomée pennée ; (b) Cyanobactérie filamenteux ; (c) Cilié couvert de bactéries symbiotiques (encart), Diatomées, bactéries et autre cellules ; (d) Cellules microbiennes épousant la surface de l'échantillon plastique (Anthony, et al., 2015).

La lenteur du déplacement des emballages plastiques à travers les océans en fait un véhicule idéal. Les organismes ont tout le temps de s'adapter aux nouvelles conditions climatiques et à des eaux différentes.

Lorsque des organismes propres à un certain milieu sont transportés dans une autre partie du monde, cela peut poser un problème de taille pour l'environnement marin, s'ils s'y établissent. (Greenpeace).

1.6.3 *La bioaccumulation*

Le transfert de microplastiques dans la chaîne alimentaire se fait lors de l'ingestion par des prédateurs, de proies ayant consommé ces petites particules (Oceaneye, 2013).

Ils peuvent être vecteurs de polluants hydrophobes, les transporter et contribuer à leur entrée dans la chaîne trophique. Il peut s'agir, par exemple, des polychlorobiphényles ou PCB (Van Moos, et *al*., 2012 ; Rochman, et *al*., 2013a).

1.6.4 *La toxicité*

Une autre problématique majeure concernant les plastiques dans l'environnement est liée à leurs caractéristiques chimiques. Leurs additifs peuvent être lessivés dans l'environnement ou lors de leur ingestion (même temporaire), constituant une source secondaire de polluants (Barnes, et *al*., 2009 ; Lithner, et *al*., 2011).

Il peut s'agir notamment de phtalates (Fossi, et *al*., 2012), de nonylphénol ou encore de bisphénol A (Hirai, et *al*., 2011).

D'autres polluants pouvant être adsorbés sont les pesticides, composés organochlorés ou OCP comme la famille des DDT, les hydrocarbonés aromatiques polycycliques ou PAH issus de la combustion du pétrole ou de la fabrication du polystyrène expansé (Rochman, et *al*., 2013b) (Van Moos, et *al*., 2012).

1.6.5 *La modification des habitats*

La présence de plastique sur les fonds marin a pour conséquence la modification de la nature des fonds et peut engendre une hypoxie ; limitation des échanges gazeux et de lumière entre l'eau et les fonds) (Gregory, 2009 ; Moore, 2008).

Figure 8 : Bouteilles, rade de Nice (www.Bouteillesalamer.org, 2012).

Chapitre 2

Zone d'étude

2 Zone d'étude

2.1 Présentation de la baie de Bou-Ismaïl

La baie Bou-Ismaïl ou également orthographiée Bousmail, anciennement appelée Castiglione, se situe au centre de la côte algérienne dans la Wilaya de Tipaza, à 30 km à l'Ouest de la Wilaya d'Alger. Elle s'étale sur une superficie d'environ 509 Km², avec un linéaire côtier de plus de 60 Km et une ouverture de 48 Km. Son rivage, orienté à 60° N, est soumis à l'influence des houles d'Ouest et Nord-Ouest.

Notre zone d'étude est limitée à l'Ouest par le méridien du Mont Chenoua (2°25' E et 36°38'N), à l'Est par celui de Ras Acrata (2°55' E et 36°48' N), au Sud par la plaine de la Mitidja et au Nord la Méditerranée occidentale (figure n°9).

Figure 9: Carte de présentation de la zone d'étude.

2.2 Réseau hydrographique

La Baie de Bou Ismail est le réceptacle de trois oueds à régime irrégulier : Mazafran, Nador et Béni-messous.

Oued Nador : Il prend naissance à partir des Oueds Bou Yersen, Bou Haroun et Meurad. Il constitue la principale source de tous les apports solides et liquides du massif Chenoua (Braik, 1989). Étendu sur près de 230 km² avec un débit d'environ 0,89 m^3/s, cet oued débouche dans la baie du Chenoua, entre Djbel Chenoua et Tipaza (ANRH, 2013).

Oued Béni Messous : débouchant sur les plages des Dunes et d'EL Djamila, il prend naissance dans le massif de Bouzaréah en transportant lors de son transit essentiellement des résidus d'origine urbaine avec un débit avoisinant 0,245 m^3/s (Braik, 1989).

Oued Mazafran : il correspond au cours d'eau le plus important de la baie de Bou-Ismail, trois oueds lui sont afférents : Bou-Roumi, Chiffa et Djer. Il draine un bassin de près de 1900 km² avec des débits moyens pluriannuels atteignant 11,92 m^3/s en 2012. Cet oued débouche entre Douaouda et Zéralda vers la plage Colonel Abbas, et représente la limite administrative de la wilaya d'Alger (ANRH, 2013).

Tableau 2: Tableau récapitulatif des débits (ANRH, 2013)

Oueds	Débit liquide (m^3/s)
Oued Nador	0,89
Oued Béni Messous	0,245
Oued Mazafran	11,92

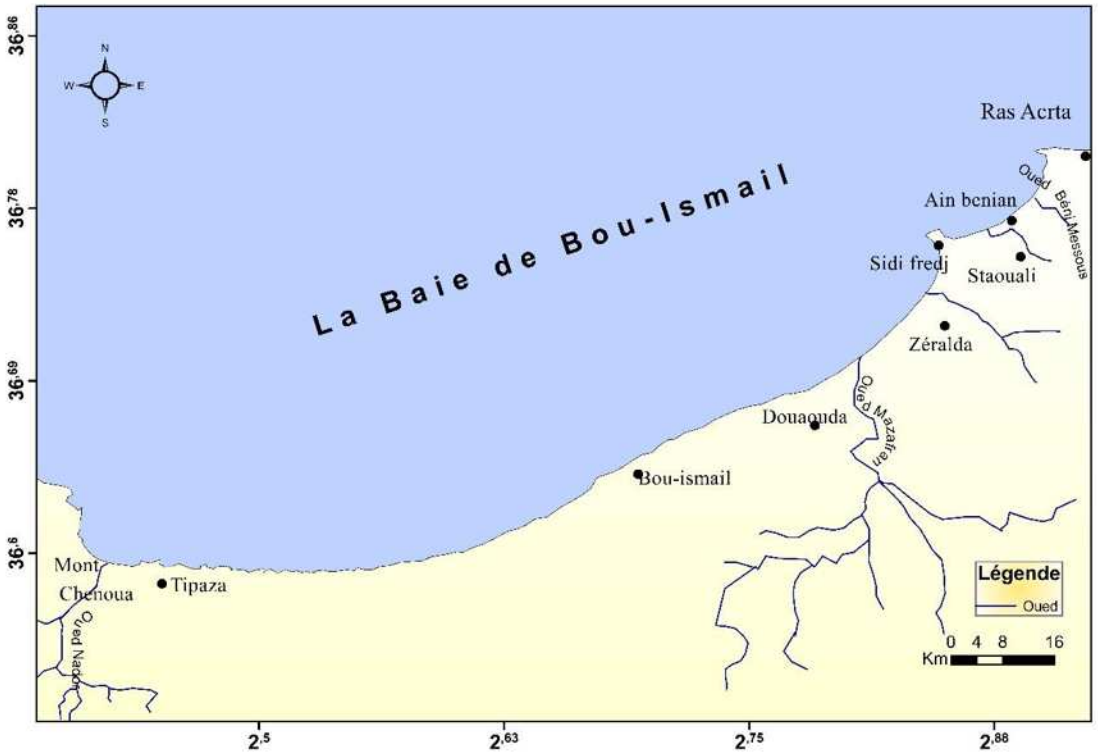


Figure 10: Carte des réseaux hydrographiques de la baie de Bou-Ismail.

2.3 Climatologie

Les données exposées dans ce travail sont issues de l'Office National Météorologique (ONM) d'Alger (Dar El Beida) et concernent les années 2005 à 2014.

2.3.1 *Température de l'air*

Les données mensuelles de la température de l'air entre 2005 et 2014 ont permis de tracer la courbe ci-dessous (figure n°11). Cette dernière, démontre que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne d'environ 13,4°C. Alors que le mois le plus chaud est Août avec une température moyenne de l'ordre des 27,1°C (ONM, 2014). Les moyennes annuelles quant-à-elles se répartissent aux alentours de 19,8°C.

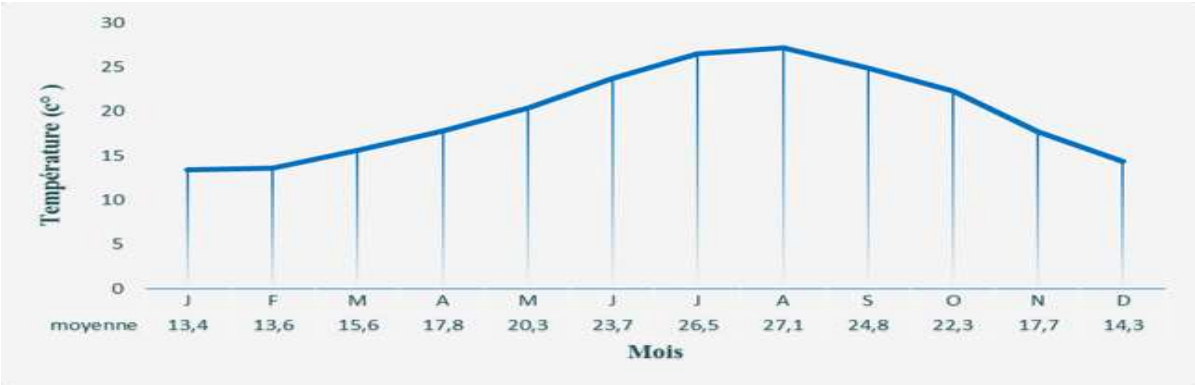


Figure 11: Température mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou-Ismail (ONM 2014).

2.3.2 *Ensoleillement*

Les valeurs moyennes mensuelles de l'ensoleillement rapportées dans la figure ci-dessous (figure n°12) permettent de suivre l'évolution moyenne de l'ensoeilement dans notre zone.

On constate une progression de l'ensoleillement de Janvier jusqu'à Juillet où l'insolation est maximale avec une durée moyenne de 307,8 heures. Puis une régression jusqu'au mois de

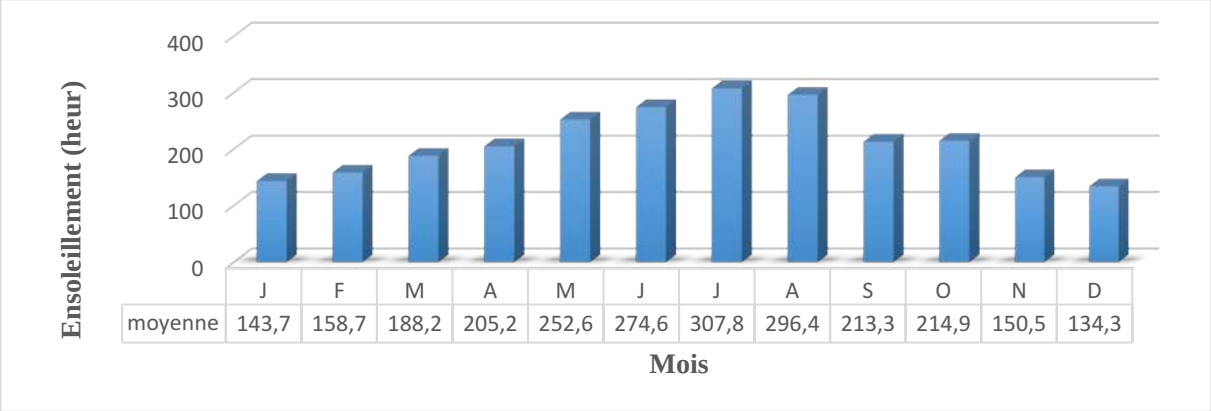


Figure 12: Ensoleillement mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou Ismail (ONM 2014).

Décembre où l'insolation est minimale avec une durée de 134,3 heures. (ONM, 2014) .La durée moyenne annuelle enregistrée sur ces 10 années est de 2474,4 heures (ONM, 2014).

2.3.3 *Précipitations*

La période pluvieuse se situe entre le mois d'Octobre et le mois de Mars, la quantité maximale est enregistrée en Novembre avec un taux d'environ 120,3 mm alors que la quantité minimale est observée en Juillet avec une valeur qui avoisine les 1,8 mm (figure n°13).

Les précipitations moyennes annuelles sont quant à elles près de 569,8mm.

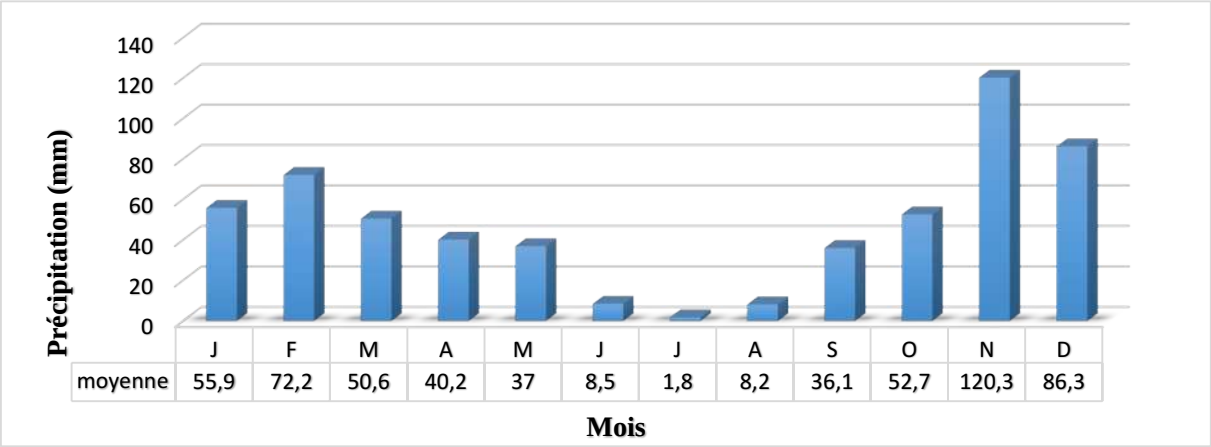


Figure 13: Précipitation mensuelles entre 2005 et 2014 de Bou-Ismail (ONM 2014).

2.4 Hydrodynamique

Le mouvement des microplastiques est la résultante des actions de divers facteurs (vents, vagues, houles et courants). Ces agents sont déterminants dans le déplacement et le transport des matériaux.

2.4.1 *Vent et houle*

Le vent est le générateur principal de vague et de courant superficiels agissant sur le transfert direct des particules plastiques. Une prédominance des vents NNW et NE est observée (Leclaire, 1972).L'hiver et le printemps sont caractérisés par des vents de secteur Ouest induisant des houles de grandes amplitudes alors que l'été et le début de l'automne sont caractérisés par des vents d'Est avec des houles de faibles amplitudes (Asso, 1982).

2.4.2 *Courant*

Les courants dominants sont de direction Est-Ouest et se retrouvent en face d'un courant opposé diffracté par la côte de Chenoua, créant ainsi un courant de retour à l'Est de l'oued Nador. Des contres courants locaux, en liaison avec les vents dominants, induisent un courant de direction NE-SW (Kadari-Meziane, 1994).

2.5 État actuel de la pollution dans la baie

La baie de Bou-Ismail est soumise à des perturbations anthropiques de différentes origines, causées principalement par une population humaine de près 369 habitants/Km² (ANIREF, 2013).

Cette zone a depuis longtemps été utilisée comme déversoir d'eaux domestiques, industrielles et agricoles, souvent rejoignant directement la mer sans être traitées (figure 14). D'autres facteurs interviennent de très près sur le conditionnement et l'abondance de la pollution dans la baie, notamment les cours d'eau qui représentent l'un des principaux vecteurs de la pollution dans notre zone.

D'après les données statistiques du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 37 points de rejets d'eau usées collectées par le réseau d'assainissement se déversent directement en mer sans aucun traitement (Tableau n°3).

Tableau 3: Rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (Étude d'aménagement du littoral. Wilaya Tipaza Synthèse-bilan diagnostic, 2006).

Communes	**Nombre de rejets**	**Débit** ($m^3. j^{-1}$)	**Lieu de rejet**
Bou-Ismail	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	Mer
Khemisti	6	400	Oued Khemisti et Mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	Oued Khemisti et Mer
Tipaza	8	7140	Mer

De plus, différentes entreprises dans différents domaines se partagent cette baie : transformation plastique, fabrication d'emballage, métallurgie, etc. ne faisant qu'accentuer quantitativement et qualitativement le niveau de la pollution. (Tableau n°4).

Tableau 4: Les activités polluantes en baie de Bou-Ismaïl (étude d'aménagement du littoral. Wilaya Tipaza Synthèse-bilan diagnostic, 2006).

Dénomination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
SARL RESITECK	Production de peinture bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
ALUFER ALUMINAL	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
SARL PROCHIMAL	Fabrication de produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimiques ; rejets de savons, agent de lavage et rinçage caractérisé par une teneur élevée en savons saponifiés et en DBO
PLASTRAM	Transformation Plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication des produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments chimiques
IMPRIMERIE SHELLIA	Utilisation importante d'encre	Déversement des encres avec les eaux domestiques
TONIC EMBALLAGE	Fabrication de boite, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques + Chutes de cartons, Papiers + Colorants, Matières Plastiques
TERRA CERAMIQUE	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

Zone d'étude

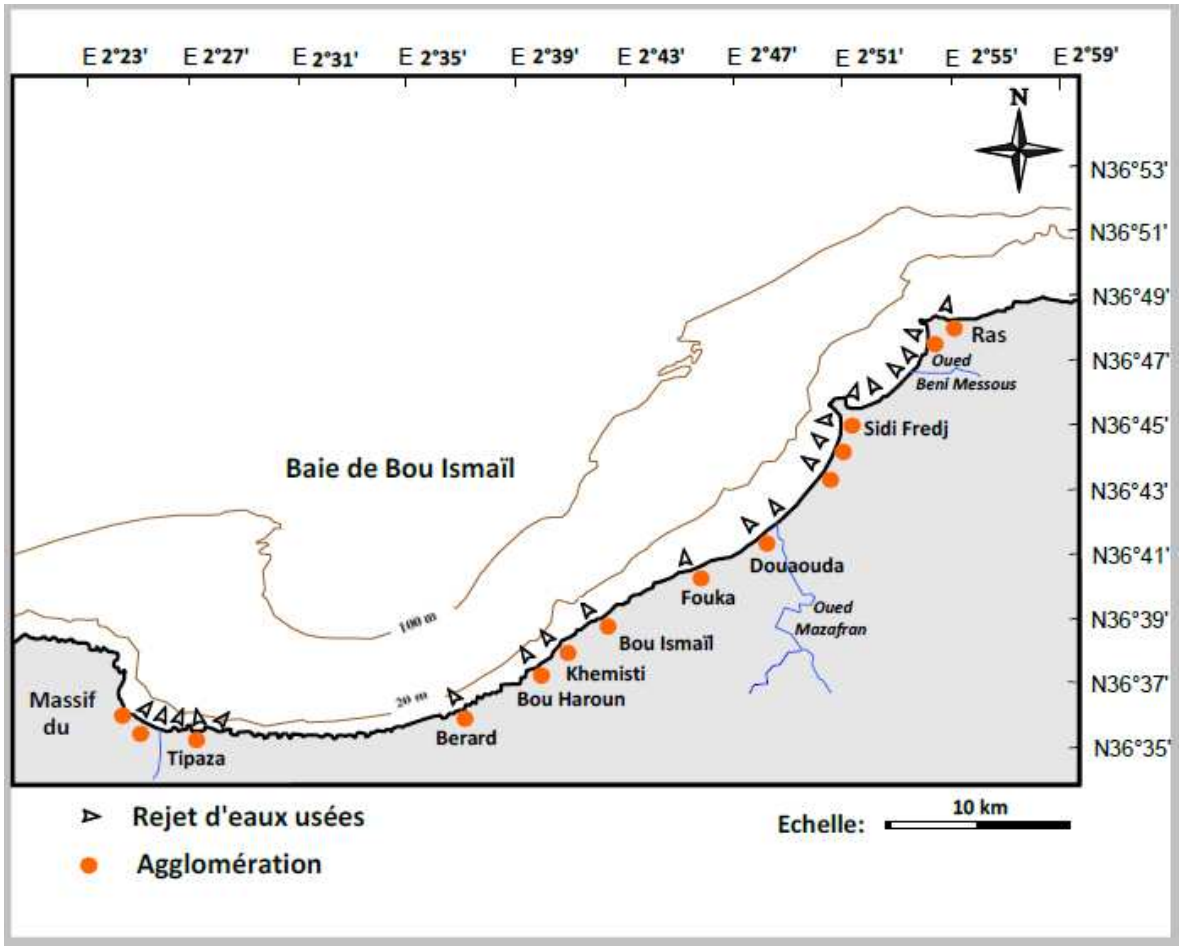


Figure 14: Principaux points de rejet d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (PAC, 2005 in Khazimi, 2010).

