

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE A.MIRA – BEJAIA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Biologiques de l'Environnement

Mémoire de Master II

**Pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Naturelles de
l'Environnement**

Thème

**ABONDANCE ET REPARTITION DES DEBRIS
PLASTIQUES AU NIVEAU DES
PLAGES DE BEJAIA**

Présenté par : Melle MERSEL Hanane
Mlle OUARMIM Yasmina

Membres du jury :

Président : Mr F. BEKDOUCHE

Encadreur : Mme N. MOALI

Examineur: Mr H. SIDI

Mr. C.LABIOD

Co-promoteur: Mr. A. DAHMANA

Année Universitaire : 2012 /2013.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu notre encadreur Pr. Nadia MOALI GRINE pour tous les efforts qu'elle a fourni et son entier investissement dans la réussite de ce travail, et ce malgré tous les désagréments dont elle est victime.

Notre reconnaissance s'adresse également à :

Mr A. DAHMANA, qui a secondé Mme MOALI dans son rôle d'encadreur.

Mr A. MOALI, Mr F.BEKDOUCHE et Mr R. MOULAI pour leur aide et conseils.

Les ingénieurs labo pour la disponibilité et l'intérêt qu'ils ont montré à l'égard de notre travail.

Nos remerciement s'adresse également à Mlle S. OUARMIM et Mr V. GIRARD (Université de MONTPELLIER II) pour leur patience, suivi et orientation pendant toute la durée du mémoire.

Sans oublier nos parents et familles pour les encouragements, le soutien technique et moral inconditionnel qu'ils nous ont accordé.

Nos amis, tout particulièrement Mr Amine SAIDI (Université de Bejaia) et Karim CHITER (Université Jules verne-Amiens) pour leur appui et soutien.

L I S T E D E S F I G U R E S

Figure 1: Croissance de la production des matières plastiques entre 1950-2009. « Source: **Plastics Europe 2010** »

Figure 2: Principales sources et voies de circulation du plastique dans l'environnement marin.

Figure 3 : Itinéraire simplifié des déchets (Bridoux 1995)

Figure 4: Estomac d'un oiseau plein de débris plastique

Figure 5 : pêche de déchets « port de pêche Bejaia, 2012 »

Figure 6 : Décharge Aokas

Figure 7 : Décharge Sidi-aiche

Figure 8 : Décharge Boulimat

Figure 9 : Port de pêche de Bejaia.

Figure n°10 : de Répartition des sites échantillonnés sur le littoral de Bejaia

Figure n°11 : Quadras 50 cm x 50 cm mis en place

Figure n° 12: Substrat récolté après tamisage.

Figure n°13 : Récupération des déchets par flottaison

Figure n°14 : Opération de tri et de dénombrement

Figure n°15: Distribution du nombre de débris en fonction des transects

Figure n°16 : Distribution du poids de débris en fonction des transects

Figure n° 17: Distribution des nombres des catégories de débris et des plages

Figure n°18 : Distribution des poids des catégories et des plages

Figure n°19 : Pourcentages des dominances des catégories plastiques.

Figure n°20 : Distribution du nombre de débris plastiques en fonction des plages.

Figure n° 21: Distribution poids des débris plastiques en fonction des plages.

Figure n°22 : Distribution du Nombre des débris

Figure n°23 : Distribution du Poids des débris

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°01 : **Principales unités industrielles polluantes et leur milieu récepteur.**

Tableau n°02 : **Critères de distribution des sites.**

Tableau n°03 : **Catégories de plastiques triés.**

Tableau n°04 : **Distribution du nombre de débris plastique sur le littoral de Bejaia.** Le signe (/) représente la limite.

Tableau n°05 : **MOOD test.**

Tableau n°06 : **Distribution des Moyennes des poids et des nombres des catégories de débris en fonction des plages.**

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

Chapitre I : GENERALITES

I. 1. Généralités sur les débris plastiques.....	05
I. 1. 1. Définitions	05
a. Plastique	05
b. Détérioration du plastique.....	05
c. Débris plastiques	05
d. La laisse de mer	06
I. 1. 2. La production et l'utilisation du plastique dans le monde	06
I. 1. 3. Les débris plastiques dans l'environnement marin	07
I. 2. Origine des débris plastiques.....	08
II. 2. 1. Déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers	09
II. 2. 2. Décharges	09
II. 2. 3. Trafic maritime	09
II. 2. 4. Les ports	09
II. 2. 5. Activités anthropiques menées à terre, y compris sur le littoral	10
II. 2. 6. La pêche, la conchyliculture et la plaisance.....	10
I. 3. Mécanisme de transport des débris plastiques.....	11
I. 3. 1. Les cours d'eaux.....	11
I. 3. 2. Les courants.....	11

I. 3. 3. Les vents	11
I. 4. Impact des débris plastiques sur les écosystèmes marins et Côtiers	13
I. 4. 1. Impacts indirects sur le milieu naturel	13
I. 4. 2. Impacts directs sur la faune.....	13
a. Ingestion	13
b. Enchevêtrement	14
I. 4. 3. Impact socio-économique	14
a. Les nuisances vis-à-vis de la population humaine	14
b. Les nuisances vis-à-vis des activités humaines	15
c. Les nuisances économiques	15
I. 5. Identification des sources de pollution de la côte de Bejaia.....	16
I. 5. 1. Les activités touristiques	16
I. 5. 2. Les unités industrielles	16
I. 5. 3. Les décharges sauvages	17
I. 5. 4. Le port	19
a. Les activités commerciales	19
b. Les activités de pêches	20

Chapitre II : MATERIEL ET METHODE

II. 1. Zones d'étude	22
II. 2. Site d'échantillonnage.....	22
II. 3. Protocole d'échantillonnage.....	25
II. 4. Analyses au laboratoire.....	27
II. 5. Traitement de données.....	29

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION

III. 1. Résultats.....	31
III. 1. 1. Distribution spatiale des débris plastique en fonction des plages.....	31
III. 1. 1. 1. Distribution des débris plastiques par catégories.....	35
III. 1. 2. Comparaison de la distribution des débris sur la côte	39
III. 1. 3. Comparaison de la distribution entre la cote Est et la côte Ouest.....	41
III.2. Discussion.....	42
III.2. 1. Répartition spatiale intra-site	42
III.2. 2. Répartition des débris plastiques sur le littoral de Bejaia.....	43
III.2. 3. Distribution Est-Ouest des Débris Plastiques.....	44
III. 2. 4. Distribution des catégories de débris plastiques.....	45
III. 2. 5. Différences enregistrées entre le nombre et le poids des débris.....	46
CONCLUSION.....	48

INTRODUCTION

Les mers et les océans représentent plus de 71% de la surface de la terre. Ces derniers constituent des puits de matière et d'énergie et sont indispensables à la vie sur terre. Point chaud de la biodiversité, ces milieux abriteraient 80 % de la biomasse mondiale et 90 % de la biodiversité (Viel, 2013). Malgré leur importance, ces écosystèmes subissent de plus en plus les agressions de l'homme (pêche industrielle, réchauffement climatique, pollution...etc). Effectivement, les impacts sur l'environnement se sont vus multipliés, avec les nouveaux modes d'exploitation et de productions inappropriées qui ont vu le jour. Le développement technologique et la révolution industrielle ont propulsé l'humanité dans une nouvelle ère où le moteur régisseur est le profit et où société de consommation rime avec croissance démographique.

L'une des principales dégradations que subit l'environnement marin est la pollution. Elle représente une réelle menace pour la biodiversité (Yves, 1974). La pollution a été définie par la Commission Internationale d'Océanographie de l'UNESCO comme étant : *« ...l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin, pouvant entraîner des effets délétères, tels que des dommages sur les ressources biologiques, des risques pour la santé humaine, des entraves aux activités maritimes, une détérioration des qualités de l'eau de mer et une réduction des possibilités dans le domaine des loisirs »*. Elle résulte des produits rejetés directement dans le milieu marin mais aussi des produits rejetés sur terre qui se retrouvent pour 80% en mer (Borloo, 2009).

En 1997, l'Académie des Sciences US, a estimé la quantité de déchets se retrouvant chaque année dans les océans du monde à 6.4 millions de tonnes. La plupart de ces déchets se déposent dans les fonds océaniques et une autre partie reste en suspensions dans l'eau (Bennett, 2010). Suivant ce dernier auteur, l'un des polluants les plus répandus dans ces milieux est le matériau plastique. Celui-ci représente, au sens de (Derraik, 2002), la plus importante quantité de déchets recensés dans l'eau et sur les plages. Il constitue un polluant qui est surtout présent dans les zones les plus peuplées et industrialisées du monde (Morris, 1980).

La principale caractéristique qui fait de la matière plastique un élément de pollution important est bien sa résistance à la dégradation dans tous les compartiments de l'environnement (Hidalgo, 2012). En effet, une bouteille en plastique peut prendre 450 ans avant sa dégradation complète (Bennett, 2010).

La mer Méditerranée, par sa structure fermée, le nombre d'industries qui l'entoure, l'importance du trafic maritime qui la caractérisent (Morris, 1980), les courants marins (très faibles) et le renouvellement de l'eau qui se fait très lentement, uniquement par le détroit de Gibraltar, entraînent une vulnérabilité particulière à ce type de pollution (Milot et Taupier-Letage, 2005).

Les études menées sur l'abondance des déchets plastiques sur les côtes sont encore peu nombreuses dans le bassin méditerranéen, tandis que d'autres études à travers le monde ont fait état de ce phénomène sur les zones côtières, dès le début des années 90. Des résultats alarmants ont ainsi été rapportés pour les pays tels que le Koweït (Shiber, 1989), le Brésil (Spengler et al, 2008), le Chili (Bravo, 2009), Malte (Andrew et Holmes, 2011) et la Belgique (Claessens et Janssens, 2011).

L'Algérie à l'instar des pays magrébins a accordé très peu d'intérêt aux débris plastiques sur ses côtes, la wilaya de Bejaia est encore plus en marge. Les études et les données sur littoral Bougiote sont très limitées par manque d'organismes spécialisées et de moyens alloués à cet effet.

Des travaux antérieurs, notamment des mémoires universitaires, ont été réalisés par M.YALAOUI et L.BOUAMARA en (2001) et S.ABDELKAFI (2006) sur l'abondance des macrodéchets en milieu côtier de Bejaia. Ces premières études ont démontré une dominance des déchets plastiques avec respectivement 84% et 64% des déchets présents sur toute la côte.

Ainsi l'objectif principal de ce travail consiste à évaluer l'abondance et la répartition spatiale des débris plastiques sur le littoral de Bejaia (bande côtière), en tentant de déterminer ;

- l'abondance et les modes de répartition spatiale des débris plastiques au niveau de certaines plages de la wilaya.
- Les différences de répartition des débris plastiques au niveau des différentes plages étudiées.
- les différences de répartition des débris plastiques entre la côte Est et la côte Ouest.
- les débris plastiques dominant en fonction des catégories.

CHAPITRE I

GENERALITES

I. 1. GENNERALITES SUR LES DEBRIS PLASTIQUES

I. 1. 1. Définitions

a. Plastique

Le plastique est un matériau solide, qui contient comme composant essentiel un ou plusieurs haut polymères organiques synthétiques, formés, soit lors de la fabrication du polymère ou de la fabrication d'un produit fini par la chaleur et / ou pression (Andrady, 1990). La définition proposée englobe à la fois les produits en plastiques mais aussi des pastilles de résine vierge. Les polymères inorganiques tels que les verres sont exclus avec les polymères de faible poids moléculaire qui ne sont pas des polymères "haut" ou solides. La définition exclut aussi tous les polymères produits par des organismes vivants, y compris la cellulose, le caoutchouc naturel et les polyesters bactériens. Dans le cas d'un matériau composite, où un composant est un polymère, le matériau est exclu si le polymère lui-même est un composant mineur pas essentiel à la formulation (Andrady, 1990).

b. Détérioration du plastique

Désigne la fragilisation et / ou la perte de l'intégrité physique d'un polymère quel que soit le mécanisme qui provoque ces changements (Andrady, 1990).

c. Débris plastiques

Le passage de l'état de déchets à micro-déchets s'effectue par le phénomène de fragmentation sous l'action combinée des UV (Ultra-violet) de la chaleur et de phénomènes d'abrasion mécanique. On obtient alors des déchets de petites dimensions de la taille caractéristique du plancton et plus communément appelé par les scientifiques plancton plastique, formant ainsi les débris plastiques (Ryan et al., 2009). Une classification des déchets par la taille a été proposée (Ryan et al., 2009; Thompson et al., 2009) :

- Micro-déchets : dimensions < 5mm
- Mésodéchets : 5 mm < dimensions < 20 mm
- Macro-déchets : 20 mm < dimensions < 100 mm
- Mégadéchets : dimensions > 100 mm

d. La laisse de mer

A l'origine, le terme désigne les divers objets flottants (organismes ou débris d'organismes) abandonnés par la mer au niveau de son point le plus haut atteint un jour donné (soit à la laisse de pleine mer). Ces échouages quotidiens constituent la laisse de dernière marée. Par extension, le mot en est venu à désigner, d'un point de vue juridique et cartographique, la limite extrême atteinte par la mer en un jour déterminé (pour une mer à marées) ; la laisse de pleine mer pour le point le plus haut et la laisse de basse mer pour le point le plus bas (Henry, 2010).

I. 1. 2. La production et l'utilisation du plastique dans le monde

Le plastique est connu pour être un matériau polyvalent, léger, solide, transparent, idéal pour une variété d'applications, il a remplacé beaucoup d'autres matériaux comme le vert, le bois...etc. Les applications des plastiques sont nombreuses et variées. En Europe, environ 38 % des plastiques sont utilisés pour les emballages jetables (Barnes et al., 2009). La production mondiale de la matière plastique a augmenté de façon constante au cours des dernières années (Figure 1). Cette production est actuellement d'environ 245 millions de tonnes par an et près de 25% de la production mondiale se déroule en Europe (Plastic Europe, 2010). L'utilisation de matières plastiques a atteint environ 100 kg par an et par habitant en Amérique du Nord et en Europe occidentale en 2005 et devrait augmenter à 140 kg d'ici 2015 (UNEP, 2011). Dans les pays asiatique l'utilisation actuelle est d'environ 20 kg de plastique par an et par personne, et est estimé à 36 kg d'ici 2015 (UNEP, 2011). Cependant après cinq décennies de croissance continue, une baisse de la production est enregistrée en 2008 en raison du ralentissement économique.

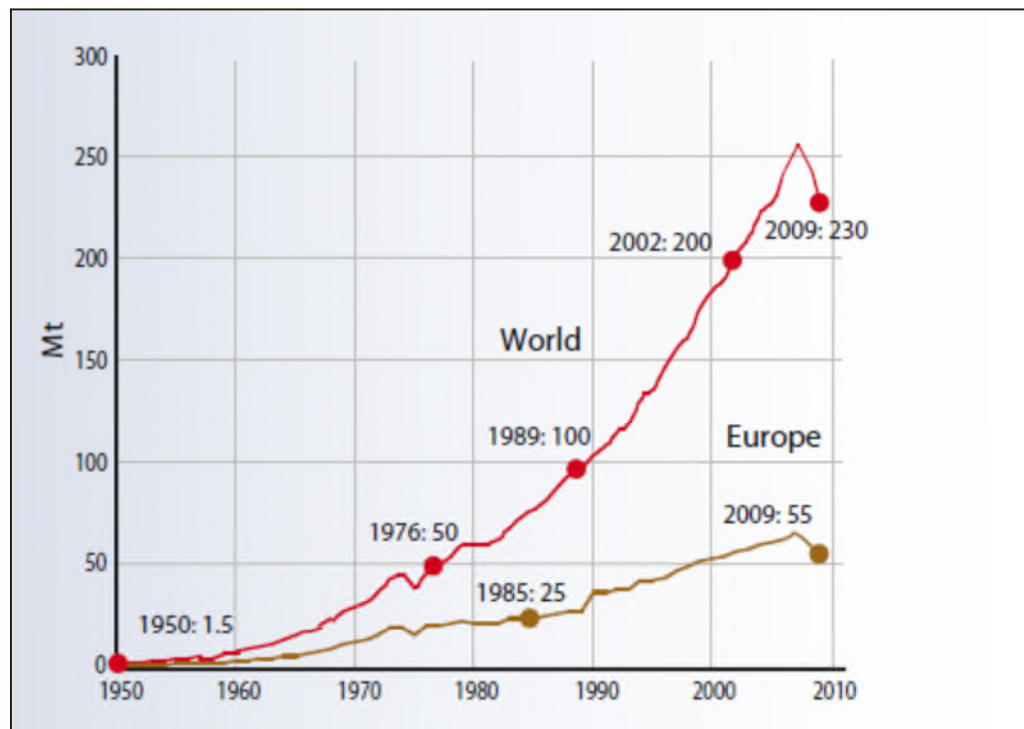


Figure 1: Croissance de la production des matières plastiques entre 1950-2009. « Source: Plastics Europe 2010 »