Remarque :

En raison de la disponibilité et de l'autonomie du bateau, ainsi que du temps limité, c'est la partie Est de la baie de Bou-Ismail qui a fait l'objet de cette étude.

Chapitre 3

Matériel et Méthode

Conception et test

du

filet Manta

3 Matériel et méthode

Le but de notre étude, est de mettre en évidence la présence des microplastiques dans les eaux de la baie de Bou-Ismail. L'inexistence d'études antérieures sur le sujet en Algérie, a conditionné le cheminement des travaux.

Bien évidement avant de choisir une méthode de prélèvement, il est nécessaire de citer les méthodes existantes, pour pouvoir par la suite passer à la conception et le test du dispositif choisi, présenter le protocole d'échantillonnage, et pour finir la quantification des déchets plastiques

3.1 Techniques de prélèvement

Différentes techniques sont utilisées pour prélever ces particules microscopiques. Ces méthodes varient en fonction de la matrice que l'on veut étudier, ainsi que de la profondeur d'échantillonnage.

3.1.1 *Matrice sédiment*

- Sur le rivage : à l'aide de spatules, pelles et/ou carottes, les échantillons sont récupérés.
- Sur le fond : c'est avec la benne Eckman (Norén, 2008) ou Van Veen (Claessens, et *al*., 2011) que se font généralement les échantillonnages dans la zone subtidale. Dans certains cas, le traineau epibenthique est aussi usité (Lattin , et *al*., 2004), mais le sédiment peut aussi être directement récupéré par des plongeurs.

3.1.2 *Matrice eau*

- Dans la colonne d'eau : à une profondeur supérieure à 20cm, c'est le filet à phytoplancton de type Bango (Lattin , et *al*., 2004) ou le filet à zooplancton (Norén, 2008) que l'on plonge dans l'eau pour faire des transects et récupérer les microplastiques potentiellement présents.
- En surface : C'est avec des filets spécifiques comme le Filet Manta ou le filet Avani (figure 15) que les prélèvements sont effectués. Leur forme leur permet de flotter à la surface et de récupérer ainsi les plastiques flottants.

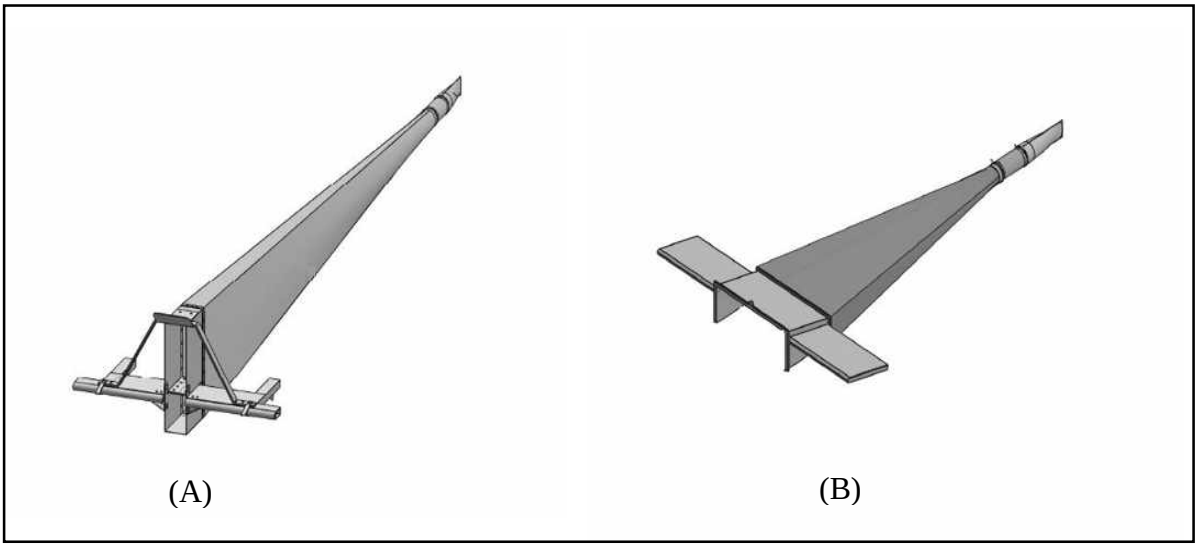


Figure 15: Le filet Avani (A), Le filet Manta (B).

Le filet Avani a été conçu afin d'effectuer des prélèvements à des vitesses qui varient entre 5 et 8 nœuds, il permet de réaliser des prélèvements en continu, et donc d'effectuer de longs transects. Le filet Manta quant à lui ne peut dépasser une vitesse de 2 à 3 nœuds, de ce fait il préserve les organismes et capte un volume d'eau constant.

Notre travail s'est concentré sur l'étude des microplastiques en surface, notre choix s'est porté sur le filet Manta en raison de son utilisation dans différentes campagnes internationales.

3.2 Conception et test du filet Manta

Dans cette partie, nous présenterons la méthode et la technique suivies pour la réalisation du premier prototype du filet Manta, ainsi que les tests y afférents. Ces derniers ont eu lieu au niveau de la baie de Bou-Ismail.

3.2.1 *La Conception du filet Manta*

3.2.1.1 Structure générale

La structure du filet Manta est constituée essentiellement de deux parties distinctes (figure 16):

La première : est une structure métallique, en inox 360X, complètement démontable, composée d'un corps centrale avec une ouverture et de deux ailes, lui permettant de se maintenir à la surface.

La deuxième : est un long filet sous forme d'entonnoir en tissu spécial ; d'une maille de 335µm, soit 0,3 mm, qui se termine par un collecteur, récupérant toutes les particules plastiques conformes à la maille.

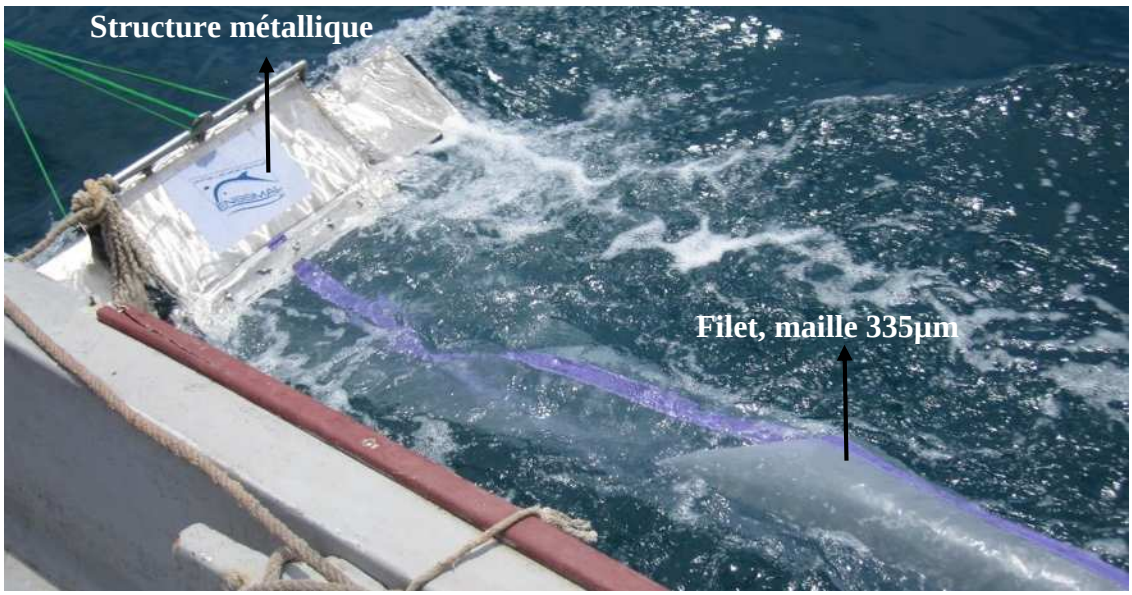


Figure 16: Image des deux parties du filet Manta

3.2.1.2 Procédure de conception

Les schémas et plans conçus dans ce travail ont était effectués par le biais du logiciel 3D « Google SketchUp Pro 2015 » ainsi que son module « LayOut » (Voir annexe 1 pour les plans détaillés).

Étape 1 : La réalisation du filet Manta a nécessité une recherche bibliographique approfondie ainsi que des visioconférences avec des experts étrangers et une consultation poussée vu la non disponibilité des données et de plans pour la conception de l'engin. Les informations collectées sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 5: Résumé des 'informations collectées sur les dimensionnements

Référence	Dimensions					Prélèvement		Conservation	Quantification	
	Ouverture (cm)	Ailes	Collecteur (cm^2)	Filet		Temps	Vitesse		Tamisage	Observation
				Longueur	maille					
(Japanese Tsunami Maritime Expedition, 2012)	60 x 15	/	30 x 10	3m	333µm	/	2kt	Formol 5%	Par catégorie 4.75 / 2.80, 1 / 0.7 / 0.50 et 0.35 mm	Un microscope à dissection
(Thébault, et *al*., 2012)	60 x 15	/	/	/	300 µm	20min	2 à 3kt	Formol 10%	Tamis 300µm	Loupe binoculaire
TARA	60 x 16	/	45 x 11	4.40 m	335 µm	30min	2kt	/	/	Loupe binoculaire
(Dealencastro, et *al*., 2014)	60 x 18	/	/	/	300 µm	15-30min	3kt	Saturation en sel	5mm / 1mm / 300µm	loupe binoculaire
(Collignon, et *al*., 2012)	60x20	/	/	/	333µm	20min	2,5kt	2,5%	/	microscope
(Dumontet, 2015)	/	/	/	3 m	333µm	1 h	2.5kt	/	/	/

Conception et test du filet Manta

Référence	Dimensions					Prélèvements		Conservation	Quantification	
	Ouverture (cm)	Ailes	Collecteur (cm^2)	Filet		Temps	Vitesse		Tamisage	Observation
				Longueur	Maille					
(expedition-7eme-continent, 2012)	50 x 20	/	/	3 m	300 µm	/	2à 3 kt	/	/	/
NOAA	62 x 15	30 x 30 x 3	/	/	/	/	/	/	/	/
(Terre-marine)	60 x 15	/	/	/	300µm	20min	2 à 3kt	/	/	Loupe binoculaire
(Katie, 2015)	90 x 30	/	/	/	333µm	/	/	/	/	/
(Maryvonne et Galgani 2013)	90 x 15	/	/	/	300 µm	20min	2kt	/	/	/

Étape 2 : La dimension du socle a été choisie pour sa pertinence, et son application dans plusieurs campagnes. Elle est de 60cm de longueur, et de 15cm de largeur (figure 17).

Le choix du matériau s'est finalement porté sur l'inox en raison de sa résistance, mais aussi en raison de la non disponibilité de l'aluminium galvanisé.

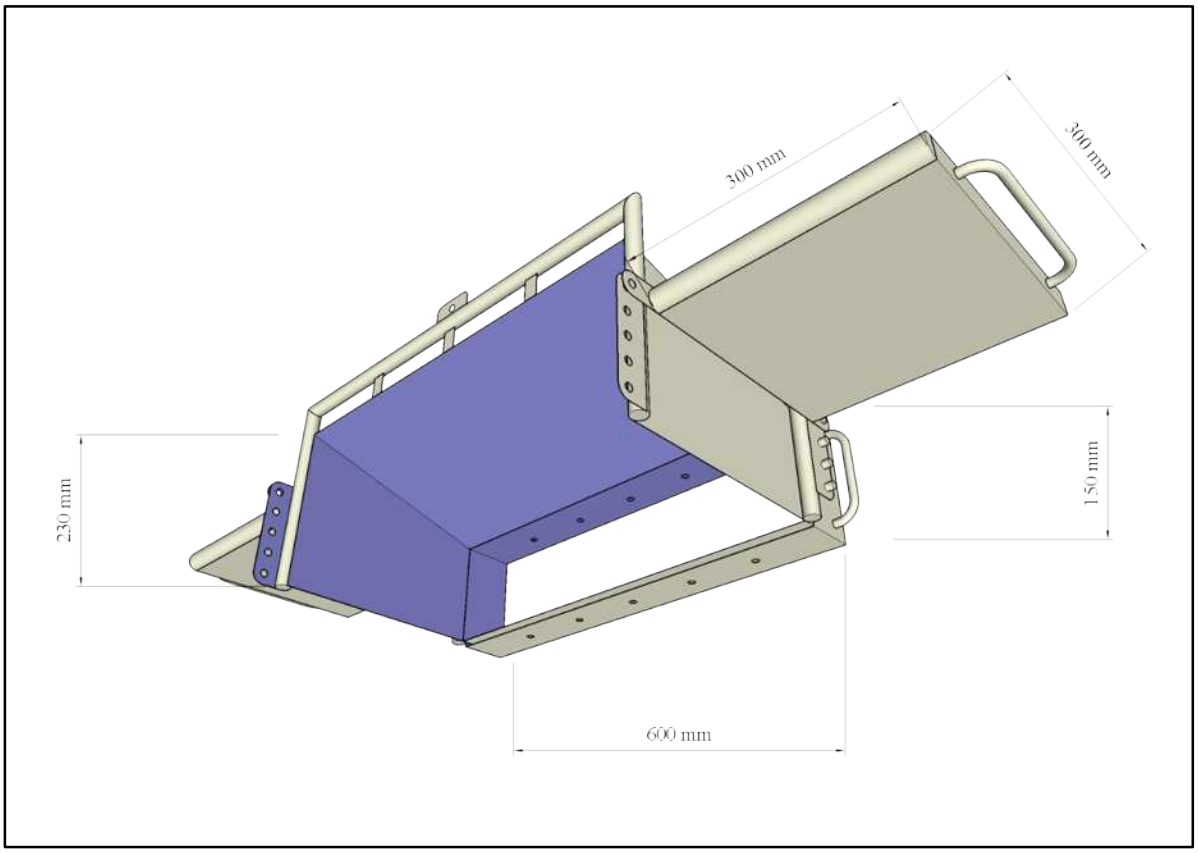


Figure 17: Dimensions du socle.

Étape 3 : Le dispositif a été modifié pour une utilisation optimale. Les modifications apportées sont les suivantes :

- Ailes amovibles et inclinables : afin de faire face aux contraintes hydrodynamiques mais aussi pour faciliter le rangement et le transport.
- Poignets aux ailes : pour faciliter le port et le transport du dispositif et sa mise à l'eau ou sa remontée.
- Encadrement renforcé : pour avoir des points d'attache et faciliter la manipulation lors de la mise à l'eau.
- Gaine en acier avec poignets : dans le but de protéger le filet.

La figure ci-dessous illustre les différents composants abordés :

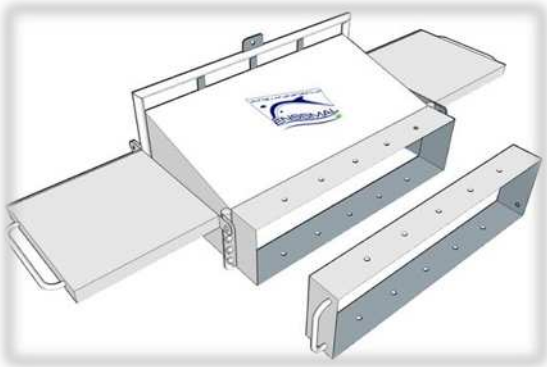
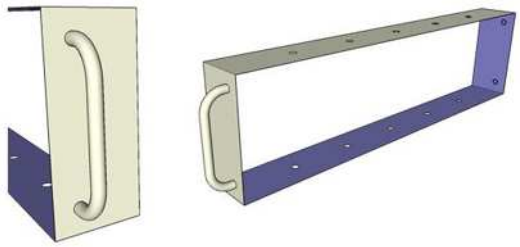
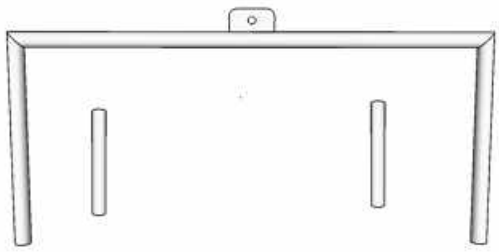
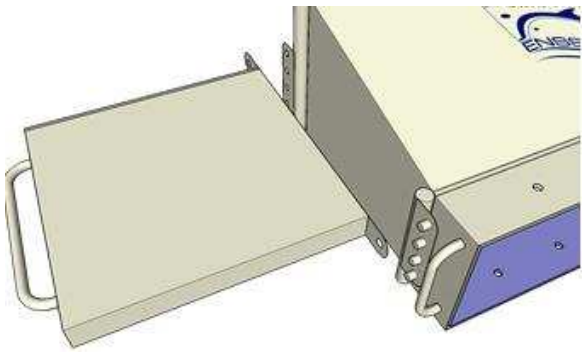
	
Structure metalique	Gaine en acier avec poignets
	
Encadrement renforcé	Ailes amovibles avec poignets

Figure 18: Principales modifications apportées à la structure métallique.