I. 1. 3. Les déchets plastiques dans l'environnement marin

L'augmentation de la production du plastique enregistrée ces dernières décennies a cependant entraîné une augmentation des déchets plastiques se retrouvant en mer. Effectivement près de 75 à 80.000.000 de tonnes par an de plastique emballages, utilisés dans le monde finissent dans les océans (Corcoran et al., 2009). C'est à dire que 60 à 80% de plastique se retrouve dans les mers et océans, atteignant parfois 90 à 95% dans certaines régions du monde (UNEP, 2011). D'immenses tourbillons de plastiques se forment ainsi dans les mers et océans, appelé par certain « le 7^e continent », dont le plus grand est le tourbillon océanique du pacifique nord, où convergerait près d'un million d'objets au kilomètre carré (Moore et al, 2001). En méditerranée, une forte concentration de débris plastique est aussi enregistrée. Les micro-déchets de plastique sont ainsi estimés à 250 milliards, et la concentration atteindrait 900 000 particules au Km² dans certaines zones (Turener, 2011). Ces débris marin finissent pour la plupart par s'échouer sur les plages et les côtes sous l'action des vents et des courants. Les plages du monde entier sont ainsi jonchées de débris plastique, qui représente une réelle menace pour les organismes marins (Thompson et al., 2004).

I. 2. ORIGINE DES DEBRIS PLASTIQUES

Il est communément admis dans la bibliographie internationale qu'environ 70% à 80% des déchets retrouvés dans les mers et sur le littoral sont d'origine tellurique et que le solde provient des activités maritimes (Hidalgo, 2012). Cependant, une étude menée exclusivement sur le littoral de plus de cent pays par International Clean Up montre que près de 60% des déchets récoltés sur les plages provient directement des activités menées sur place (Henry, 2010). Les fragments de plastique proviennent de deux sources différentes :

1- Une source intérieure : les déchets sont transportés vers les côtes via les cours d'eau, au vent, aux systèmes de drainages ou aux activités humaines. Les dépôts de déchets provenant de l'intérieur des terres se manifestent principalement par une accumulation aux embouchures des cours d'eau et des sorties d'égouts. Les déchets abandonnés sur place se concentrent aux abords des accès de plage (Frias, 2010).

2- Directement à partir des mers ou les variétés de plastiques flottantes de faibles densités s'accumulent et sont transportés sur de grandes distances (Frias, 2010). Les dépôts de déchets sur la plage se font principalement sous forme de laisse de mer qui marque la limite haute du niveau de la mer. Lors des phénomènes de tempêtes on remarque ainsi une concentration plus accentuée des déchets sur les plages (Henry, 2010).

Nous pouvons ainsi distinguer sur les plages quatre zones de dépôt (Henry, 2010)

- La laisse de dernière marée
- La laisse de haute marée.
- la zone d'envol et de piégeage des déchets légers.
- les zones de concentration : accès des plages, embouchure des cours d'eaux.

Les principales sources de pollution plastiques sur les plages recensées sont

II. 2. 1. Déchets abandonnés par négligence ou volontairement sur le littoral par les usagers

Les bouteilles en plastique, les emballages alimentaires, les jouets d'enfants laissés par les baigneurs et usagers des plages représentent la source primaire des débris plastique retrouvés sur les plages après fragmentation (Pruter, 1987).

II. 2. 2. Décharges

Les décharges et dépotoirs sauvages représentent une source d'apport importante de déchets plastique sur les plages. Les vents les cours d'eau les transportent pour finir sur les plages (Franecker, 1985).

II. 2. 3. Trafic maritime

Le rejet des déchets par les navires de commerces et les bateaux de croisières et une source prouvée de débris plastiques en mers (Galgani et al., 1995). Malgré la législation et les conventions internationales pour l'interdiction des rejets, l'accumulation de ces derniers ; en majorité des matières plastiques ; dans les fond marins et à la surfaces des mers augmente de plus en plus (Miyaki et al., 2010). Les plus grandes quantités de granules de plastique de pré-production retrouvés sur les plages viennent des pertes fortuites au cours du transport maritime (Doyle et al., 2011).

II. 2. 4. Les ports

L'activité portuaire génère des quantités importantes de déchets de toutes sortes. Les déchets proviennent de pertes lors de la manutention des cargaisons sur les quais et les navires. Dans les bassins du port, des nappes de macro-déchets s'accumulent jusqu'à êtres transportés lors des vents et des courants forts sur les plages voisines (Janssen et Claesens, 2011).

II. 2. 5. Activités anthropiques menées à terre, y compris sur le littoral

Toutes les activités humaines, qu'elles soient localisées sur le littoral ou non produisent des déchets qui sont susceptibles d'être entrainés vers la mer et finir échoué sur les plages. En effet les granules de pré-production et des fragments de plastiques dans les rivières, les estuaires et les eaux côtières sont souvent le résultat d'une mauvaise évacuation des eaux usées des industrie de plastique (Colton et al., 1974).

II. 2. 6. La pêche, la conchyliculture et la plaisance

La flotte mondiale utilise désormais la matière plastique comme matières principale dans les applications des engins de pêches (Watson et al., 2006). Environ 18% des débris marin en plastique, sont attribués aux activités de pêche. En effet, tous ce qui ne sert plus au pêcheur comme (cordages, casiers, bouées, filets, polystyrène, bidons) sont jetés en mer pour finir le plus souvent échoués sur les plages (Timmers et al., 2005).

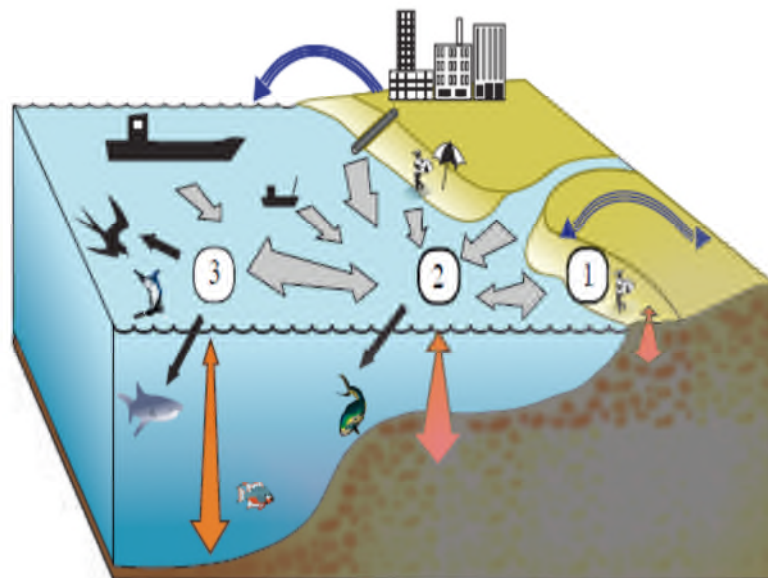


Figure 2: Principales sources et voies de circulation du plastique dans l'environnement marin. La plupart des plastiques s'accumulent sur les plages (1), dans les eaux côtières et leurs sédiments (2), et dans l'océan ouvert (3). Les Flèches bleues foncées représentent les portées par le vent; les flèches grises tout ce qui est d'origine hydrique ; les flèches oranges

les mouvement vertical dans la colonne d'eau, y compris enfouissement dans les sédiments et les flèches noir l'ingestion par les organismes marins « **Source: Adapté de Ryan et al, 2009).**

I. 3. MECANISMES DE TRANSPORT DES DEBRIS PLASTIQUE

Les déchets sont transportés grâce a trois facteurs principaux : les cours d'eau· le vent et les courants marins.

I. 3. 1. Les cours d'eaux, constituent des vecteurs d'apport importants de déchets sur les plages proximales. En effet, les objets abandonnés sur les berges ou jetés dans les cours d'eau sont véhiculés jusqu'à l'embouchure par l'écoulement régulier (André, 2000).

I. 3. 2. Les courants, avec le transport générale parallèle a la coté et avec la dérive littorale, le déferlement des vagues transportent les déchets sur les plages (Obbard et al, 2006).

I. 3. 3. Les vents, est aussi un agent de transport. Les trajectoires des déchets flottants en mer sont essentiellement influencées par les vents (plus que par les courants et l'agitation) (André, 2000). Il peut repousser les déchets vers le large ou le long du littoral, mais il peut aussi favoriser l'atterrissement sur la plage, puis vers les terres. Sur terre le vent emporte les déchets des décharges sauvages de poubelles éventrées vers les cours d'eaux, la mer ou la plage (Henry, 2010).

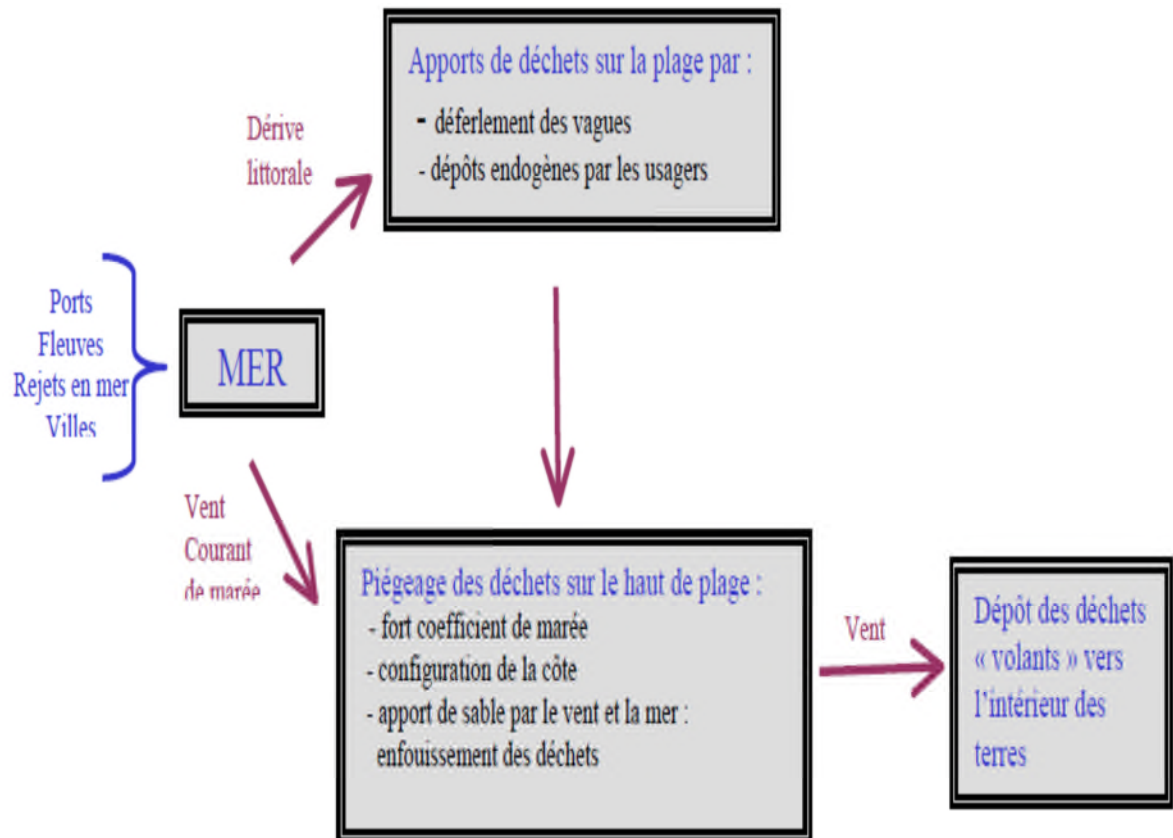


Figure 3 : Itinéraire simplifié des déchets (Bridoux 1995)

I. 4. IMPACT DES DEBRIS PLASTIQUES SUR LES ECOSYSTEMES MARINS ET COTIERS

I. 4. 1. Impacts indirects sur le milieu naturel

Lorsque les quantités de débris de déchets sont importantes sur les plages, les autorités des communes procèdent au nettoyage mécanisé à la place du nettoyage manuel, perturbant ainsi l'écosystème naturel par l'élimination de la laisse de mer qui constitue un habitat de nombreux invertébrés et de lieu de ponte et de nourriture aux oiseaux tout en provoquant aussi l'érosion des plages (Andre, 2000).

I. 4. 2. Impacts directs sur la faune

a. Ingestion

L'ingestion des débris plastique serait à l'origine du décès de nombreuses espèces marines. Au moins 44% des espèces d'oiseaux marin sont connues pour l'ingestion des débris plastiques (Rios et al, 2007). Pour exemple, les albatros à pied noir qui alimentent leurs poussins avec les granulés de plastiques les confondant ainsi avec leur nourriture habituelle (Mallory, 2008). Une autre étude qui a été réalisée sur les fulmars en mer du nord a démontré que 95% de ces oiseaux accumulaient en moyenne 35 pièces de plastiques dans leur estomac (Franeker, 2011).



Figure 4: Estomac d'un oiseau plein de débris plastique

b. Enchevêtrement

L'étranglement notamment par les cordes synthétiques, ligne et filets dérivants en mers, seraient à l'origine du décès de nombreuses espèces marines (oiseaux, mammifères marin, tortuesect). On recense ainsi plus 267 espèces à travers le monde touchées par le phénomène des déchets plastiques, incluant 86% des espèces de tortues marines, 44% des espèces d'oiseaux et 43% des espèces de mammifères marins (Derraik, 2002).

I. 4. 3. Impact socio-économique

a. Les nuisances vis-à-vis de la population humaine

Les déchets échoués sur le littoral constituent pour la majorité des communes littorales, une nuisance principalement esthétique portant préjudice à l'image du site. Les usagers sont particulièrement sensibles à la qualité de leurs lieux de vacances ou de loisirs. De plus, certains déchets que l'on retrouve sur les plages peuvent être la cause de nombreuses blessures pour les usagers (André, 2000). Les particules plastiques, peuvent également être dangereuses pour la santé de l'Homme. En effet, les particules de plastiques ont une grande capacité d'absorption des produits chimiques hydrophobes notamment les DDT et PCB. Leur ingestion par les organismes marins augmente le risque d'entrer dans la chaîne alimentaire

avec la perspective d'atteindre l'Homme ; au sommet de la chaîne alimentaire ; après amplification au fur et à mesure de la chaîne trophique (Adams et al., 2007)

b. Les nuisances vis-à-vis des activités humaines

L'un des principaux impacts s'observe sur les activités touristiques. La vue des déchets sur le littoral porte préjudice à l'image des sites et constitue ainsi une nuisance esthétique qui nuit à la fréquentation touristique, et les déchets flottants peuvent engendrer une gêne importante pour la navigation (André, 2000).

c. Les nuisances économiques

Le nettoyage des plages, le traitement des déchets engendrent des coûts importants pour les communes. Lorsque les laves de mer sont encombrées de ces déchets, elles ne sont que danger et insalubrité à toute volonté de développement touristique, par conséquent les communes se retrouvent dans l'obligation de procéder au nettoyage (Poitou, 2003).

La pêche professionnelle souffre énormément des déchets plastiques en mer, la production halieutique mondiale connaît une baisse fascinante. Un tiers des remontés de filets sont des débris marins en majorité des plastiques (ANONYME 2, 2012).



Figure 5 : pêche de déchets « port de pêche Bejaia, 2012 »

I. 5. IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION DE LA COTE DE BEJAIA

I. 5. 1. Les activités touristiques

Bejaia avec sa façade maritime de 100 km, compte parmi les wilayas les plus visitées d'Algérie et connaît une activité touristique intense. Les plages de la ville constituent ainsi la destination préférée des touristes. Pour accueillir les touristes, la commune de Bejaia compte jusqu'à 22 hôtels sub-urbains, 18 hôtels et 3 complexes balnéaires implantés pour la majorité sur la cote est de la ville (ANONYME, 2013). Toutefois ces activités touristiques exercent une agression permanente sur les plages, notamment les déchets abandonnés par mégarde ou de façon intentionnelle par les estivants (bouteille en plastique, jouets d'enfants de plages, sac en plastique...etc).

I. 5. 2. Les unités industrielles

Les industries représentent une source de déchets plastique importante sur les plages de Bejaia. Souvent ces déchets (bouteille écrasée, bidons, pellette de pré-production...etc.) sont déversés directement en mer ou dans les oueds proximaux (Oued Soummam, Oued Seghir,...etc) sans qu'un tri soit préalablement réalisé. Le tableau suivant représente les unités industrielles les plus importantes en termes de quantité et qualité de déchets rejetés, ainsi que les milieux récepteurs.

Tableau n°01 : Principales unités industrielles polluantes et leur milieu récepteur.