Étape 4 : la difficulté de trouver une maille de 333µm sur le marché nous a poussé à choisir un filet d'une maille de 335µm. Cette maille reste dans les normes de notre étude. Nous avons aussi opté pour une longueur de 3m pour le filet (figure19).

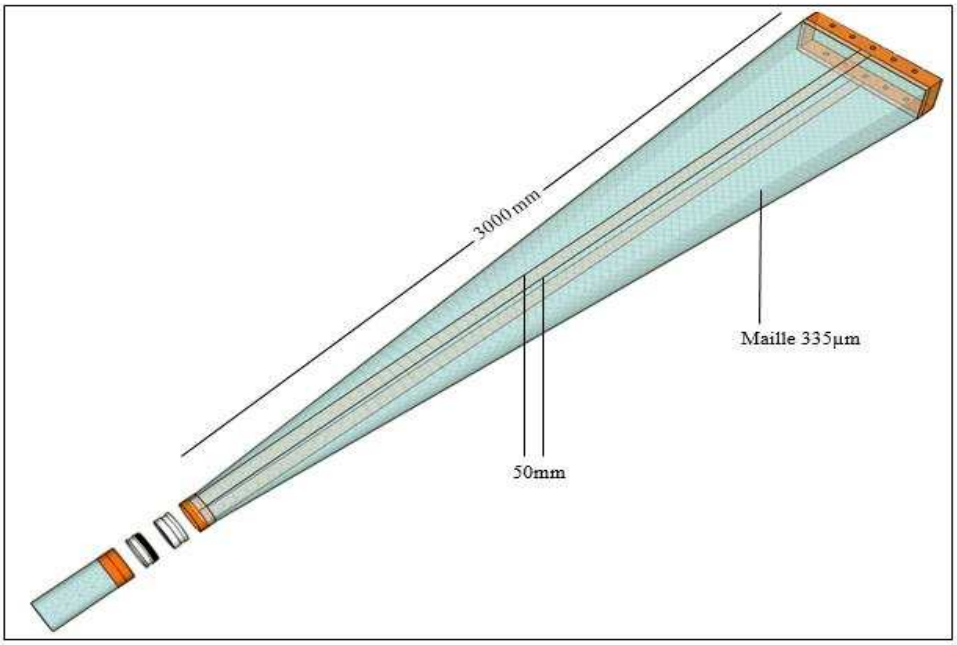


Figure 19: Dimensionnement du filet (Tarmoul 2015).

Étape 5 : deux collecteurs ont été confectionnés, le premier (A) est constitué de deux parties en PVC, le deuxième (B) est sous forme de poche cousue à partir du tissue sélectionné relié au filet central par un dispositif en PVC (figure 20).

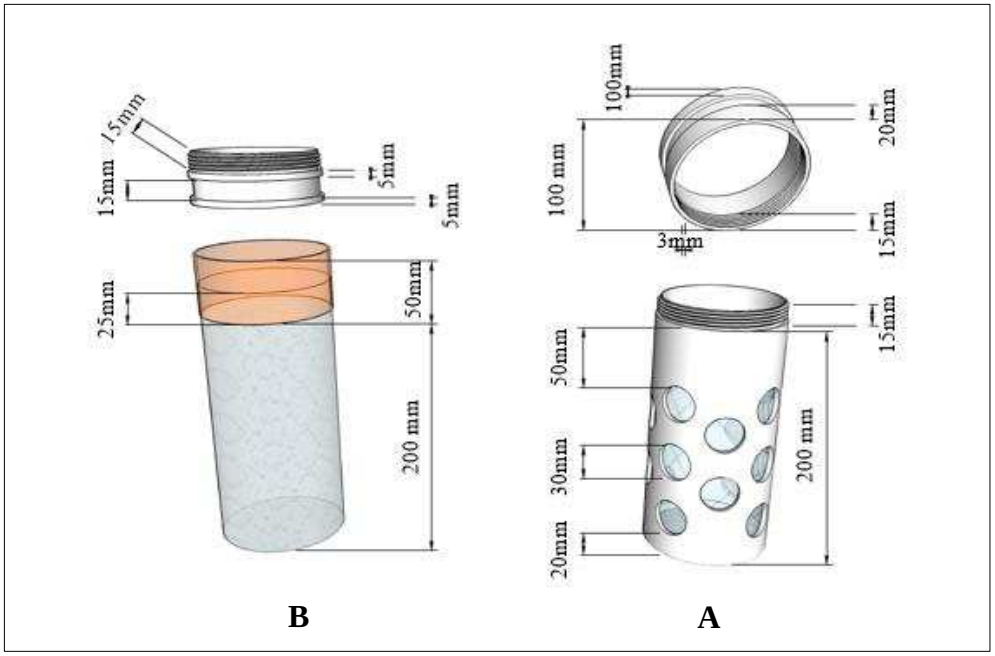


Figure 20: Dimensionnement des collecteurs (Tarmoul, 2015).

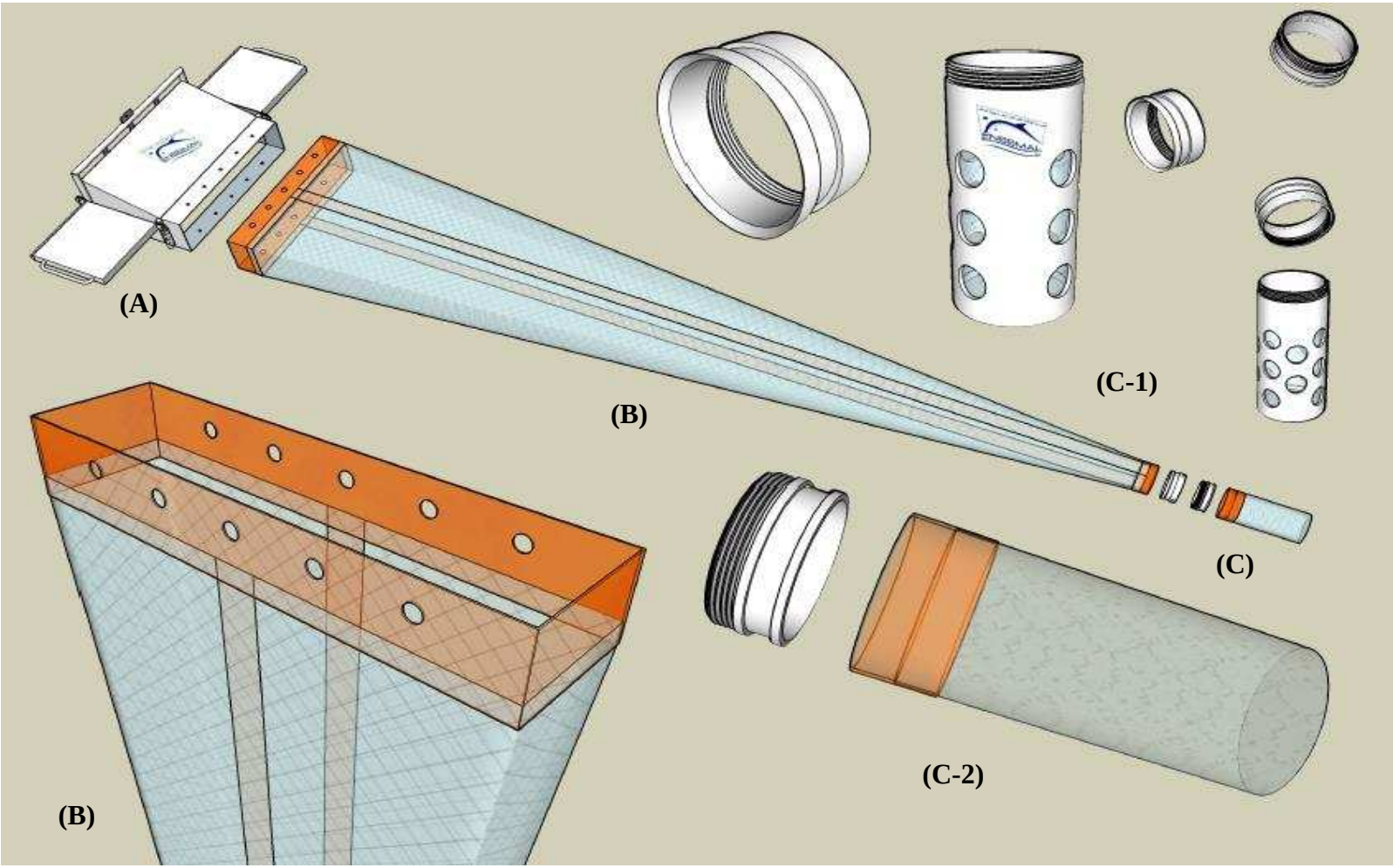


Figure 21: Image récapitulative des différentes parties du filet (A) : socle - (B) : filet - (C) : collecteur - (C-1) : collecteur en PVC (C-2) : collecteur en tissu.

3.2.2 *Tests du filet Manta*

Afin d'évaluer le comportement du dispositif, une série de tests a été effectuée, à savoir :

Test 1 : Au bord de la plage de Sidi Fredj, le socle a été mis directement en mer sans attaches. Un premier essai a été effectué avec le socle complet. Dans le deuxième essai, le socle a été dépourvu de sa gaine (figure 22).

Figure 22: Test 1 du socle au bord de la plage de Sidi Fredj.

Test 2 : A partir du bateau, additionné à une force de traction, avec variation de la longueur des cordes (1 m, 1.20 m, 1.50 m) (figure 23).

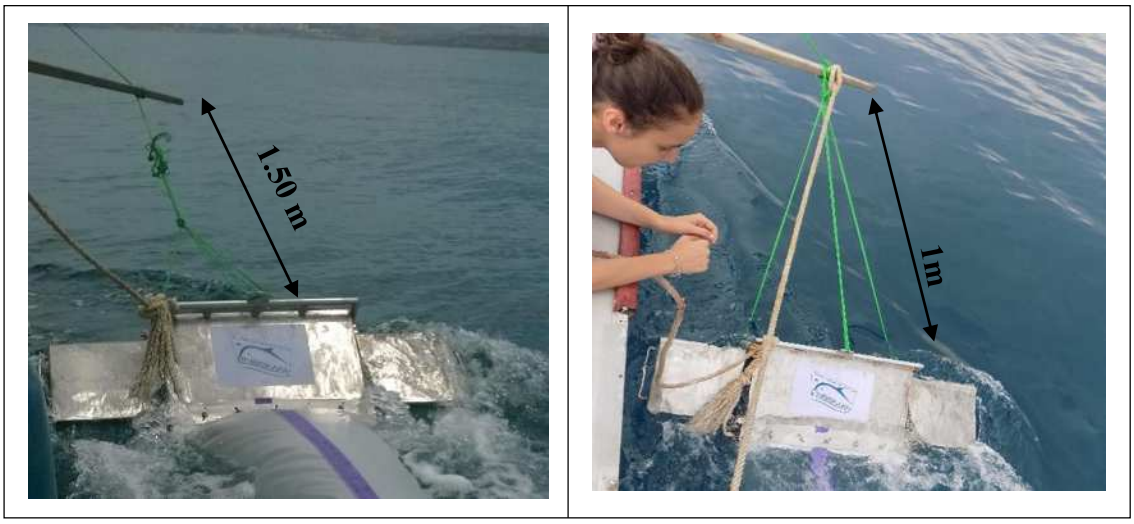


Figure 23: Teste 2 du socle sur bateau, avec variation de la longueur de la corde

À l'issue de ces tests, nous avons obtenu nos premiers résultats qui seront exposés et discutés dans le chapitre suivant.

Quantification

3.3 Quantification

Afin de répondre au mieux à notre objectif d'étude de la pollution par les microplastiques, et étant donné la nouveauté de cette problématique, les prélèvements ont été effectués dans 7 stations différentes, dans des zones stratégiques, à savoir : près du port, des zones à forte activité anthropiques, aux embouchures des Oueds et au large de la côte. Chaque transect a duré 20 minutes, à une vitesse qui varie de 2,5 à 3 nœuds.

Les prélèvements ont été réalisés le 23 et 24 juin 2015 avec l'embarcation « Baba Aroudj » appartenant à la flotte de l'ENSSMAL. La mer était calme à peu agitée durant ces deux journées.

Les zones et transects retenues sont regroupées en annexe et leur localisation est illustrée par la figure n°24.

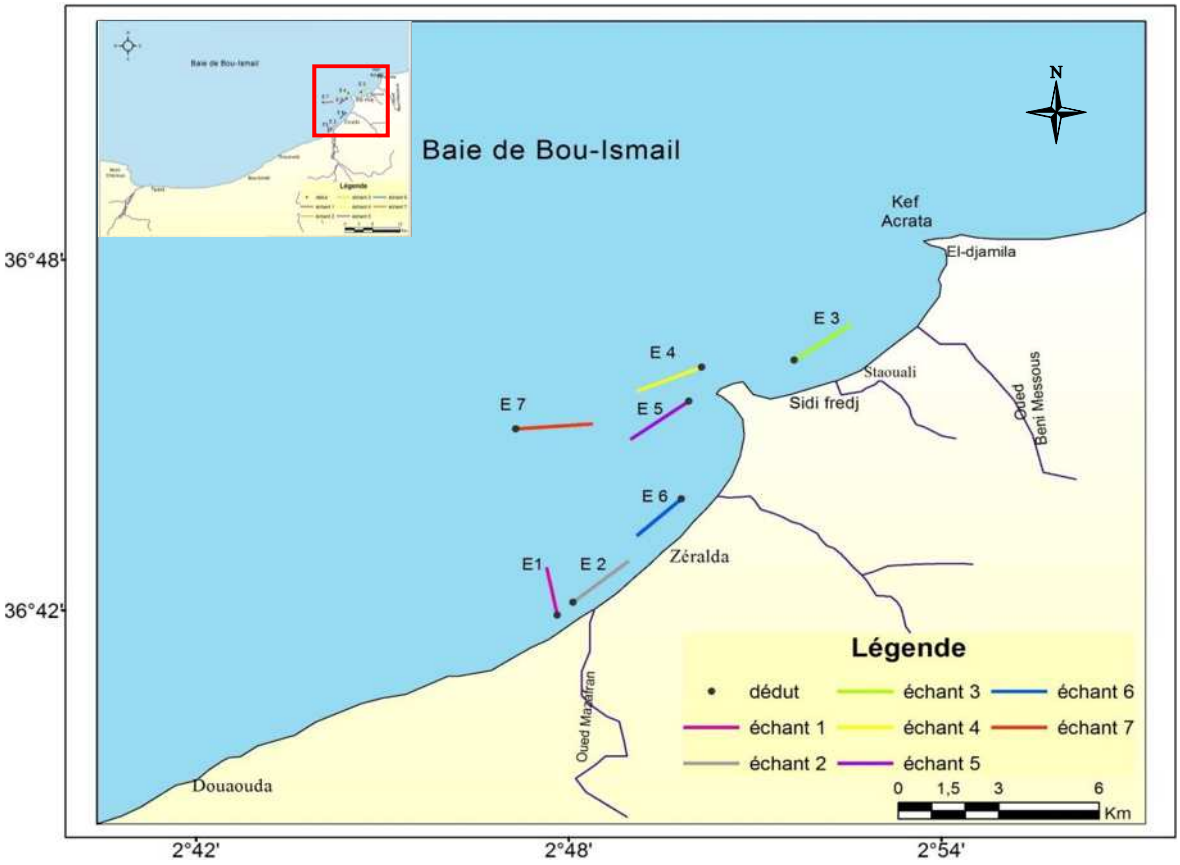


Figure 24: Localisation des stations de prélèvement.

3.3.1 *Protocole*

Ce protocole est inspiré de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer IFREMER (voir annexe 5) mais a été modifié afin de l'adapter aux exigences du terrain et du laboratoire.

3.3.1.1 Protocole d'échantillonnage (en mer)

Matériels :

- Filet Manta avec les cordes d'attache
- GPS pour noter les cordonnées des point de prélèvement
- Volucompteur
- Flacons 1 L étiquetés
- Pissette pour le rinçage du collecteur
- Formol 5%
- Glacière
- Fiche de recueil des données.

Le filet Manta est mis à l'eau à partir du côté tribord du bateau. Cependant il doit être placé loin de la coque en raison des échappements du navire qui sont susceptibles de fausser l'échantillonnage (**Figure 25.1**).

Pour chaque prélèvement, le volucompteur est installé dans la partie métallique du dispositif.

La position GPS est soigneusement notée lors de la mise à l'eau et lors de la récupération du filet.

Après récupération du dispositif :

- Rincer le filet et le collecteur à l'eau de mer de manière à récupérer toutes les particules piégées dans ces deux derniers. (**Figure 25.2**).
- Démonter le collecteur et transférer le contenu dans un flacon d'un litre (1L). Rincer autant que nécessaire pour récupérer toutes les particules dans le flacon.
- Ajouter immédiatement 100 ml de formol à l'échantillon et compléter à 1L avec l'eau de mer filtrée. (**Figure.25.3**).
- Étiqueter chaque flacon en mentionnant le numéro d'échantillon, la date et l'heure de prélèvement et conserver à l'abri de la lumière jusqu'au jour de la mesure. (**Figure 25.4**).

Quantification

- Noter les données caractéristiques de chaque prélèvement sur la feuille de recueil des données. (**Figure 25.5**).