Unité		Milieu récepteur
CG.G.B : complexe corp gras , est « ZI »		Oued Seghir
ENL :Bejaia		
CEVITAL : Port de Bejaia		Mer
ENATB :Port Bejaia		
ICOTAL : Industrie cotonnière ,port de béjaia		
CO.G.B : raffinerie « ZI »		
SARL DANONE DJURJURA, TAHARACHT		Oued Soumam
All Plast	Industrie Chimique plastique	
Sarl Fly CHIMICALS PRODUCTION		
DETERGENT ATEK		
OUAGHLISSI MOULOUD		
ENT MEZOUARI ACHOUR		
PRESSING SERVICE LE PRETIGE		
SARL MIXOIL		
FENAI PLAST		
AIT ALI KARIM		

I. 5. 3. Les décharges sauvages

On compte trois décharges sauvages importantes dans la wilaya de Bejaia susceptible d'être une source importante de déchets plastiques sur les plages de la wilaya. La première décharge se situe sur la plage même d'Aokas, La deuxième se situe sur les rives Ouest de la Soummam à Sidi-Aich, et la dernière la plus importante en terme de quantité, est située à Boulimat. Il existe également de nombreux dépotoirs bordant un peu partout les oueds et les ruisseaux d'eaux. Ainsi l'oued Seghir recevrait une quantité importante d'emballages plastiques, ces dernies finissent en mer après de fortes précipitations (ANONYME 1, 2012).

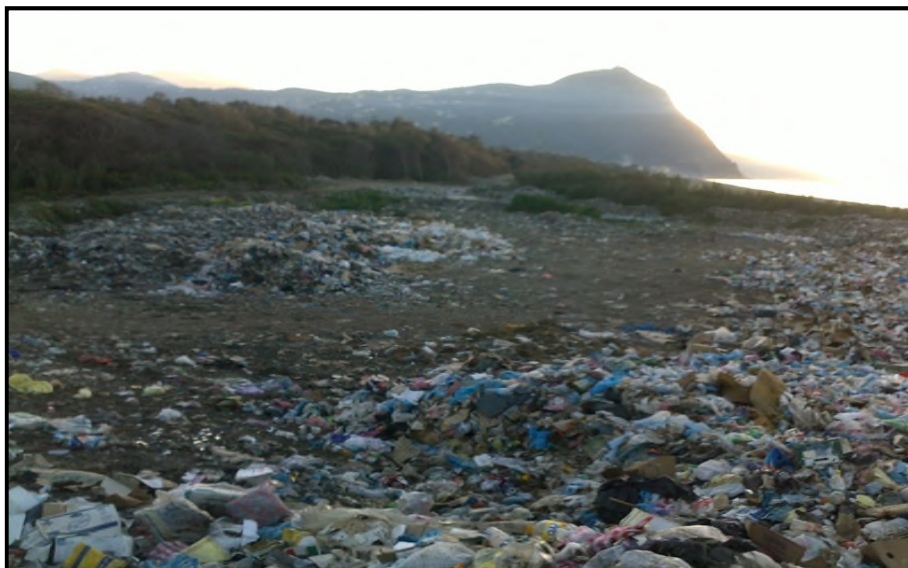


Figure 6 : Décharge Aokas



Figure 7 : Décharge Sidi-aiche



Figure 8 : Décharge Boulimat

I. 5. 4. Le port

a. Les activités commerciales

Dans une étude menée récemment ont démontré la relation étroite entre la distribution des particules plastiques sur les plages et la distance de ces plages aux zones portuaires (Janssen et claessens, 2012). En effet, les ports contribuent en partie à la pollution des eaux côtière. Le port de Bejaia a connu ces dernières années une expansion importante liée à ses activités commerciales. Le nombre de navires est ainsi passé de 286 durant le premier trimestre de 2011 à 338 navires pour la même période de 2012, soit une hausse de 18,1% (ANONYME 4, 2012). Toutefois, cette augmentation de l'activité portuaire se traduit également par une augmentation des nuisances environnementales. En effet, de nombreuses pertes sont ainsi observées lors de transport de marchandises et de la manutention des cargaisons sur les quais. Les opérations de dégazage ou de déballastage contribuent pour beaucoup également à cette pollution. On remarque ainsi sans faute, les nappes de macro-déchets qui s'accumulent dans les bassins et faute de moyens de nettoyages ou même par indifférence, les déchets se retrouvent le plus souvent échoués sur les plages voisines, transportés par les courants et les vents (ANONYME 1, 2012).

b. Les activités de pêches

Les activités de pêches génèrent beaucoup de déchets, l'équipement qui ne sert plus aux pêcheurs se retrouve le plus souvent en mer. Les comportements des pêcheurs et leur ignorance sur les impact que peuvent avoir leur propre faits, se remarque sur les quais même de l'embarquement où on y trouve des bouteilles de plastique des cajous...etc (ANONYME 2, 2012).



Figure 9 : Port de pêche de Bejaia.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODE

II. 1. Zones d'étude

La wilaya côtière de Bejaia (Centre-Est de l'Algérie) s'étale sur une superficie de 3261,26Km². Elle possède une côte orientée Ouest-Est de plus de 100 Km sur laquelle alternent criques rocheuses et plages de sables fins (ANONYME, 2013).

La wilaya de Bejaïa bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des hivers doux et humides et des étés secs. Sur l'année, la moyenne des précipitations varie entre 600 à 1100 mm/an. Les vents principaux sont orientés de l'ouest vers le nord-ouest en hiver et du nord-est vers l'est en été. La région dispose d'importantes ressources en eau superficielles drainées par un réseau hydrographique dense dont le plus important cours d'eau est représenté par l'oued Soummam. (ANONYME 2, 2012).

La zone côtière de la wilaya de Bejaia et son extension sous-marine correspondent à un plateau continental dont la pente régulière est de l'ordre de 1° environ. Le plateau de la baie de Bejaïa est traversé par un petit canyon de 40 à 100m de hauteur. (ANONYME 2, 2012).

II. 2. Site d'échantillonnage

Le choix des sites à étudier s'est fait en fonction de certains critères pouvant influencer la distribution des déchets sur la côte. Afin de couvrir l'intégralité du littoral de Bejaïa, un site par commune a été choisi pour chacune des 8 communes du littoral avec prise en compte de deux sites pour la commune de Bejaia faisant la liaison Est-Ouest de la côte (Sidi-Ali-l'Abhar, coté Est et Boulimat, coté Ouest). (Figure n° 10)

Tableau n°02 : Critères de distribution des sites

Plages	Longueur plage	Largeur plage	Cours d'eau	Fréquentation touristique	Zone d'habitation	Zone industrielle
Melbou centre	1000m	80m	Oued Agrioun	Oui	Oui	Oui
Souk-El-Tenine (//)	900m	80m	/	Oui	Oui	Oui
Aokas centre (Aokas)	700m	40m	Oued Djemaa	Oui	Oui	Oui
Hammadites (Tichy)	900m	70m	/	Oui	Oui	Oui
El-Maghra (Boukhlifa)	1100m	60m	/	Oui	Non	Oui
Sidi-Ali- Labhar (Bejaia)	800m	40m	Oued Soummam	Non	Oui	Oui
Boulimat (Bejaia)	1200m	30m	/	Oui	Oui	Non
Tighremt (Toudja)	800m	50m	Oued Dass Oued MíRaid	Oui	Oui	Non
Ait-Mendil (Beni-Ksila)	1000m	60m	Oued N'Taida	Oui	Oui	Non



Figure n°10 : de Répartition des sites échantillonnés sur le littoral de Bejaia (Source : Goole Earth).

II. 3. Protocole d'échantillonnage

Les travaux d'échantillonnage se sont déroulés les jours de mer calme entre Avril et Mai 2013, c'est-à-dire avant le début de la saison estivale et le passage des services de nettoyage des communes. Chaque plages a été échantillonnée suivant la méthode décrite par Costa et al (2009) et de Bravo et al (2009). Ces méthodes permettent de visualiser la répartition spatiale (horizontale et verticale) des débris plastiques.

Un premier transect parallèle au trait de côte a été mis en place (Costa et al, 2009). Sa longueur était de 100 m et sa largeur de 1 m. Il a été matérialisé et délimité à l'aide d'un fil et de bâtons. Le deuxième transect perpendiculaire à la côte a été mis en place sur les plages suivant la méthode de Bravo et al (2009). La longueur de ce second transect était dépendante de la largeur des plages échantillonnées, variant de 30 à 80 m de long. La largeur du transect a été fixée à 1 m comme pour le premier transect.

Le long de chaque transect, des quadrats de 50 cm x 50 cm ont été mis en place de façon systématique tous les 10 m (Figure n° 11).



Figure n°11 : Quadra 50 cm x 50 cm

Le sable contenu dans chaque quadra a été prélevé sur 2 cm de profondeur à l'aide d'une truelle. Le substrat a été tamisé à l'aide d'un tamis à mailles de 1 mm (Figure n°12).