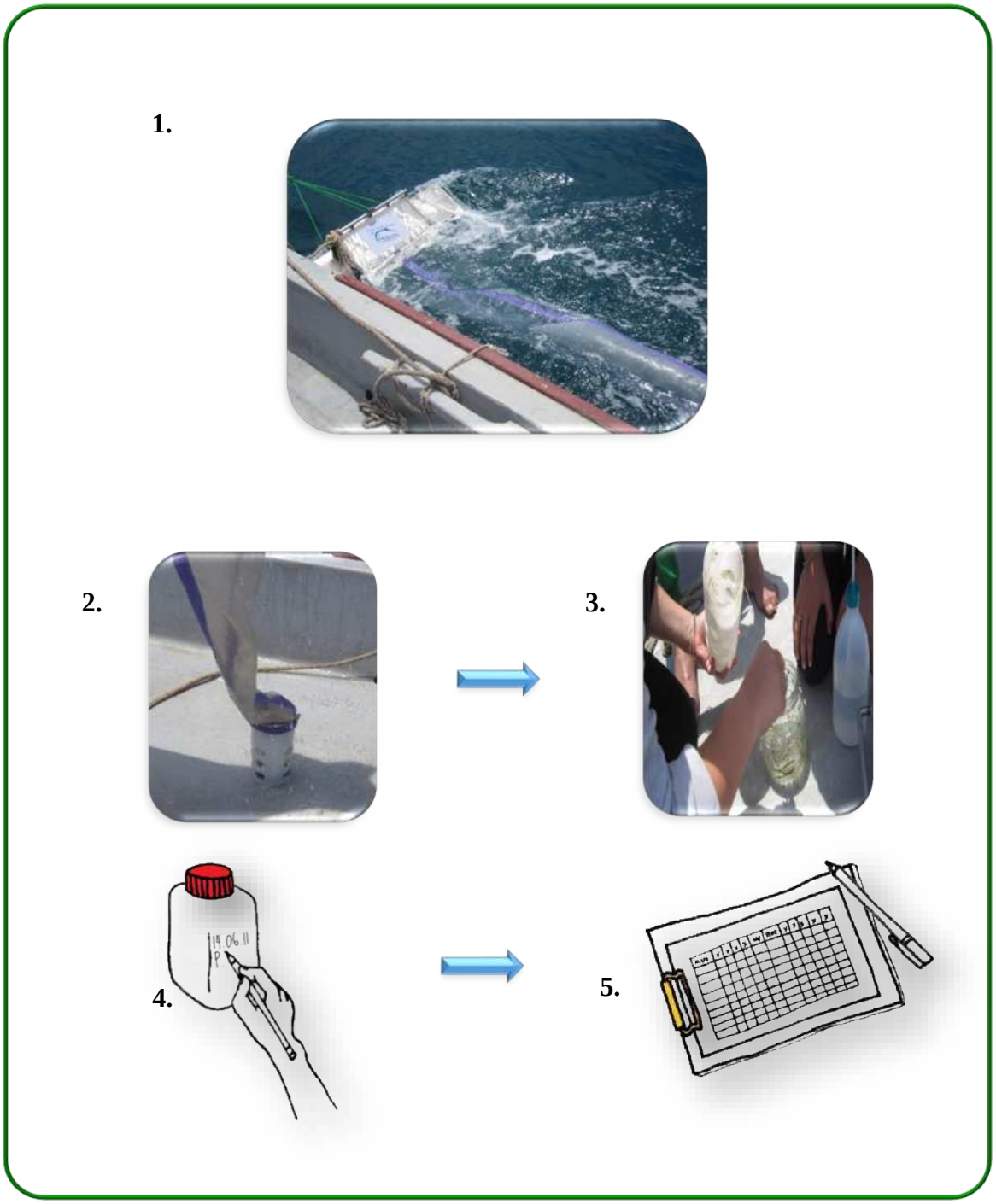


Figure 25: Protocole de Collecte des Microplastiques en mer.

3.3.1.2 Conditionnement (au laboratoire)

Matériels

- Éprouvette graduée d'1L
- Tamis 315µm
- Pissette avec eau distillé
- Boîte de pétri
- Pince
- Papier millimétré
- Loupe binoculaire
- Étuve
- Papier aluminium
- Balance de précision
- Tube à essai
- Fiche de recueil

Démarche à suivre au laboratoire:

- Prélever les gros débris ainsi que du plancton à la pince et les mettre dans un cristallisoir (figure 26.1)
- Mettre à décanter chaque échantillon, après agitation du flacon, dans une éprouvette à pied graduée d'un litre pendant 12h (figure 26.2).
- Tamiser le surnageant qui contient les microplastiques sur un tamis de 315µm et rincer à l'eau distillée (figure 26.3).
- Verser les microplastiques dans une boite de pétri avec très peu d'eau ((figure 26.4).
- Poser la boîte sur du papier millimétré et isoler les plastiques de taille supérieure dans une autre boîte de pétri.
- Quantifier les microplastiques sous loupe binoculaire.
- Quantifier les macroplastiques et les végétaux.

Quantification

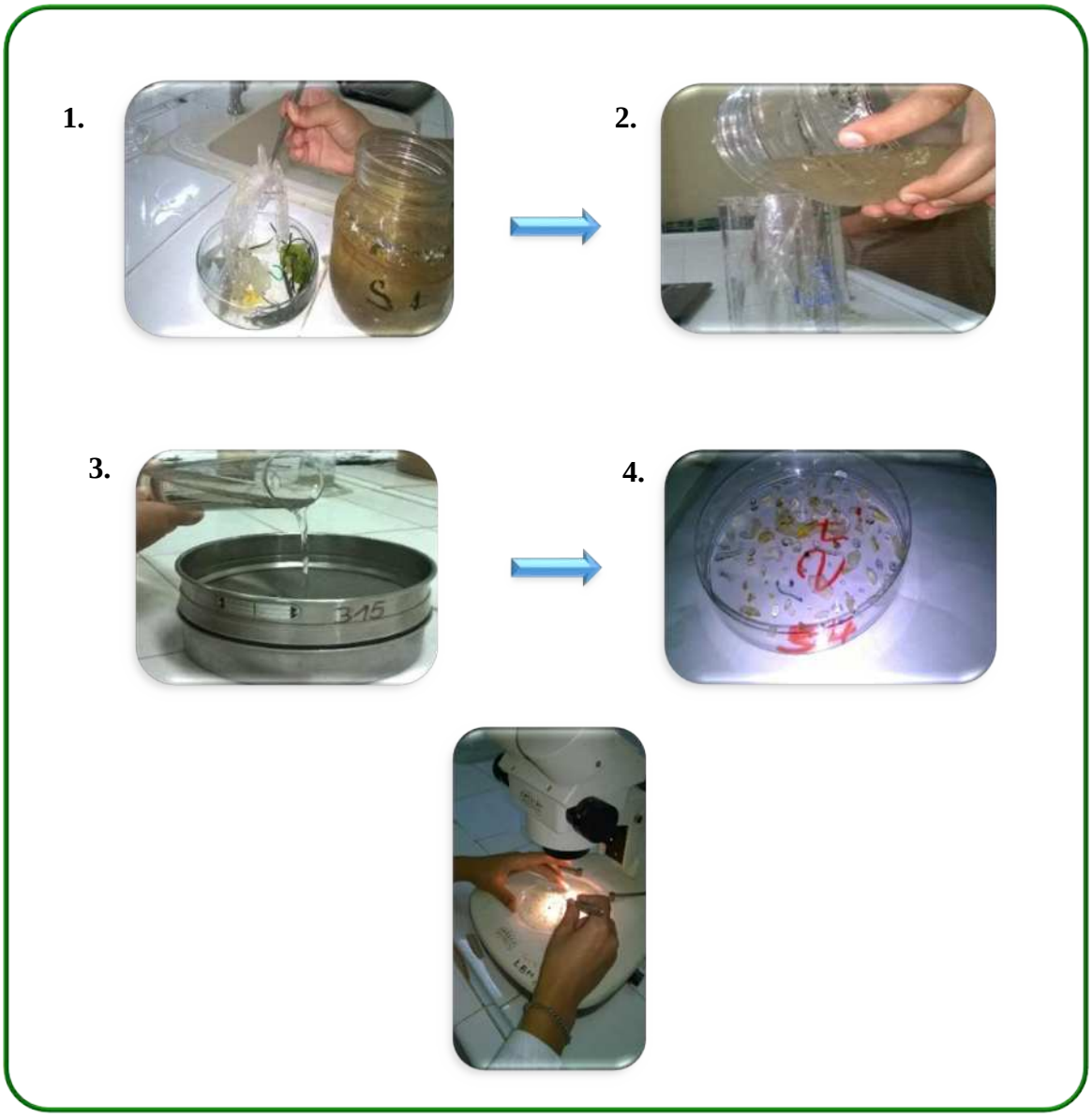


Figure 26: Méthode de quantification des Microplastiques.

Quantification

Méthode de pesage :

- Mettre à sécher les boîtes de pétri (microplastique et plastique) à l'étuve à 50°C pendant 24h, puis transférer le contenu sur un carré de papier aluminium (taré, pré-pesé) à l'aide d'un pinceau.

  Peser sur une balance de précision et stocker les microplastiques dans deux tubes l'un supérieurs à 5mm et l'autre inférieurs à 5 mm sur lesquels figurent le numéro de l'échantillon, le nombre et le poids des microplastiques.

  Noter les résultats du comptage et des pesées sur les fiches de recueil (voir annexes).

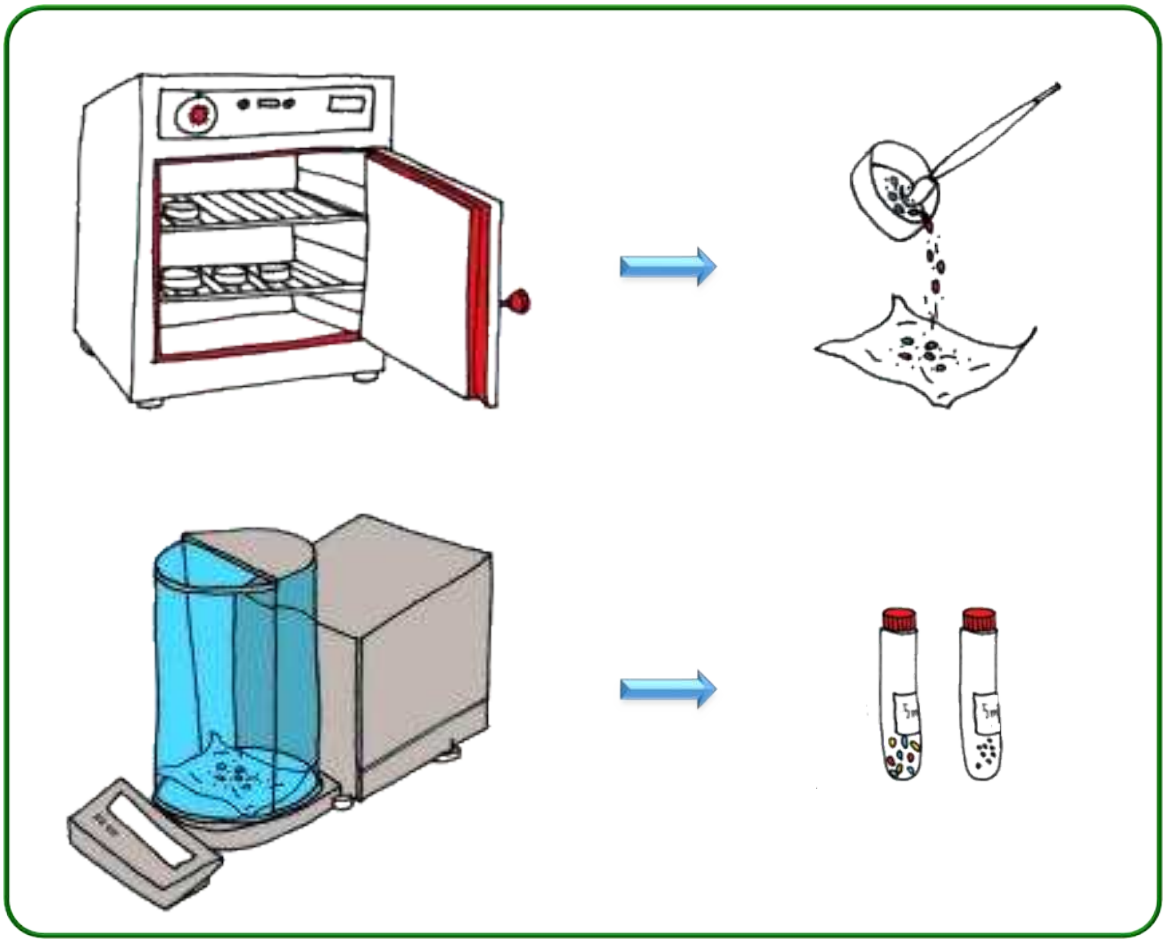


Figure 27: Méthode de pesage (illustrations Emma Lidbury en partenariat avec Ifremer Toulon).

Chapitre 3

Résultats et Discussions

4 Résultat et discussion

Une partie conséquente de notre travail a été consacrée à la conception du filet. Le résultat final est mis en évidence sur la figure ci-dessous.

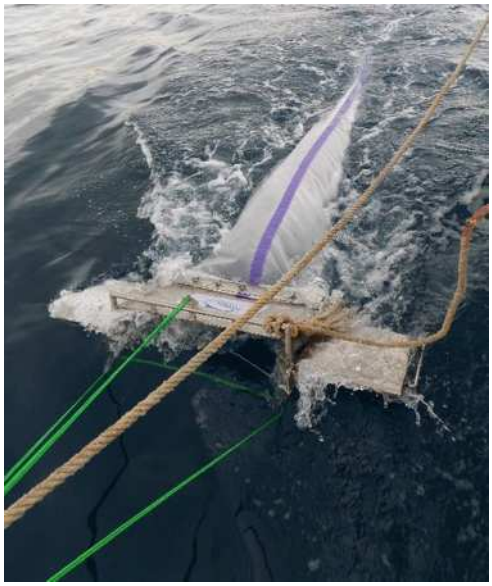


Figure 28: Filet Manta (ENSSMAL).

4.1.1 *Tests du filet*

Mise à l'eau du socle sans attache (test 1) : Le socle a commencé à couler jusqu'à atteindre le fond comme le montre la figure n° 29. Ceci est expliqué par le poids de la structure qui est en acier inoxydable. Sa densité est de 8010 kg / m^3. Elle est donc huit (8) fois plus importante que celle de l'eau de mer qui a une densité de 1028 k*g* m^3.

Figure 29: Résultat du test 1.

Mise à l'eau du filet avec traction (test 2) : suite à ce test, le filet Manta a commencé à remonter en surface jusqu'à la flottaison (résultat recherché). Ce comportement est expliqué par l'ajout d'une traction à la structure due à la vitesse du bateau.

La variation de la longueur de la corde a permis d'obtenir un bon maintien de la structure en surface. Ainsi, nous avons remarqué que lorsque la corde a une longueur de 1,20 m, le socle se trouvait à la position recherchée (figure n°30).

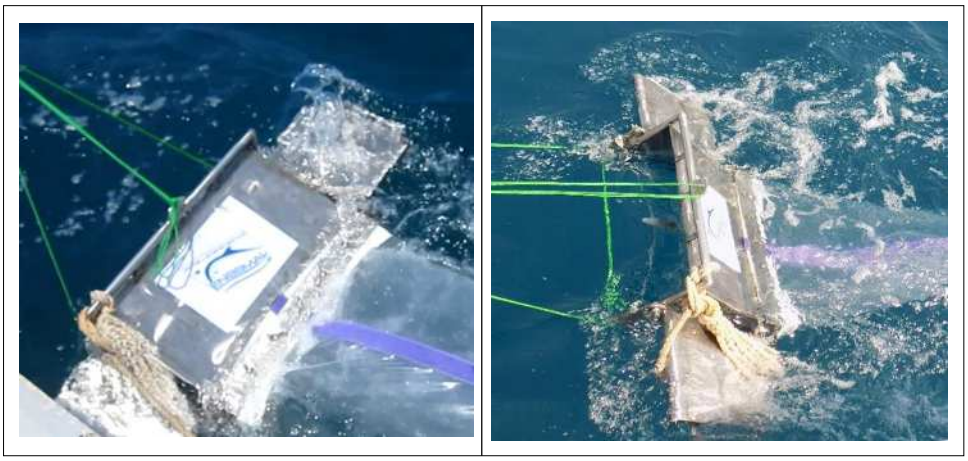


Figure 30: Le comportement du filet Manta avec la variation de la longueur de la corde.

4.1.2 *Quantification*

Autant d'informations que possible ont été recueillies tout au long de nos deux sortie.

En raison du temps limité disponible pour effectuer le travail de terrain, un total de (07) échantillons a été prélevé dans (07) stations différentes. Cependant l'échantillon de la station 2 a été perdu à cause d'un accident lors du transport.

Des microplastiques sont observés dans 100% des prélèvements confirmant une présence généralisée. Les 6 échantillons contiennent aussi des macroplastiques, des algues, des débris de phanérogames marines, des cnidaires, des crustacés (copépodes, amphipodes) et des œufs.

Les différents types de débris ont été classés en 3 catégories : Microplastiques, macroplastiques, et végétaux.

Résultat et discussion

L'histogramme suivant donne un aperçu des fluctuations de chaque catégorie, observées dans les stations :

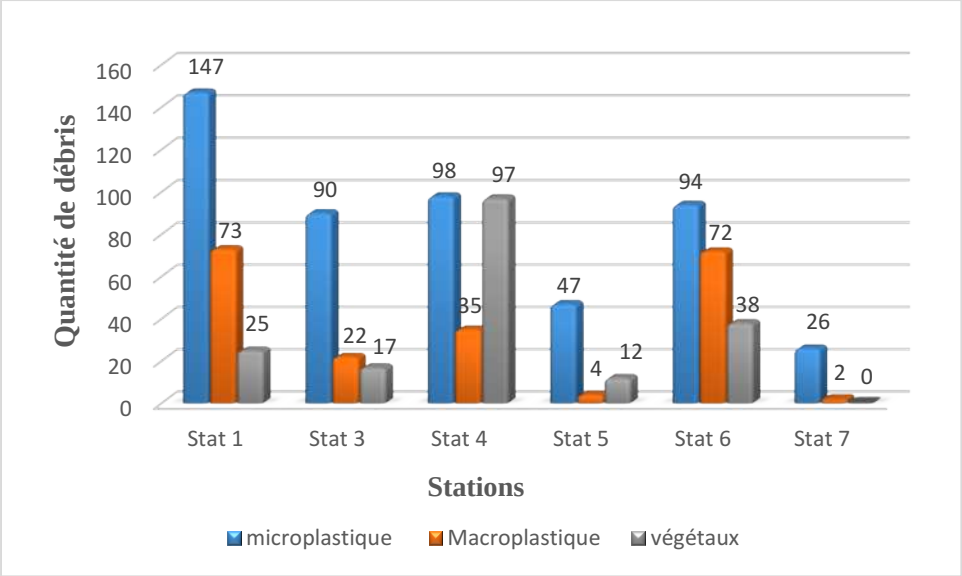


Figure 31 : Représentation de la quantité de débris dans chaque station.

Quelle que soit la station étudiée, la contamination semble être caractérisée par une prédominance de microplastique.

Les stations 1 - 3 - 4 - 6 enregistrent les concentrations les plus élevées. Ceci peut être expliqué par la proximité des rejets urbains (Oued Mazafran, oued Beni Messous), l'activité anthropique (Complexe touristique Sable d'or, Complexe hôtelier Sheraton, Port de plaisance Sidi-Fredj) ainsi que le charriage de déchets par un vent d'Est caractérisant la zone en été et en automne (Asso, 1982).

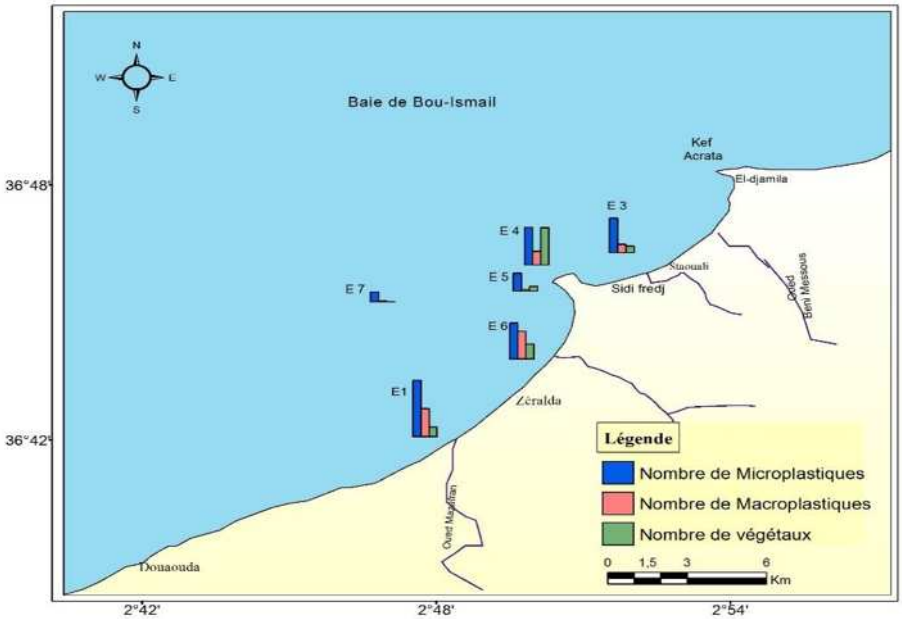


Figure 32: Répartition des déchets dans la baie

Des concentrations extrêmes sont signalées au niveau de deux stations :

- Un maximum à la station 1 (158 781 Particule/km²), se trouvant près d'Oued Mazafran qui est caractérisé par le débit le plus important de la baie et donc un charriage de déchets conséquent. Il est aussi à noter que les rejets de Tonic emballage se trouvent non loin de notre station peuvent donc l'affecter. Sachant qu'en Algérie 95% des plastiques rejetés ne sont pas recyclés, il est fort probable que Oued Mazafran soit la source la plus importante de plastique dans la baie de Bou-Ismail
- Un minimum à la station 7 (23 423 Particule/km²), prélevée au large de la baie. Le faible taux de microplastiques prélevé peut s'expliquer par l'éloignement relatif de la station par rapport à la côte ainsi que par un vent qui n'encourage pas la distribution de ces particules vers le large de la baie.

Ces observations nous permettent de déduire que la zone la plus touchée par la pollution microplastique est la zone côtière.

Statistique de base :

Le tableau ci-dessous expose les résultats de statistiques de base effectuées sur les données obtenues (min, max, moyenne, écart-type). Ces derniers aideront, dans la suite de ce mémoire, à mieux discuter et comparer nos résultats.

Tableau 6:Synthèse des résultats statistiques.

	Unité	Microplastiques	Macroplastique
Min	Particule/km²	23 423	1 802
Max	Particule/km²	158 781	78 850
Moyenne	Particule/km²	83 828	35 586
Écart- type	Particule/km²	43 377	31 007

L'écart- type sert à mesurer la dispersion, ou l'étalement des particules autour de leur moyenne. Étant, dans notre cas, supérieur à la moitié de la moyenne (L'écart- type > $\frac{moyenne}{2}$) on peut donc considérer que la variabilité des concentrations est importante entre les stations.

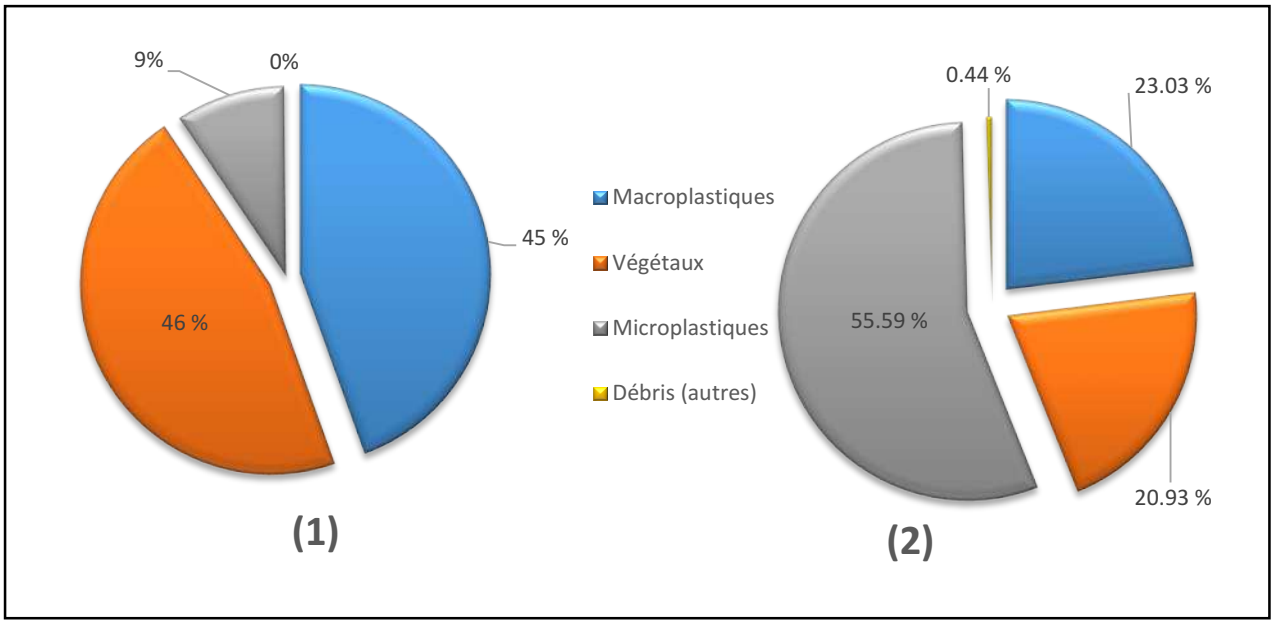


Figure 33: Types de débris collectés : poids (1), quantité (2).

Les résultats des 7 stations font état de 899 débris toutes catégories confondues,

D'une part, les microplastiques sont majoritaires, avec 502 particules (environ 55%) quantifié dans les 6 échantillons pour un poids sec total de 1,0925 g (9%) soit une moyenne de 2,18 mg/particule.

D'une autre part, les macroplastiques sont évalués à 208 débris soit 23% du nombre total, avec un poids sec total de 5,2623 g. Vingt pour cent (20%) des débris sont des végétaux pour un poids sec total de 5,4488 g.

Les autre débris quant à eux représentent la plus petite marge qui est d'environ 0,44 % soit un poids sec total de 0,0198 g.

Contrairement à leur poids qui parait extrêmement faible, la quantité de microplastiques dans la couche d'eau superficielle est très importante. Ceci peut s'expliquer par leur taille relativement petite, qui leur confère une légèreté et une invisibilité presque totale.

Avec une moyenne de 83 830 particule/km², les particules s'étalent sur toute la surface de l'eau pouvant ainsi interagir avec différents maillons de l'écosystème, et donc avoir une influence sur un large éventail d'espèces.

Peu d'études ont porté sur l'impact des microplastiques sur les organismes filtreurs ou d'autres animaux planctonivores. Confondu avec du plancton, ces micro-déchets pourraient à la fois rivaliser avec lui et le menacer. La Salpes (*Sarpa salpa*), par exemple, ne peut faire cette différenciation (Moore, et *al*., 2001).

Le graphe suivant nous permet de relever la relation existante entre les macroplastiques et les On remarque des concentrations élevées à la station 1 - 3 - 4 - 6, alors que la Station 7 enregistre les taux les plus faibles.

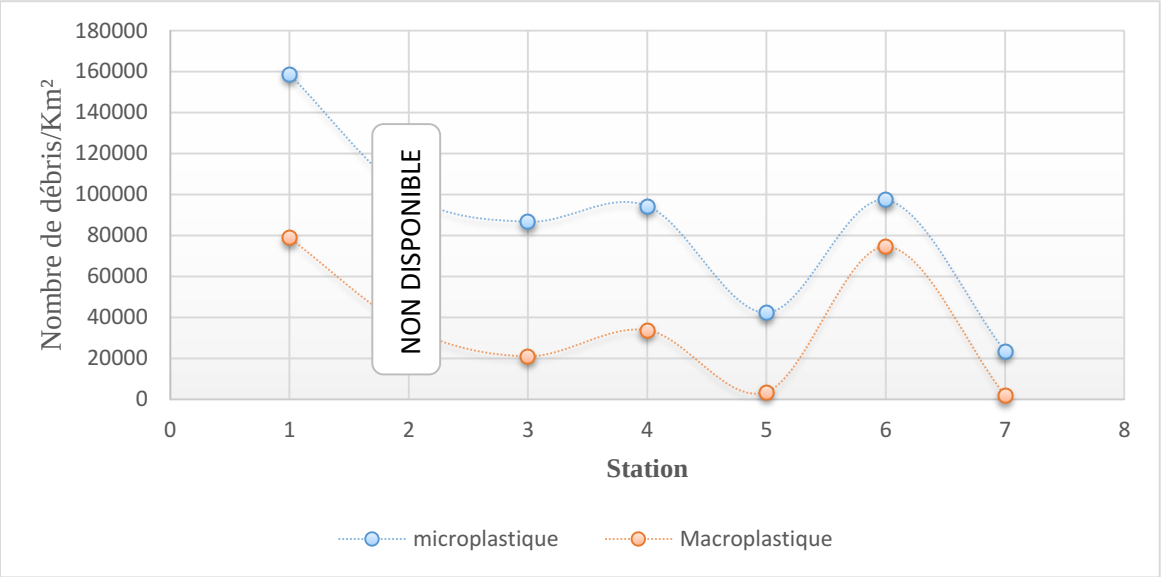


Figure 34: Évolution de l'abondance des microplastiques et des macroplastiques dans les stations.

Le nombre de microplastiques (de taille inférieure à 5mm) est en moyenne de 83 830 pièces/km², avec un maximum de 158 781 particules/km² à la station 1, et un minimum de 23 423 particules/km² à la Station 7.

Pour les macroplastiques (supérieures à 5mm), le nombre moyen est de 35 587 débris/km², avec un maximum de 78 850 débris /km² à la station 1 et un minimum de 1 802 débris/km² à la station 7.

Les chiffres de notre étude ainsi que la comparaison entre ces deux catégories nous ont permis de noter **qu'il y deux fois plus de microplastique que de macroplastique.**

À la suite de ces résultats et grâce à la courbe (figure 35) il est plus qu'évident **qu'il existe une corrélation entre ces deux type de débris**. Cette corrélation pourrait être expliquée par le phénomène de fragmentation. Effectivement les Macro-déchets peuvent se diviser en plusieurs morceaux, produisant ainsi un nombre de fragments microscopiques importants, d'une moyenne de 2,413 µP/ MP.

D'autant plus que les conditions météorologiques dans notre zone, avec un ensoleillement et des températures relativement élevés, favorisent la dégradation de ces plastiques.

4.1.3 *Comparaison des résultats avec l'étude de Collignon*

En Méditerranée, une étude sur les microplastiques dans le bassin liguro-provençal a été effectué par une équipe de recherche composé par le laboratoire d'Océanographie de l'université de Liège, la Station de Recherches Sous-marines et Océanographiques (STARESO) de Corse, l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la mer (IFREMER) ainsi que l'association « Expédition MED ». Il est possible de comparer leur résultats à ceux obtenus dans la baie de Bou-Ismail, car les deux études ont été effectuées en Méditerranée, mais aussi parce que le protocole utilisé est similaire.

Tableau 7: Synthèse des résultats entre les deux études.

	Abondance moyenne (particules/ Km²)	**Poids particules (mg)**	**Max**	**Min**
(Collignon, et *al*., 2012)	116 000	1.81	892 000	000 000
Étude actuelle	83 828.5	2.18	158 781	23 423

L'abondance moyenne de microplastiques estimée dans la présente étude est de 0,72 fois plus faible que pour le nord-ouest méditerranéen (116000 particules / Km², (Collignon, et *al*., 2012)). Il est probable que les abondances relativement proches obtenues dans les deux études soit en raison de la configuration spécifique du système semi-fermé méditerranéen. De plus, la Méditerranée est soumise à un apport permanent de déchets. Ce phénomène est illustré dans la baie de Bou-Ismail par l'écoulement de plusieurs Oueds, le plus important étant l'Oued Mazafran.

Cette première série de résultats suggère aussi que le poids moyen des particules est plus élevé dans les eaux méridionales (2,18 mg) que dans le nord-ouest méditerranéen (1,81 mg). Cette différence pourrait être due à une action mécanique plus intense, et/ou à un temps de séjour plus long dans la zone septentrionale.

Le maximum d'abondance est cinq fois plus important dans le nord-ouest méditerranéen que dans la baie de Bou Ismail, ceci peut s'expliquer par une industrialisation plus importante sur les rives franco-italiennes.

L'abondance minimale, quant-à-elle est nulle dans la zone nord-ouest méditerranéenne, alors qu'elle est de 23 423 particule / km² dans cette étude car la présence de microplastiques est signalée dans tous les relevés de filet. Le nombre ainsi que les zones de prélèvements peuvent être la raison de cette différence, mais aussi les conditions du milieu.

Cette comparaison permet de relever que la pollution par les microplastiques est, à priori, plus élevée dans la partie septentrionale de la Méditerranée et aussi que les microplastiques de la côte franco-italienne ont subi plus de dégradation, avec un temps de séjours plus long, donc une pollution plus ancienne que celle de la présente étude.

Il est à signaler qu'il y a eu brassage des eaux de surface la veille de notre sortie à cause des mauvaises conditions météorologiques. De ce fait, il est possible que les concentrations mesurées soient inferieures aux concentrations réelles ou supérieures si la pluie a lessivé les cotes.

Conclusion

Conclusions et perspectives

Les objectifs du travail présenté dans ce manuscrit sont la confection d'un filet de type Manta permettant la collecte des microplastiques dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismail, ainsi que leur quantification.

Une fois réalisé, le filet *Manta* a été testé sur le terrain, en vue de vérifier son fonctionnement en conditions réelles. Les résultats étant satisfaisants, il a été possible d'effectuer plusieurs transects à des stations différentes.

Bien que le comportement du filet soit positif, la structure nécessite des améliorations telles que :

- L'utilisation d'un matériau plus léger, comme l'aluminium galvanisé.
- L'Apport de modifications au collecteur.
- La confection d'une barre spécifique permettant la fixation du filet lors de la réalisation des transects.

Les prélèvements ainsi que la quantification ont permis de rendre visible et concret la présence des microdéchets dans la baie de Bou-Ismail. En effet sur les (07) prélèvements effectués, la totalité contenait des microplastiques, avec une densité moyenne de 83 830 particules/km².

Cette pollution est relativement faible en comparaison avec la rive nord de la Méditerranée mais confirme néanmoins que les eaux algériennes sont contaminées par la pollution plastique.

Cependant, cette étude reste ponctuelle et ne représente que la partie visible de l'Iceberg. Des études complémentaires sont à prévoir, car les informations recueillies dans le bassin Algérien sont encore très limitées. Il est nécessaire de procéder à plus de prélèvements et de couvrir une zone géographique plus importante.

En plus de la quantification, les risques que présentent les microplastiques sur l'écosystème ainsi que la santé humaine poussent à envisager des études pluridisciplinaires impliquant différents domaines tels que la microbiologie, la biologie, ainsi que la chimie.

Recommandations :

- Les apports de rejets urbains étant la source principale de cette pollution, il est impératif de travailler en amont des Oueds pour réduire la quantité de déchets solides rejetés en mer.

Conclusion

- Il est aussi nécessaire de tout mettre en œuvre afin de sensibiliser les gens sur les dangers du plastique, et ceci dans le but de diminuer sa consommation.
- La mise en place d'une politique de recyclage ainsi que d'un nettoyage régulier des plages et des fonds marins permettra sur le long terme de diminuer cette pollution et pourquoi pas de la stopper.

La pollution par les microplastiques est un danger émergeant, il est de notre devoir de protéger la planète de ce fléau, en évaluant son ampleur dans un premier temps puis en tentant de l'éradiquer, s'il n'est pas encore trop tard.

Dans la situation actuelle, la responsabilité de la gestion des déchets repose sur ceux qui les produisent. L'état fixe la politique et le cadre règlementaire, avec comme priorités la prévention, la valorisation, et la réduction des impacts environnementaux et sanitaires (MATE). Mais c'est à nous de prendre des décisions, nous impliquer et faire des choix qui auront des répercussions sur la suite. Pour cela il est important de s'unir afin de :

- Réaliser un programme de sensibilisation environnementale et introduire cette éducation à l'école.
- Organiser un calendrier régulier pour les nettoyages des plages.
- Promouvoir les manifestations à caractère environnemental tel que l'opération «Ports et barrages bleus».
- Introduire la culture du recyclage dans les foyers algériens.

Bibliographie

Bibliographie

Andrady, A.L. (2003). *Plastics and the environment.* New York : John Wiley and Sons.

Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin.* Elsevier Vol. 62.

Andrady, Anthony. (2000). *Plastics and their impacts in the marine environment.* Honolulu : Proceedings of the International Marine Debris Conference on Derelict Fishing Gear and the ocean environment.

ANIREF. (2013). Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

ANRH. (2013). Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Alger.

Anthony, Andrady L et D, Ph. (2015). *Plastics and environmental sustainability.* New Jersey : Johon Wiley et Sons.

Arthur, Courtney et Baker, Joel. (2012). *Proceedings of the second research workshop on microplastic marine debris.* National Oceanic and Atmospheric Administration.

Asso, A. (1982). Contribution à l'étude de pollution métallique chez la moule Perna perna (L) dans la région d'Alger. Thèse de Doctorat de 3ème cycle d'Océanographie Biologique. Université d'Aix Marseille II, p. 135.

Bakir, A, Rowland, S.J. et Thompson , R.C. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin.* Esevier, Vol. 62.

Bakir, A; Rowland, S.J. et Thompson , R.C. (2014). Enhanced desorption of persistent organic polluants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental pollution.* Elsevier, Vol. 185.

Barnes, D.K, et *al*. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society.* Biological Sciences, Vol. 364.

Bonhomme, S, et *al*. (2003). Ennvironmental biodegradaion of polyetylene. *polymer Degradation and stability.* Elsevier, Vol. 81.

Bowmer, Tim et Kershaw, P. (2010). *Proceedings of the GESAMP International Workshop on microplastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulating and toxic substances in the ocean.* Paris : UNESCO-IOC.

Braik, D.J. (1989). Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail-Sédimentologie-Problémes d'érosion du littoral-Aménagement . *Thèse Magistaire en Géologie. Alger: U.S.T.H.B.*

Briand, N. (2014). *Des Continents plastiques dans les oceans* Mobiscience.

Browne, M.A, et *al*. (2008). Ingested Microscopie Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L). *Environmental Science Technology*, Vol. 42.