Figure n° 12: Substrat récolté après tamisage.

Les particules de plus de 1 mm, retenues par le tamis, ont été versées dans un seau rempli d'eau de mer. Les débris plastiques ont ensuite été récupérés par flottaison, grâce à la différence de densité entre l'eau de mer et le plastique (Figure n° 13). Le surnageant a été récupéré à l'aide de filtres à café en papier. Une fois le surnageant récolté, le substrat restant est fouillé afin d'y récupérer d'éventuelles particules de plastique restées bloquées.



Figure n°13 : Récupération des déchets par flottaison.

Les échantillons encore humides ont été transportés dans un endroit clos afin d'y être séchés à l'air libre. Une fois secs, ils ont été transportés au laboratoire pour l'opération de tri.

II. 4. Analyses au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons ont été déposés sur des réceptacles à surface plane (Figure n°14). Les débris organiques et non plastiques ont été retirés ainsi que les plastiques de taille supérieure à 50mm. Le substrat restant a été trié selon 5 catégories, à savoir les plastiques durs, les plastiques mous, les pellets, les films et les filaments (Tableau n°03), les plastiques durs, représentent les plastiques cassables; les mous, les plastiques tordables, les autres catégories sont facilement reconnaissables.

Les débris ainsi triés ont été comptés puis pesés par catégorie et par transect (Tableau n°04).



Figure n°14 : Opération de tri et de dénombrement

Tableau n°03 : Catégories de plastiques triés

Plastiques durs	Plastiques mous	Pellets
		
Films	Filaments	
		

II. 5. Traitement de données

Des traitements statistiques ont été réalisés afin de comprendre la distribution des débris sur le littoral de Bejaia.

Des tests de normalité et d'égalité des variances ont d'abord été effectués pour déterminer les types de tests statistiques à utiliser (test paramétrique ou non paramétrique). Étant donné que les données récoltées ne suivaient pas une loi normale, le recours aux tests non-paramétrique a été nécessaire. Ainsi les tests suivants ont été utilisés :

- Test de Mood (Tableau n°05) : il a servi à déterminer la distribution spatiale axiale (parallèle versus perpendiculaire) des débris plastique au niveau de chaque plage (Figure 15 et Figure 16). Puis dans le but de déterminer la répartition des différentes catégories de plastiques, nous avons réalisé une AFC en utilisant d'abord le nombre de débris puis le poids (Figure 17 et Figure 18)
- Test de Kruskal-Wallis : il a servi à déterminer la distribution des débris plastique sur le littoral de Bejaia, c'est-à-dire en fonction des sites étudiés. Afin de donner une interprétation à ce test et déterminer l'ordre de répartition des débris sur la côte, nous avons calculé les moyennes des nombres (Figure n°20) puis des poids (Figure n°21) des débris pour chaque site étudiée que nous avons présenté sous forme de graphique (Histogramme).
- **Le test paramétrique** de T Student pour les grands effectifs a par la suite été utilisé pour comparer la distribution est-ouest des débris plastiques (Figure 22 et Figure 23).

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

III. 1. RESULTATS

III. 1. 1. Distribution spatiale des débris plastique en fonction des plages

Les résultats de l'échantillonnage montrent que le nombre des débris plastiques au niveau de chaque plage est très variable. Cette variabilité est fonction des sites étudiés ; des échantillons (Ech) prélevés et des transects parallèle (Para) et perpendiculaire (Perp) (Tableau n°04) utilisés. Pour exemple, le nombre maximum de débris est enregistré au niveau du site Hammadites avec plus de 4000 débris enregistrés dans l'échantillon (Ech) 5 du transect perpendiculaire (Perp) et un minimum de 09 débris dans l'échantillon 10 du transect parallèle et l'échantillon 02 du même transect, ce qui dénote de la grande variabilité intra-site.

Afin de comparer la répartition des débris plastique entre le transect perpendiculaire et parallèle, le teste de Mood a été réalisé. Les résultats (tableau n°05) Révèle que la distribution spatiale au niveau des sites de Souk-El-Tenine, Aokas, Hammadites, El-Maghera, Sidi-Ali-l'Abhar, Boulimat, Tighremt et Ait-Mendil homogène tandis que le site de Melbou présente une irrégularité de répartition des débris. Alors que les moyennes de ces deux axes relève une grande disparité, avec une concentration beaucoup plus importante au niveau des axes perpendiculaire, tout particulièrement au niveau du site des Hammadites ou une différence remarquable a été relevée (Figure n°15 et Figure n°16), le poids et la taille donnent la même distribution.

Tableau n°04 : Distribution du nombre de débris plastique sur le littoral de Bejaia. Le signe (/) représente la limite.

	Ech 01		Ech 02		Ech 03		Ech 04		Ech 05		Ech 06		Ech 07		Ech 08		Ech 09		Ech 10	
	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp	Para	Perp
Melbou	17	80	29	03	14	09	31	88	21	77	52	268	38	120	21	235	35	/	13	/
Souk-El-Tenine	48	37	15	27	39	0	44	28	26	102	19	140	32	412	18	619	30	/	39	/
Aokas centre	14	06	01	60	03	27	01	22	10	/	01	/	08	/	01	/	0	/	0	/
Hamma-dites	25	15	09	22	22	201	18	84	22	4283	11	3894	16	953	15	/	23	/	09	/
El-Maghra	01	0	0	0	0	68	20	36	20	122	0	1651	0	/	04	/	204	/	18	/
Sidi-Ali-Labhar	05	05	01	880	06	77	16	391	13	/	24	/	13	/	05	/	07	/	01	/
Boulimat	28	12	21	04	32	02	08	/	14	/	20	/	05	/	09	/	08	/	08	/
Tighremt	0	08	01	02	01	0	0	0	0	0	01	/	01	/	07	/	06	/	00	/
Ait-Mendil	09	20	04	02	05	0	05	09	0	03	03	02	0	/	0	/	03	/	02	/

Tableau n°05 : MOOD test

Sites	Parallèle		Perpendiculaire		Résultats
	Moyenne	Ecart-Type	Moyenne	Ecart-Type	
Melbou	27.1	12.32	107	96.22	p-value = 0.0045 *
Souk-El-Tenine	31	11.46	170.62	224.52	p-value =0.1378
Aokas	3.9	4.95	28.75	22.67	p-value =0.2166
Hammadites	17	5.96	1350.28	1901.78	p-value =0.3137
El-Maghra	26.7	62.91	312.83	657.17	p-value =0.1259
Sidi-Ali-Labhar	9.1	7.29	338.25	398.15	p-value = 0.0843
Boulimat	15.3	9.44	6	5.29	p-value = 0.2826
Tighremt	1.7	2.58	2	3.46	p-value = 0.1091
Ait-Mendil	3.1	2.84	6	7.50	p-value =0.5961

(*) : H0 rejetée.