Carpenter , E.J, et Smith, K.L. (1972). Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*, Vol. 175.

Claessens, M, et *al*. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine pollution Bulletin* . Elsevier, Vol. 62.

Cole, Mathew, et *al*. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment. *Marine pollution Bulletin.* Elsevier, Vol. 62.

Collignon, Amandine , et *al*. (2012). Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin.* Elsevier, Vol. 64, p. 862.

Davis, A et Sims, D. (1983). Weathering of polymers. *Applied Science Publishers*.

Dealencastro, luiz Felippe et Faure, Florian. (2014). *Evaluation de la pollution par les plastiques dans les eaux de surface en Suisse.* Lausanne.

Dumontet, Bruno. (2015). *Stop plastic in the sea Expedition Med*.

expedition-7eme-continent. (2012). expedition-7eme-continent.over-blog.com. [En ligne]. 31 Mai. http://expedition-7eme-continent.over-blog.com/article-des-filets-pour-les-prelevements-d-eau-de-mer-106155828.html.

Fossi, M.C, et *al*.(2012). The role of large marine vertebrates in the assessment of the quality of pelagic marine ecosystems. *Marine Environmental Research*, Vol. 77.

Gall, S.C. et Thompson, R.C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Polution Bulletin.* Elsevier, Vol. 92.

Gordon, D.M. (2006). *Eliminating Land-based Discharges of Marine Debris in: " California: APlan of Action from The Plastic Debris Project"*. Californie : California State Water Resources Control Board.

Greenpeace. *Débris plastiques et pollution des océans.* p. 06.

Gregory, M. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings: entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasion. *Philosophical Transactions od The Royal Society.* Biological Scinces, Vol. 364.

Hammer, Jort, Kraak, Michel H.S et Parsons, John R. (2012). Plastics in the marine environment: The dark side of a Modern Gift. *Review of environmental contamination and toxicology.* Springer Science+Business Media, Vol. 220.

Hirai, H, et *al*. (2011). organic micropollutants in marine plastics debris frome the open ocean and remote and urban beaches. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 62.

Imhof, H.K, et *al*. (2012). *A novel Highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments.* s.l. : limnology and oceanography methods, Vol. 10.

Jambeck, Jenna R, et *al*. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* Research, Vol. 347.

Japanese Tsunami Maritime Expedition. (2012). *Scientific field expedition to stdy plastic marine pollution in the north pacific subtropical gyre.* p. 16.

Kadari-Meziane, Y. (1994). Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de BouIsmail. Thèse magister ENS alger. Alger.

Katie. (2015). Algalita | Marine Research and Education.. [En ligne] 2015. http://www.algalita.org/the-manta-trawl/.

Khazimi, Oussama. (2010). Surveillance de la limite inférieure de l'herbier à Posidonia oceanica de Bou Ismaïl. *MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (D.E.U.A) EN SCIENCES DE LA MER. Enssmal.Alger.Algérie.*

Lattin , G.L, et *al*. (2004). A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Marine Pollution Bulltin*, Vol. 49.

Leclaire, L. (1972). La Sédimentation Holocène Sur le Versant Méridional du Bassin Algéro-Baléares. Paris.

Lithner, D, Larsson, A et Dave, G. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. science of the total environment, Vol. 409.

Maryland, Trash Free. (2014). trashfreemaryland. [En ligne] 12 Novembre 2014. http://www.trashfreemaryland.org/.

Maryvonne, Henry et François, Galgani. (2013). Rapport du 40eme congres de la Commission Internationale pour l'exploration Scientifique de la mer méditerranée . *Observations des microplastiques sur les cotes francaises de méditerranée occidentale.* Marseille, Vol. 40, p. 308.

Mato, Y, et *al*. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental.* Science technology, Vol. 35.

Moore, C.J, et *al*. (2001). Acomparisonofplastic and plankton in the North Pacific central gyre. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 42, pp. 1297–1300.

Moore, Charles. (2008). *Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat.* s.l. : environnemental research, Vol. 108.

Muller, R.J, Kleeberg, I et Deckwer, W.D. (2001). *Biodegradation of polyesters containing aromatic constituents.* Biotechnology, Vol. 86.

Norén, F. (2008). Small Plastic Particles in Coastal Swedish Waters. *N-Research report*.

NOWPAP. (2007). *Twelfth Intergovernmental Meeting of the Northwest Pacific Action Plan.*

Oceaneye. (2013). Le fléau plastique de la mer Méditerranée. *le magazine nautique suisse.*

ONM. (2014). Office National de Météorologie. Alger.

plasticseurope.(2015). pastique en europe [Enligne] http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-20142015.aspx?FolID=2.

Raquez, J.M, et *al*. (2011). Oxydative degradation of oxodegradable LDPE enhanced with thermoplastic pea starch: Thermomechanical properties, morphology, and UV-ageing studies. *Science*, Vol. 122.

Rochman, C.M, et *al*. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. scientific Reports b.

Rochman, C.M, et *al*. (2013). long-term field measure organic contaminants in five types of plastic pellets: implications for plastic marine debris a . *Environmental Science technology*, Vol. 47.

Ryan , P.J, et *al*. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal SOciety.* Biological Sciences, Vol. 364.

Sivan, A. (2011). New perspectives in plastic biodegradation. *Current opinion in Biotechnology*, Vol. 22.

SWEEP-NET. (2014). *Rapport sur la gestion des déchets solides en Algerie.*

Terre-marine . *Etat des lieux en région Languedoc Roussillon dans le cadre du programme M.P.M "MICRO PARTICULES PLASTIQUES MEDITERRANEE".* p. 08.

Thébault, Hervé, et *al*. (2012). Validation du protocole, premiers résultats des campagnes de l'ONG « Planète Urgence ».

Van Moos, N, Burkhardt-Holm, P et Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the Blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environnement Science technology*, Vol. 46.

Wright, S L, et *a*l. (2013). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine warms a. *Current Biology*, Vol. 23.

www.Bouteillesalamer.org. (2012). *www.Bouteillesalamer.org.* [En ligne].

annexes

Annexe **1 : Plans détaillés.**

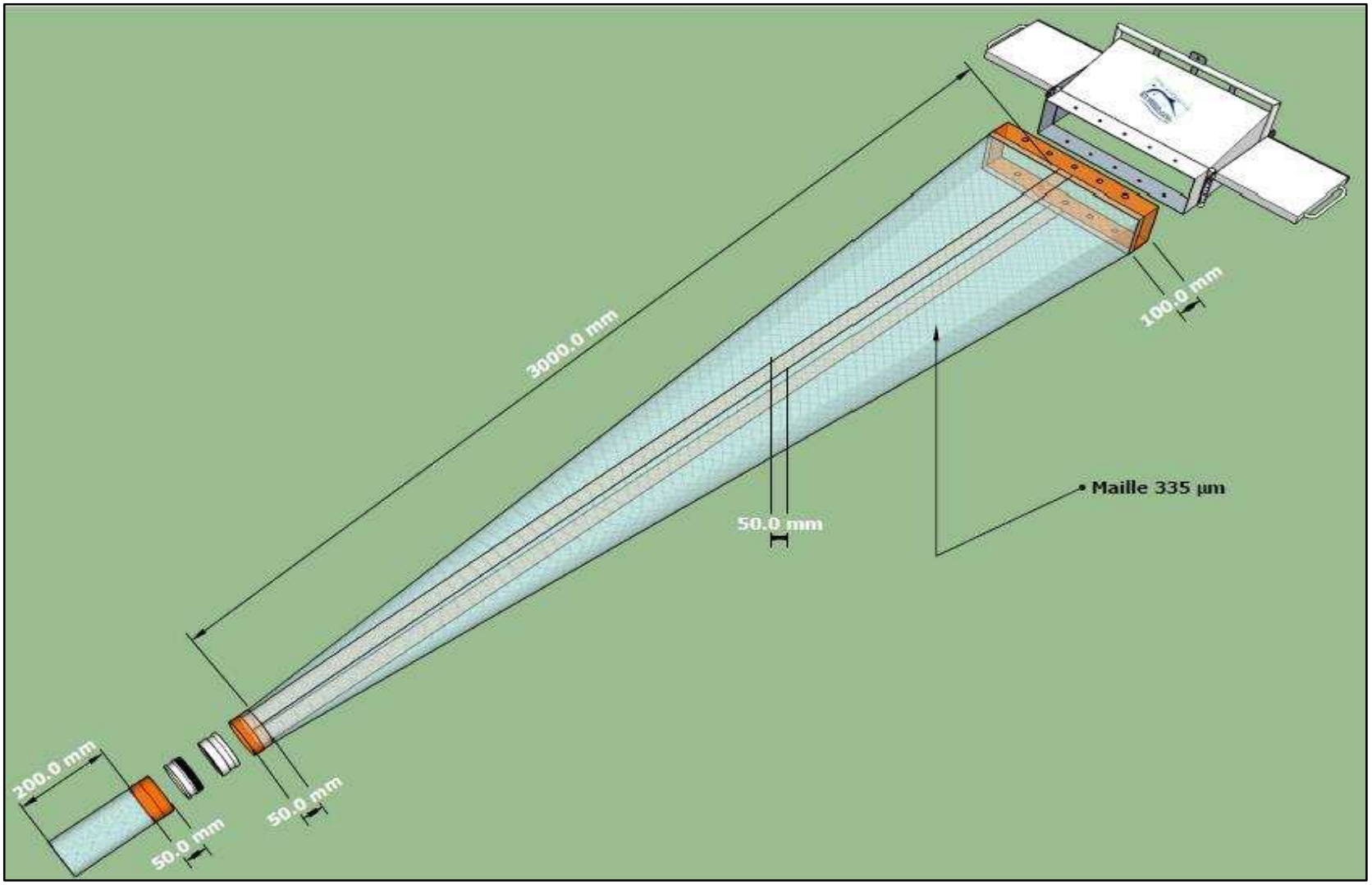


Figure 35: Filet Manta avec ces différentes composantes.

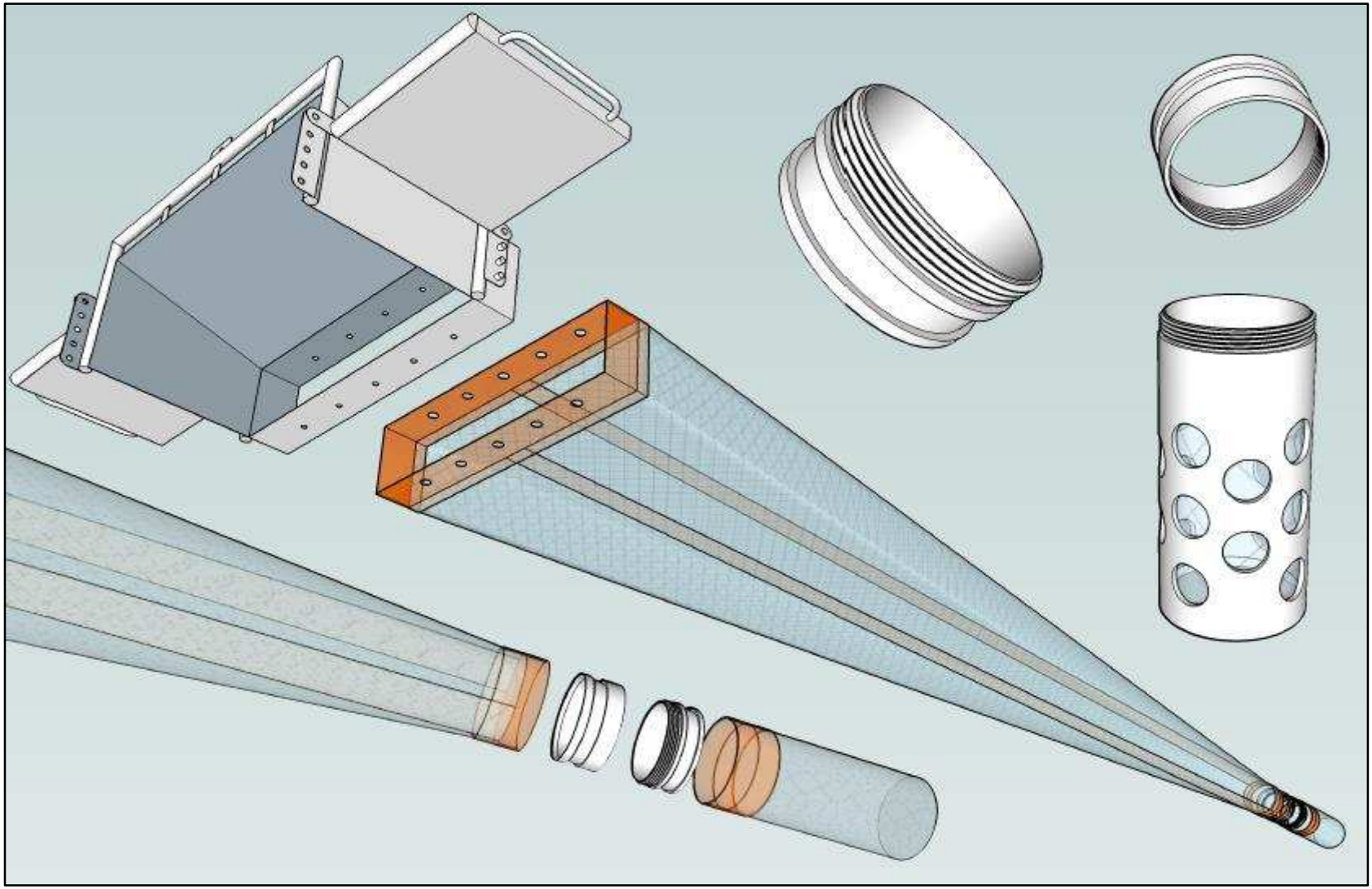


Figure 36: Vue générale des éléments du filet Manta.

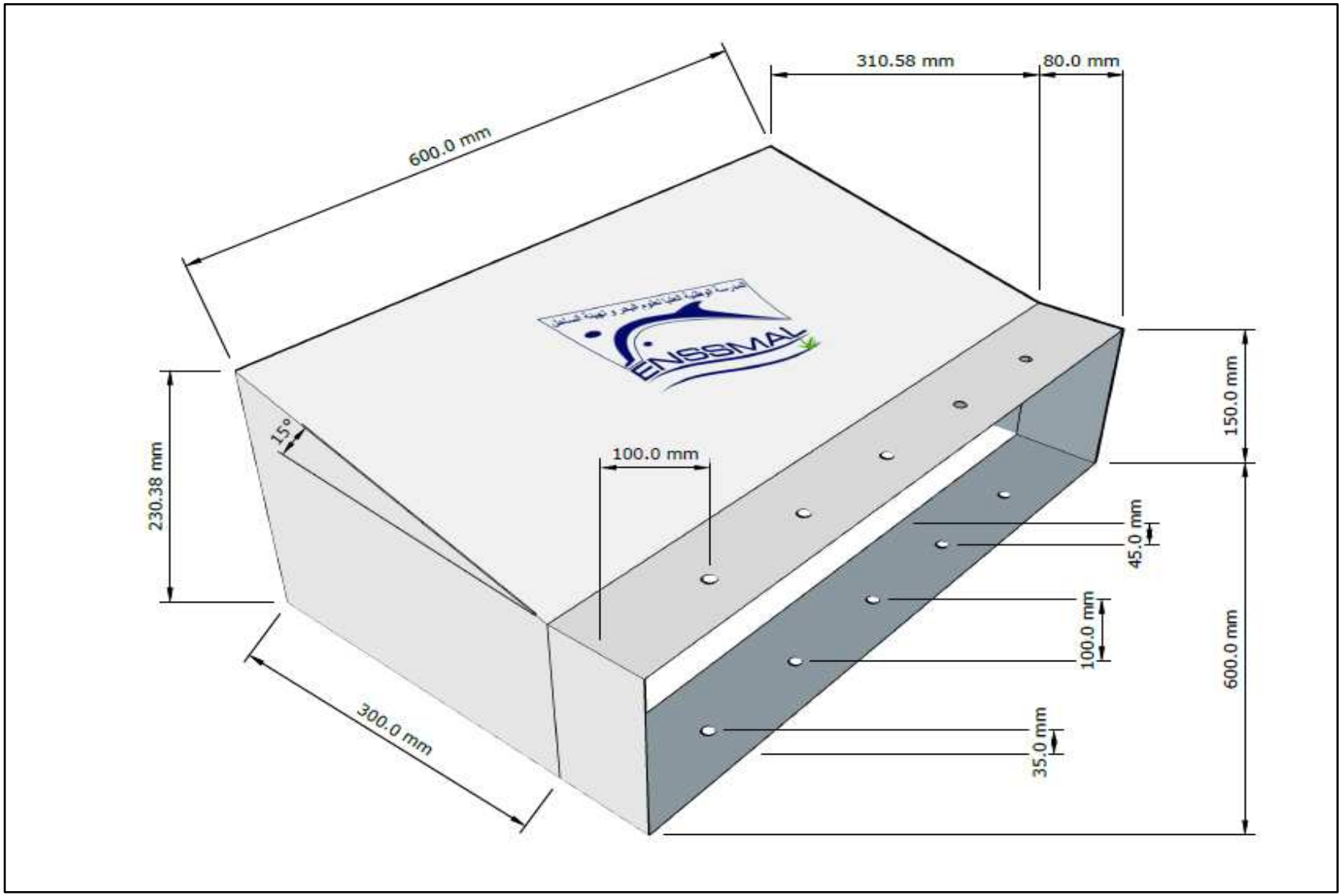


Figure 37: Dimensionnement du socle.