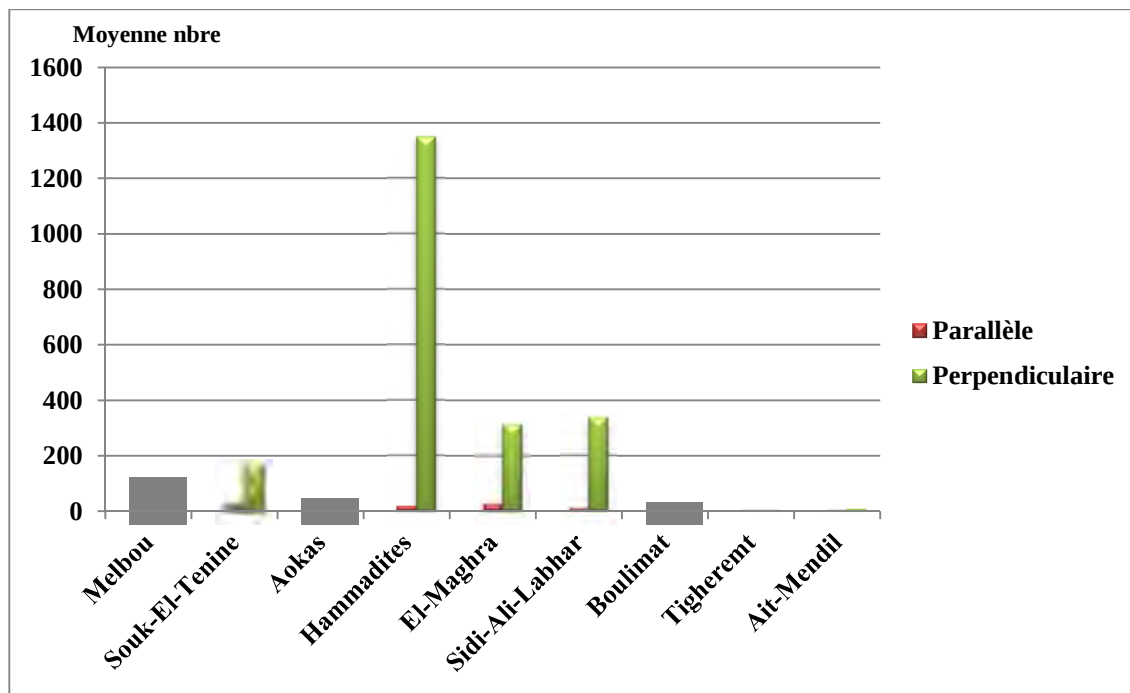


Figure n°15: Distribution du nombre de débris en fonction des transects

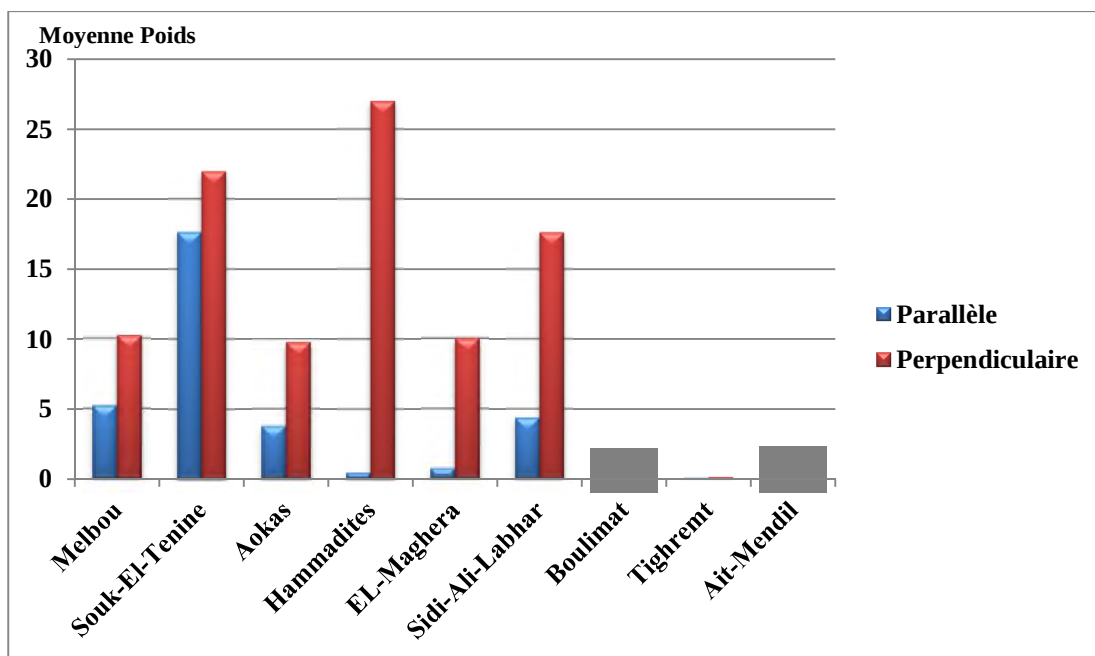


Figure n°16 : Distribution du poids de débris en fonction des transects

III. 1. 1. 1. Distribution des débris plastiques par catégories

La distribution des débris plastique par catégorie (Tableau n°06) fait état d'une distribution inégale, variant d'un site à un autre. Nous observons ainsi l'absence de certaines catégories sur certaines plages, notamment au niveau d'Ait-Mendil et Tighremt où nous notons l'absence respective des pellets et des plastiques durs, des pellets et des filaments.

La répartition des catégories par plage est très diversifiée, nous remarquons ainsi une prédominance en nombre des débris plastiques durs (G1) pour les plages Melbou, Souk-El-Tenine, Hammadites. Les plastiques mous (G2) sont dominants pour les sites comme Melbou, Souk-El-Tenine et Sidi-Ali-l'Abhar. Les pellets (G3) sont uniquement dominants aux Hammadites, El-Maghera et souk El-Tenine, résultats confirmée par l'AFC. Souk-El-Tenine, se trouvant à l'intersection des 3 catégories dominante (G1, G2, G3) (Figure n°17). Les films sont dominants à Melbou, Souk-El-Tenine et Hammadites. Les filaments sont très faiblement représentés au niveau de toutes les plages avec une moyenne maximale de 10.5 à Souk-El-Tenine (Tableau n°06). Or que la répartition des catégories par poids donne Melbou, Aokas, Hammadites, Sidi-Ali-l'Abhar et Ait-Mendil pour la catégorie des plastiques durs (G1), Melbou, Souk-El-Tenine, Aokas, Sidi-Ali-l'Abhar et Boulimat pour les plastiques mous (G2) et Hammadites et El-Maghera pour la catégorie pellets (G3) (Figure n°18).

Lorsque, nous comparons la moyenne des nombres avec la moyenne des poids mesurés pour chaque plage, nous remarquons que le poids et le nombre dénote de la même distribution :

G1 : Melbou et Hammadites (G1), Melbou, Souk-El-Tenine et Sidi-Ali-l'Abhar (G2) et Hammadites et El-Maghera (G3)

Une dominance avérée des plastiques durs (plus de 48%) et des pellets (35%) sur tous les sites échantillonnés, les autres catégories sont faiblement représentées avec le taux le faible (0.34%) enregistré pour la catégorie filaments (Figure n°19).

Tableau n°06 : Distribution des Moyennes des poids et des nombres des catégories de débris en fonction des plages

	Plastiques durs		Plastiques mous		Pellets		Films		Filaments	
	Nb	Poids (g)	Nb	Poids (g)	Nb	Poids (g)	Nb	Poids (g)	Nb	Poids(g)
Melbou	22.11	3.75	18.5	3	11.66	0.31	10.11	0.63	0.22	0.015
Souk-El-Tenine	36.94	4.74	14.38	13.4	30.5	0.6	10.05	1.01	1.16	0.031
Aokas centre	3.21	2.53	4.92	3.68	1.14	0.046	1.5	0.48	0.21	0.0011
Hammadites	367.2 3	8.4	9.7	0.68	179.37	4.31	9.35	0.31	0.35	0.0056
El-Maghra	17.5	1.87	5.87	0.085	107.37	3.38	3.06	0.015	0.18	0.0007
Sidi-Ali-Labhar	17.21	3.36	63.64	6.31	18	0.81	3.64	0.48	0.64	0.009
Boulimat	1.07	0.16	4.38	1.45	0.3	0.005	6.76	0.23	0.61	0.01
Tighremt	0	0	0.4	0.08	0	0	0.4	0.0036	0	0
Ait-Mendil	1.12	1.045	1.75	0.94	0	0	1.12	0.14	0.18	0.02