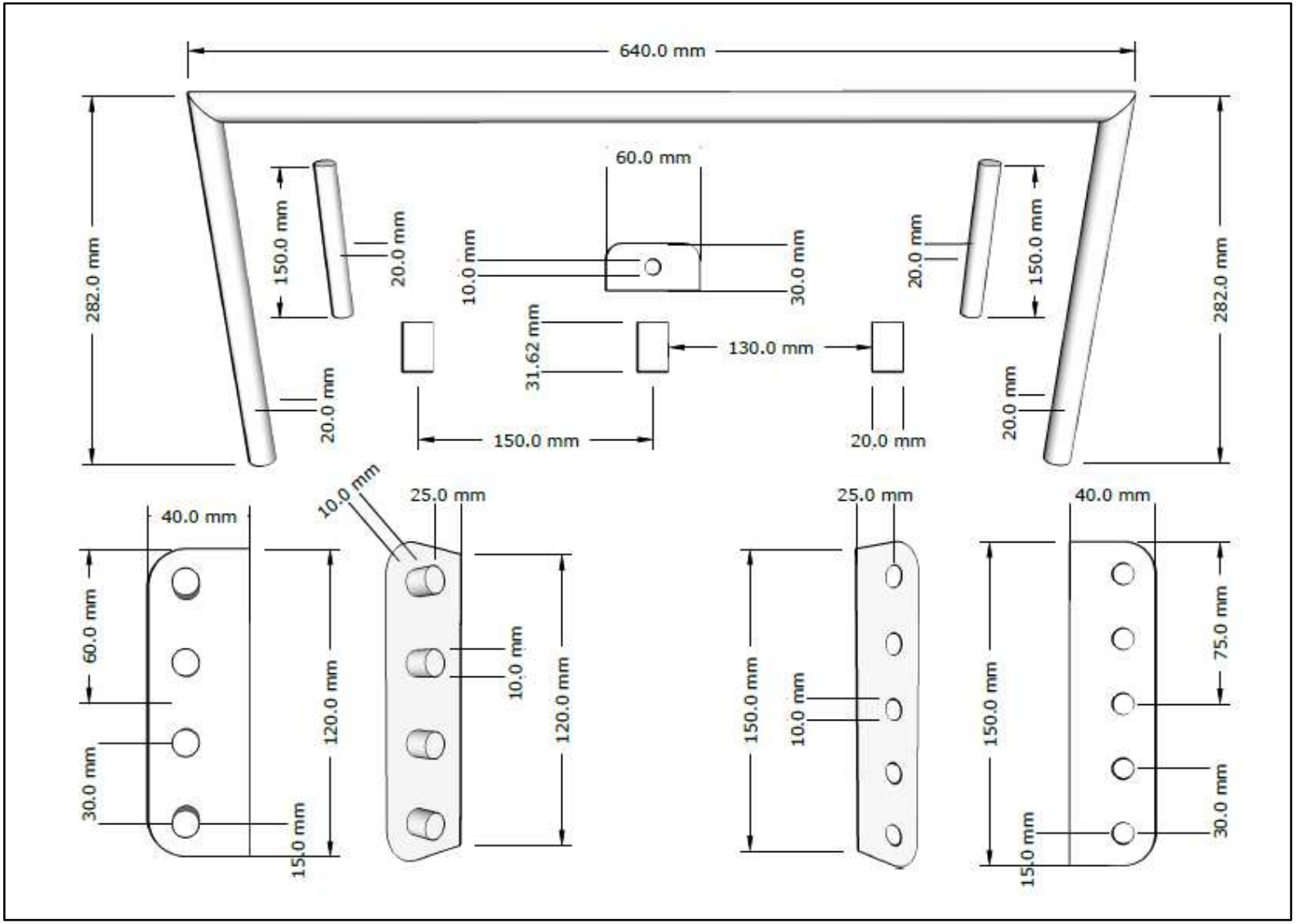


Figure 38: Dimensionnement des différentes composantes du cadre.

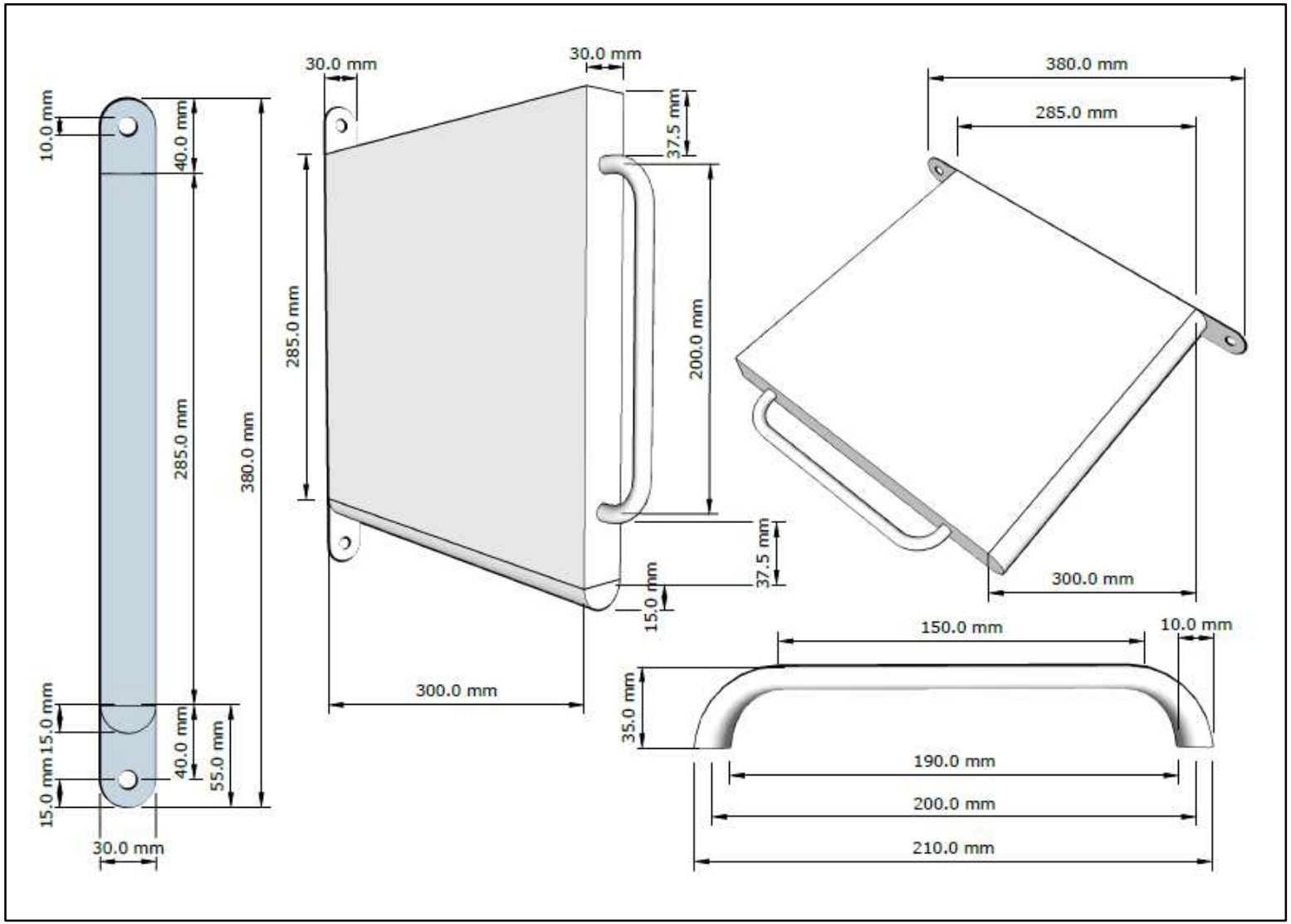


Figure 39: Dimensionnement des différentes composantes des ailes.

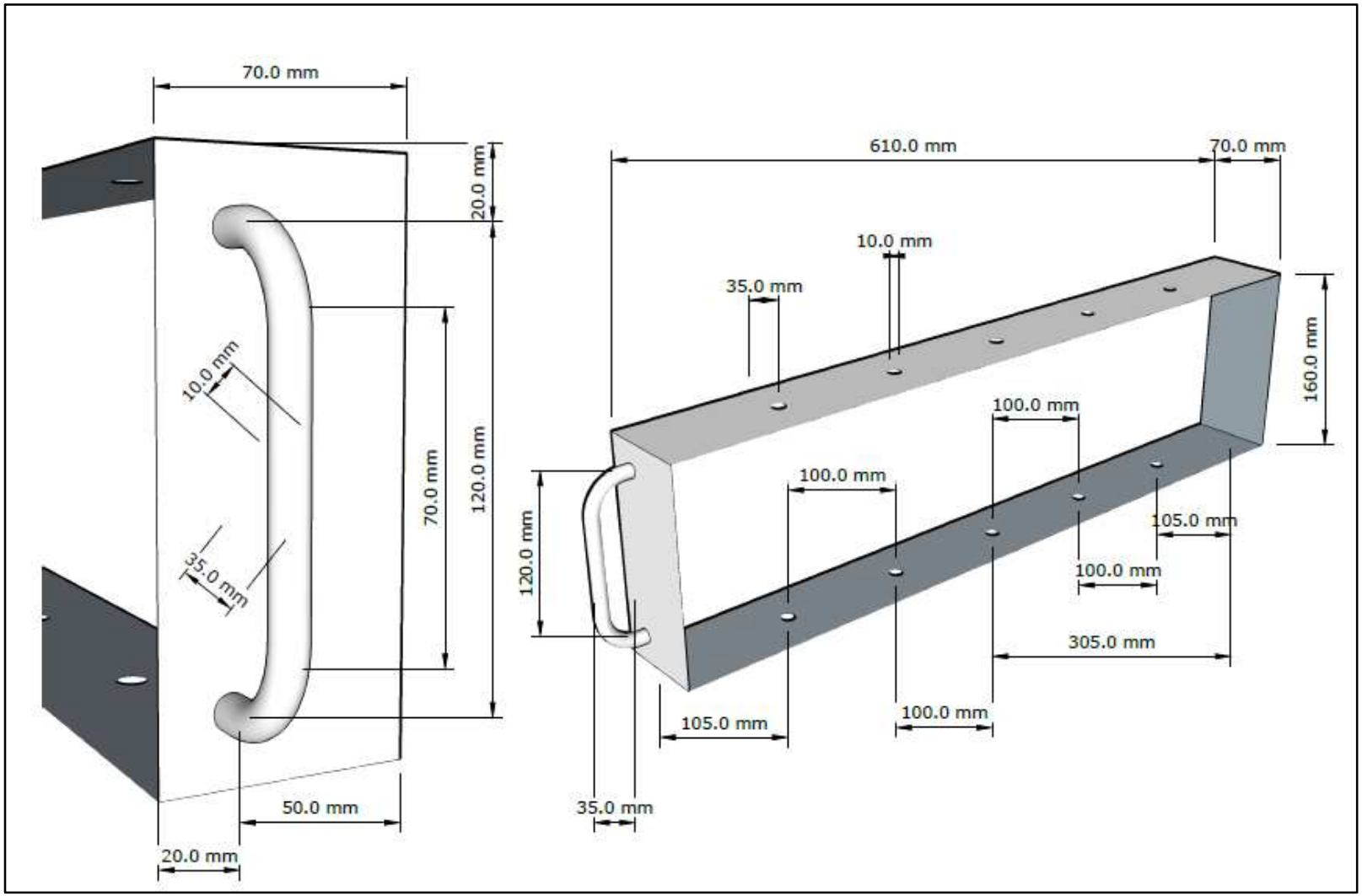


Figure 40: Dimensionnement de la gaine.

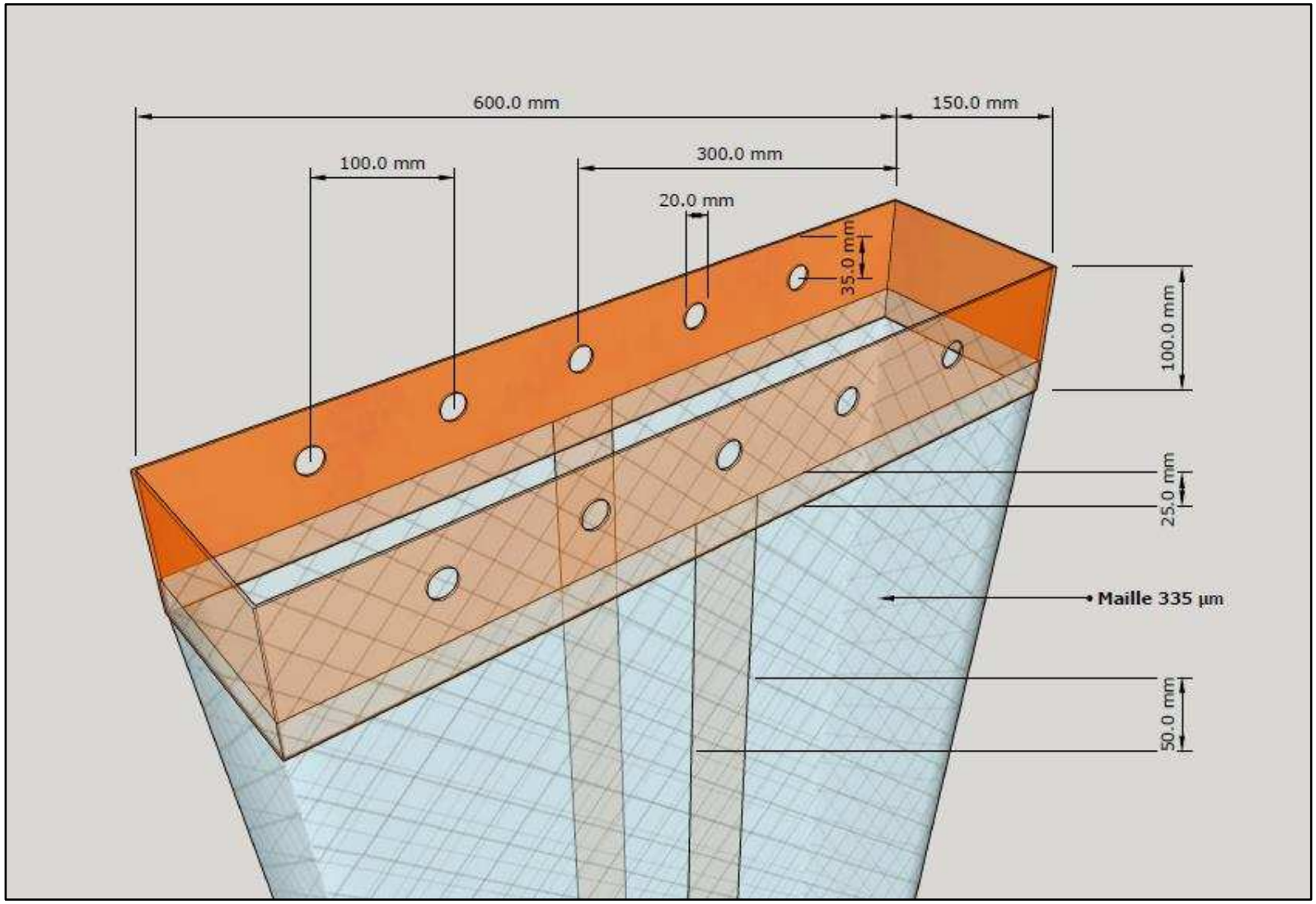


Figure 41: Dimensionnement du filet.

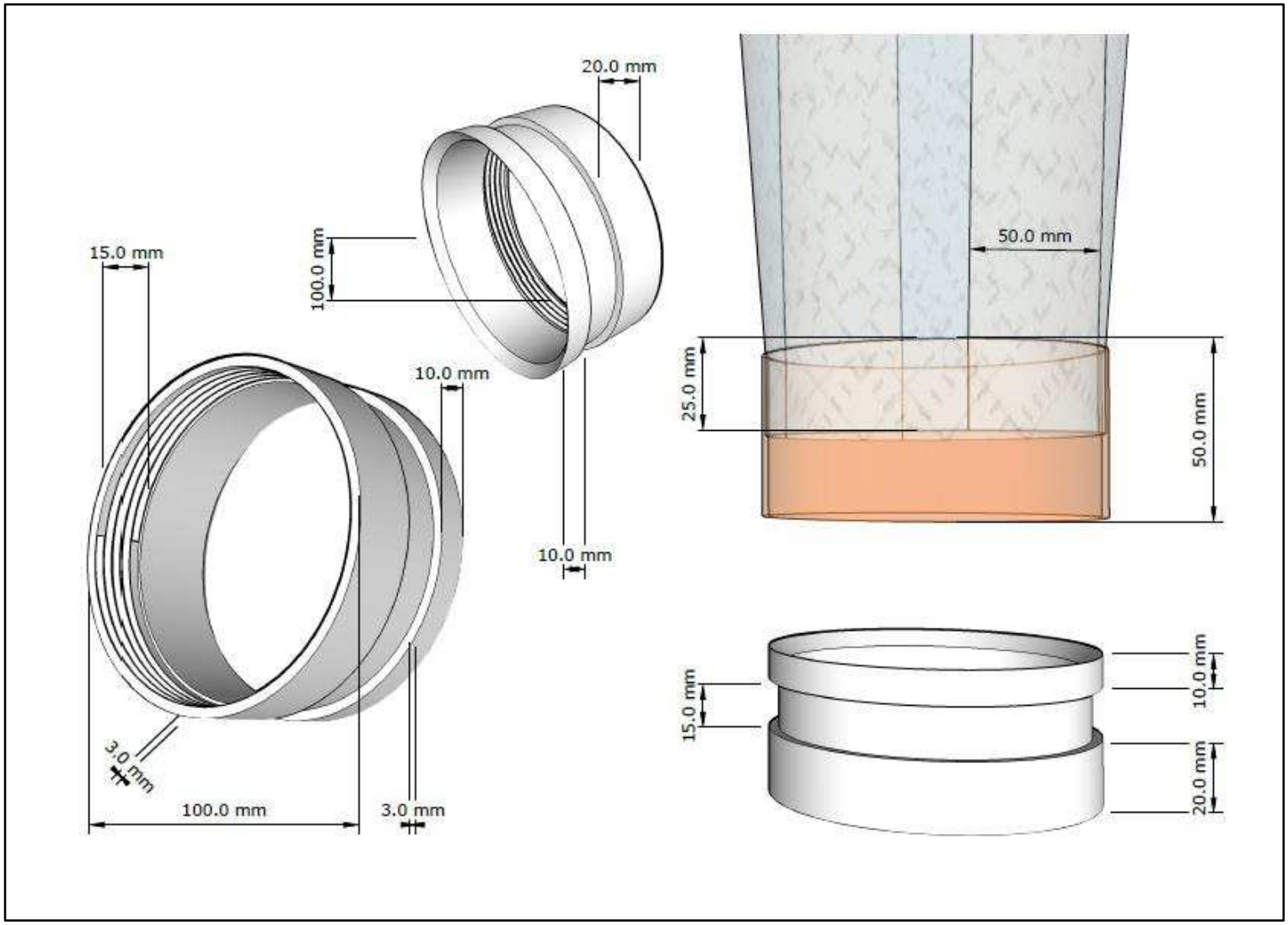


Figure 42: Dimensionnement des différentes composantes du filet.

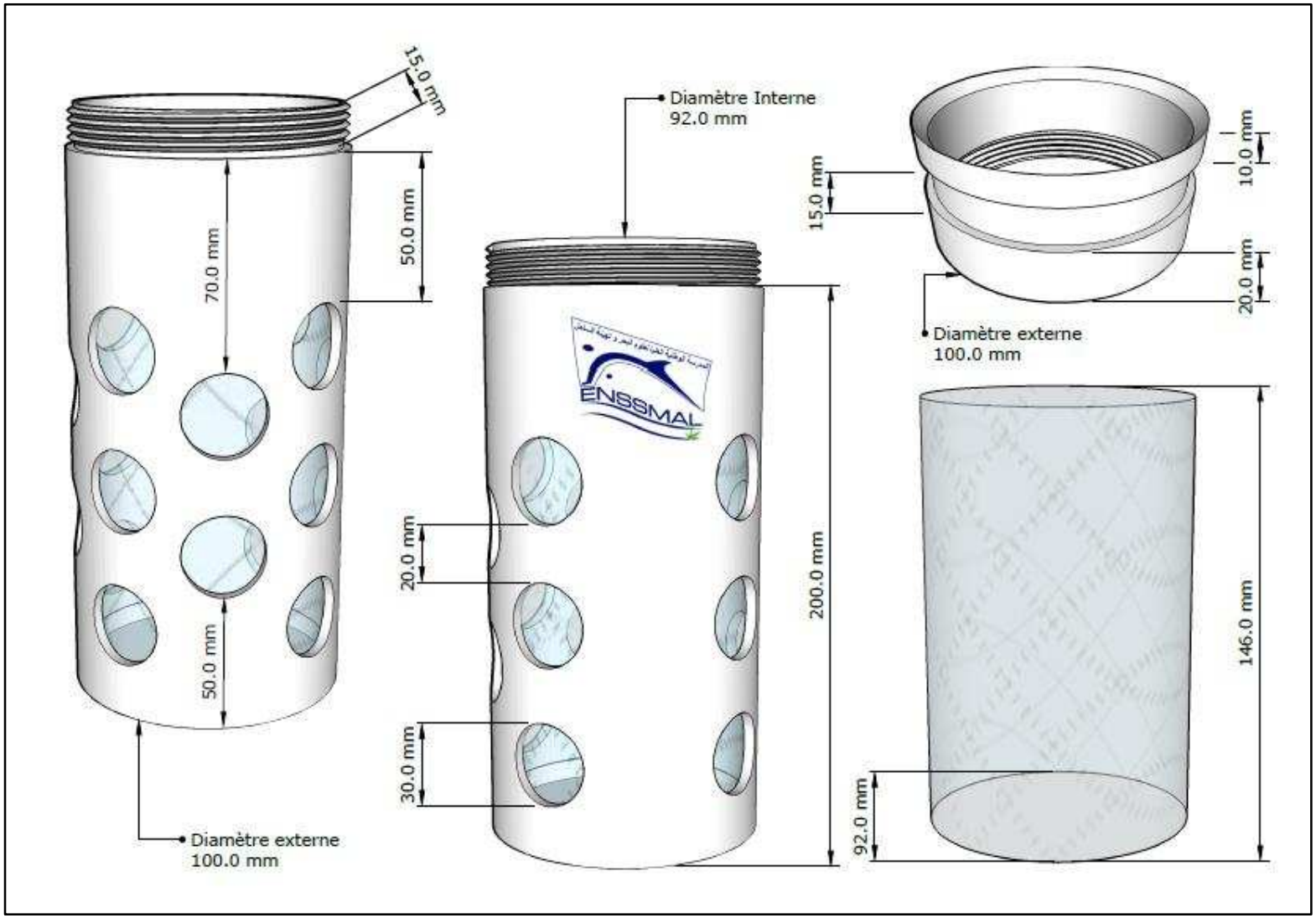


Figure 43: Dimensionnements des collecteurs.

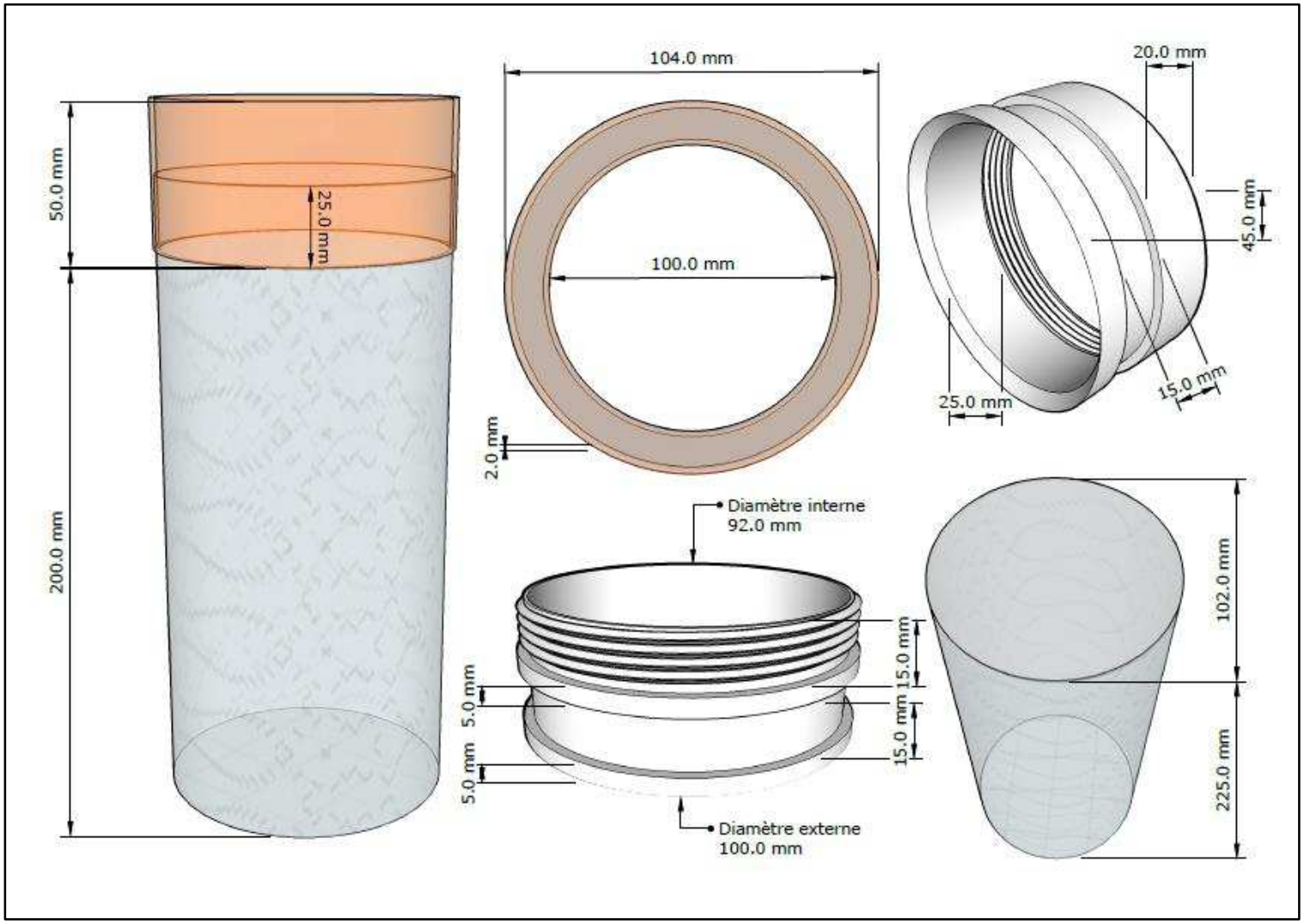


Figure 44: Dimensionnements des collecteurs

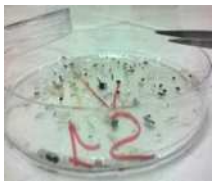
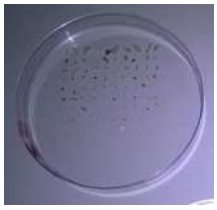
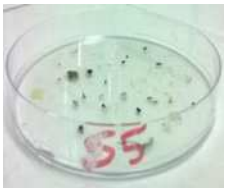
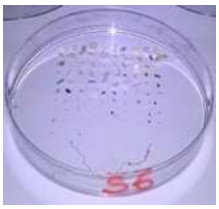
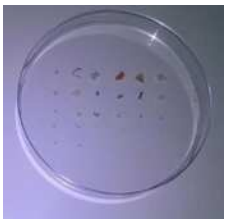
Annexe 2 : Tableau de recueil des données.

Tableau 8: Feuil de recueil des données des stations de la campagne de Juin 2014 dans la baie de Bou-Ismail.

ech	Date	Heure début	Lat début	Long début	Heure fin	Lat fin	Lon fin	Durée (min)	Cap (degrés)	Vitesse (kt)	État mer	Observation	V.compteur début	V.compteur début
1	23/06/2015	14 : 35	36°41’	2° 47’	14 :55	36°42’	2° 47’	20	350°	2.5	calme	Temps couvert	00	4761
2	23/06/2015	15 : 11	36° 42’851“	2° 48’ 413“	15 :31	36° 43’622“	2° 49’ 015“	20	45°	3	calme	Temps couvert	4761	08942
3	24/06/2015	11 :53	36° 46’173“	2°51’ 379“	12 :13	36° 46’774“	2° 52’ 307“	20	50°	2.9	calme	Ensoleillée	08942	12441
4	24/06/2015	12 :30	36° 46’101“	2° 50’ 823”	12 :50	36° 45’725“	2° 49’ 954“	20	244°	2.8	calme	Ensoleillée	12441	17158
5	24/06/2015	12 :58	36° 45’352“	2° 49’ 559“	13 :18	36° 44’915“	2°48’ 582“	20	229°	3	calme	Ensoleillée	17158	23680
6	24/06/2015	13 :32	36° 43’834“	2° 49’ 496“	13 :52	36° 43’284“	2°48’ 721“	20	222°	2.6	Peu agité	Ensoleillée	23680	24527
7	24/06/2015	14 :20	36° 45’676“	2° 47’ 857“	14 :40	36° 45’880“	2°48’ 969“	20	86°	3	Peu agité	Ensoleillée	24527	29168

Annexes 3: Observations au niveau des différentes stations.

Tableau 9: Les observations au niveau des différentes stations

Stations	Végétaux	autre	macroplastiques	microplastiques
1	*Ulva sp* *Zoostera*	Plume		
3	*Ulva sp* *Zoostera* *Posidonia oceanica*	Méduse Plume		
4	*Ulva sp* *Zoostera* *Posidonia oceanica* *Algues filamenteuses*	/		
5	*Ulva sp* *Zoostera*	/		
6	*Zoostera* *Posidonia oceanica*	Plume Feuille		
7	/	/		

Annexes 4: Synthèse des résultats obtenus dans la baie de Bou-Ismail.

Tableau 10: Synthèse des résultats obtenu

station	Distance (km)	Surface (km^2).10^{-3}	Surface (m^2)	Surface (m^3)	Nombre particules µP	Particule/ km^2	Particule/ m^3	Poids sec	Poids/km^2	Poids/m^3
1	4.63	0.9258	925,8	138,87	147	158 781	1,058544	0.08992	97,12681	0,000648
3	5.3708	1.074	1074	161,1	90	86 705	0,558659	0.02260	21,04283	0,00014
4	5.1856	1.038	1038	155,7	98	94 412	0,629416	0.08142	78,43931	0,000523
5	5.556	1.11	1110	166,5	47	42 342	0,282282	0.02247	20,24324	0,000135
6	4.8152	0.966	966	144,9	94	97 308	0,648723	0.04754	49,21325	0,000328
7	5.556	1.11	1110	166,5	26	23 423	0,156156	0.01933	17,41441	0,000116

Distance = Vitesse/ temps

Surface = Distance x largeurs du socle

Densité = [Nombre de particule / surface] et [poids sec de l'échantillon / surface]

Annexe 5 : Protocole de collecte et comptage des microplastiques.

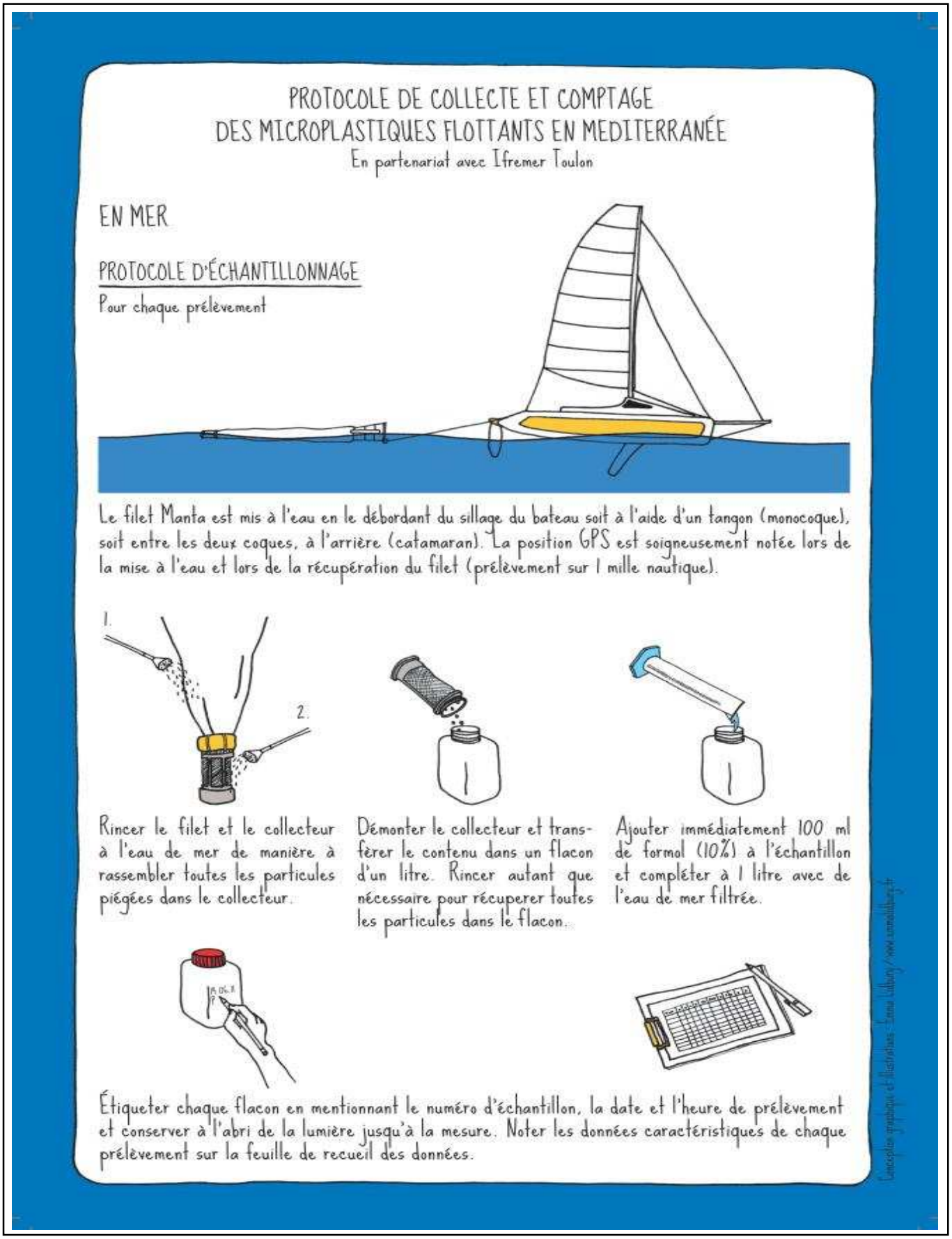


Figure 45: Protocole de collecte et comptage des microplastiques flottants en méditerranée.

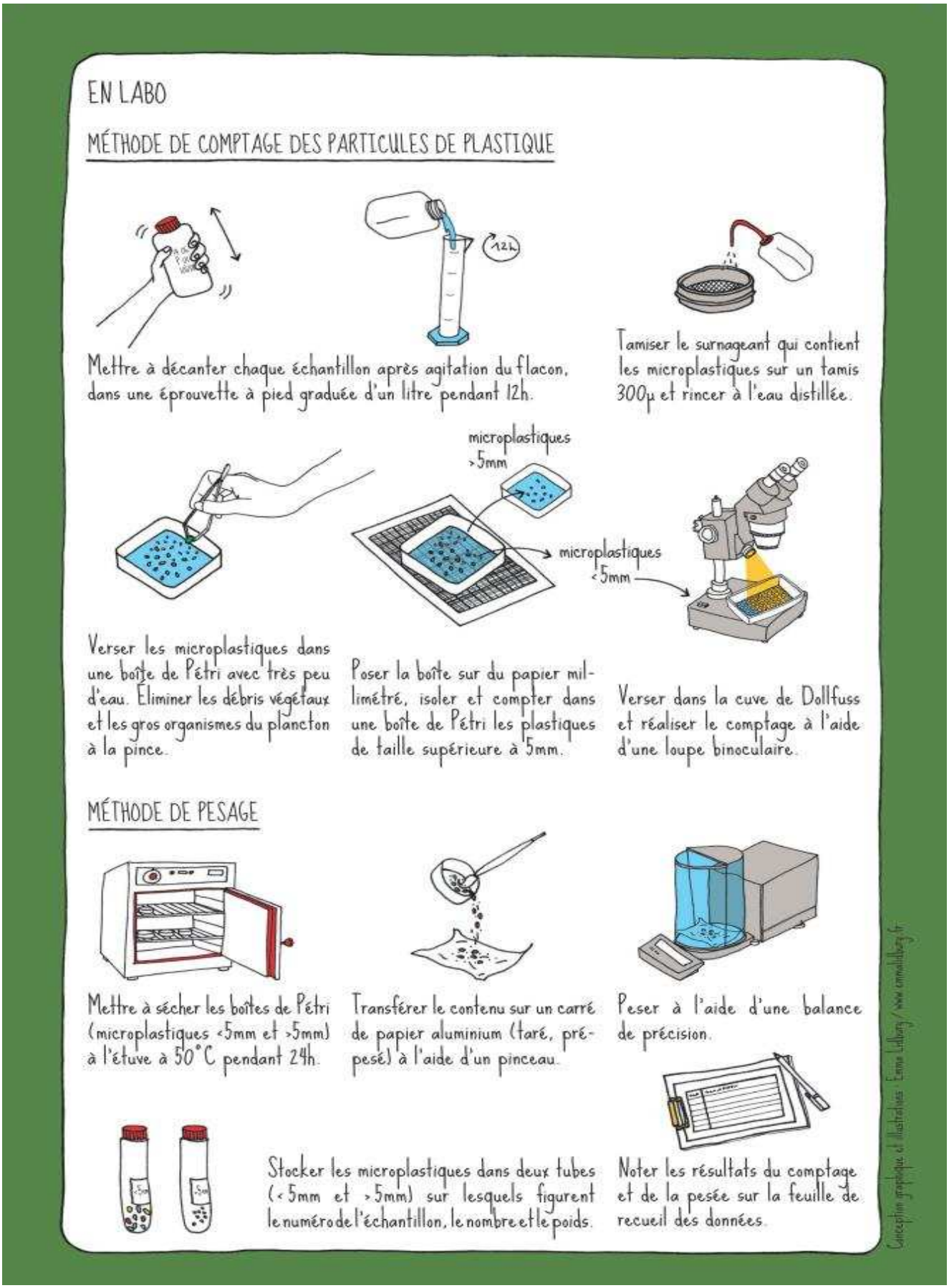


Figure 46: Protocole de collecte et comptage des microplastiques flottants en méditerranée.