Analyse Factorielle des Correspondances

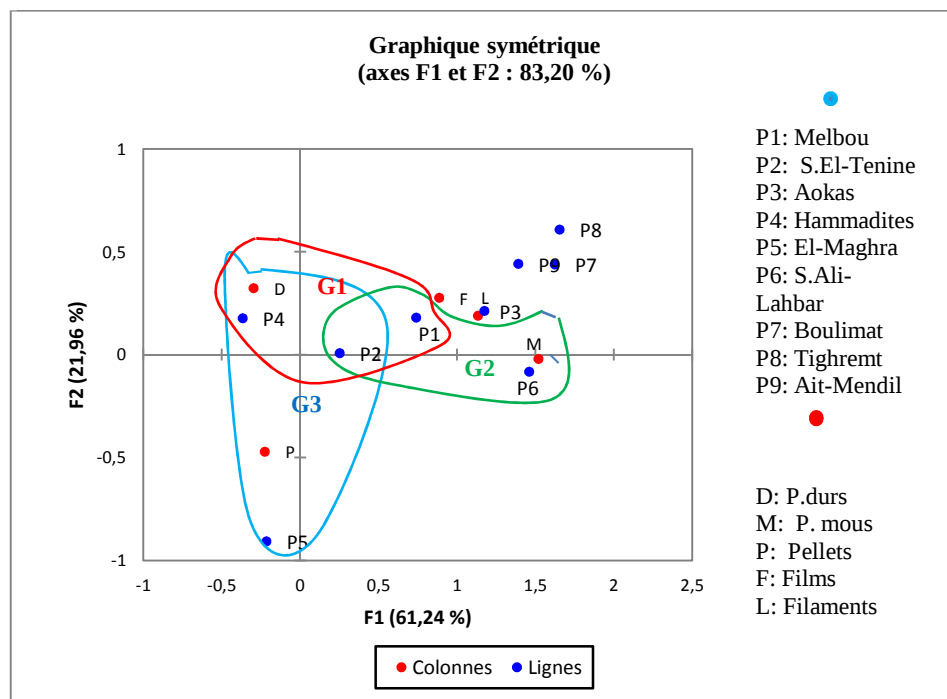


Figure n° 17: Distribution des nombres des catégories de déchets et des plages

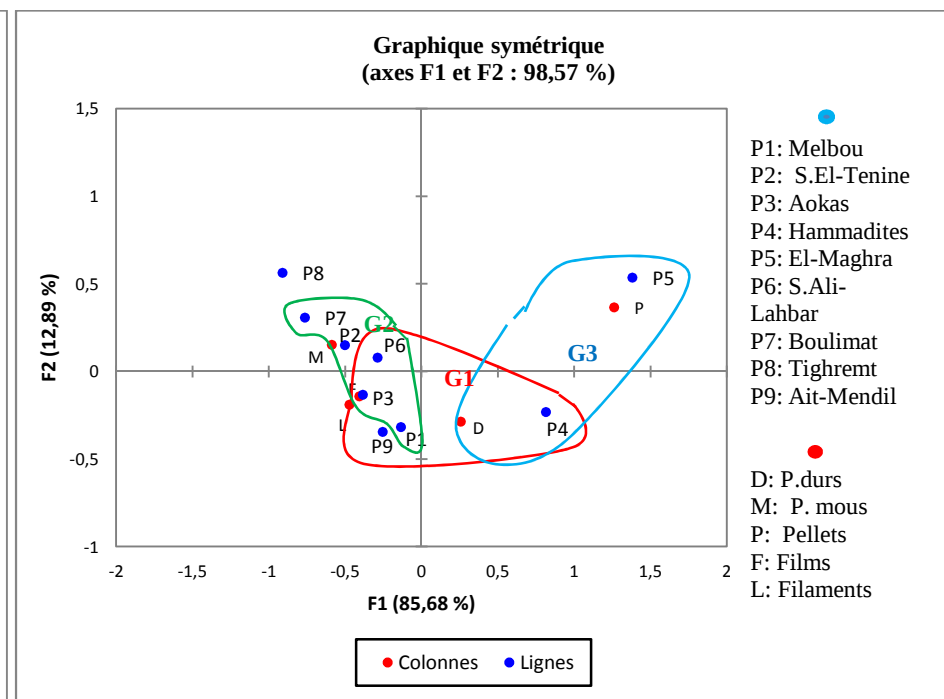


Figure n°18 : Distribution des poids des catégories et des plages

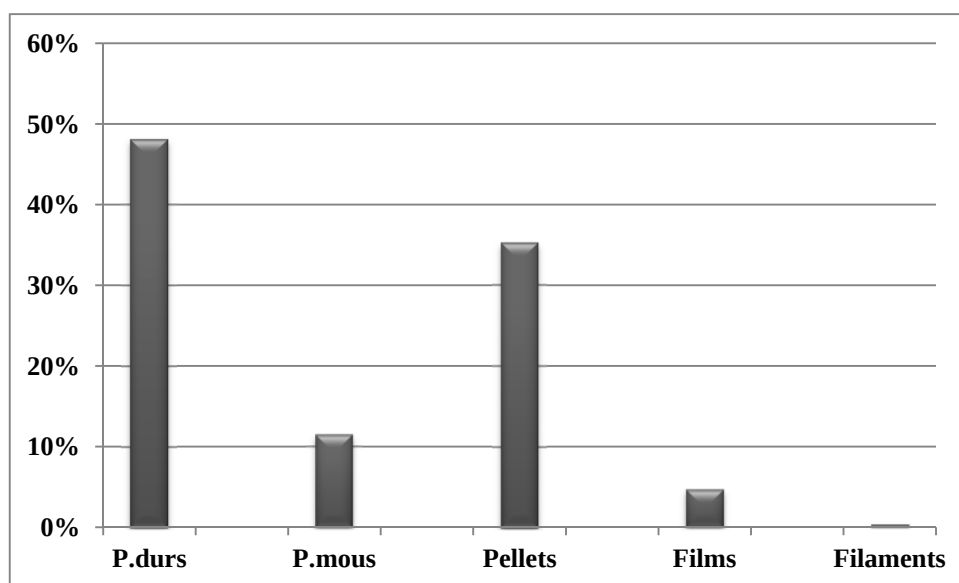


Figure n°19 : Catégories de débris dominants.

III. 1. 2. Comparaison de la distribution des débris sur la côte

Les résultats du Kruskal-Wallis nous démontrent que la répartition des débris plastiques est très hétérogène le long de la côte Bédjaouis.

La plage des Hammadites se détache visiblement des autres sites avec une moyenne de 566, suivi d'El-Maghra, Sidi-Ali-l'Abhar, Souk-El-Tenine et Melbou qui possèdent des moyennes relativement proches allant de 63.94 à Melbou jusqu'à 134 à El-Maghra (Figure n°20).

Les plages Aokas, Boulimat, Ait-Mendil et Tighremt, présentent quant à elle, les taux les plus faibles avec une moyenne maximale de 11 pour le site d'Aokas (Tableau n°06).

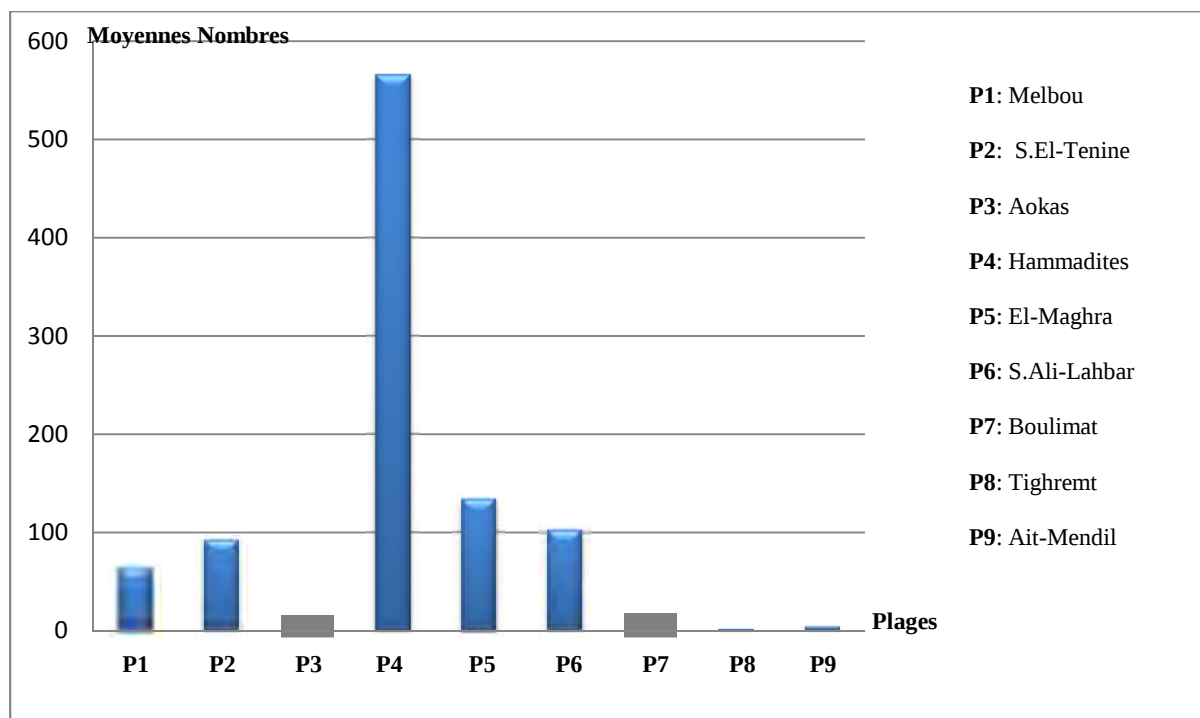


Figure n°20 : Distribution du nombre de débris plastiques en fonction des plages.

Le même traitement a été réalisé pour comparer les poids des débris entre les plages. Celui-ci montre des variations considérables avec un maximum atteint au niveau de la plage de Souk-El-Tenine suivi des Hammadites et Sidi-Ali-l'Abhar. On remarque une deuxième tendance regroupant les sites de Melbou, Aokas et El-Maghera, dont les moyennes varient de 1.7 à El-Maghera à 1.54 à Melbou (Figure n°21).

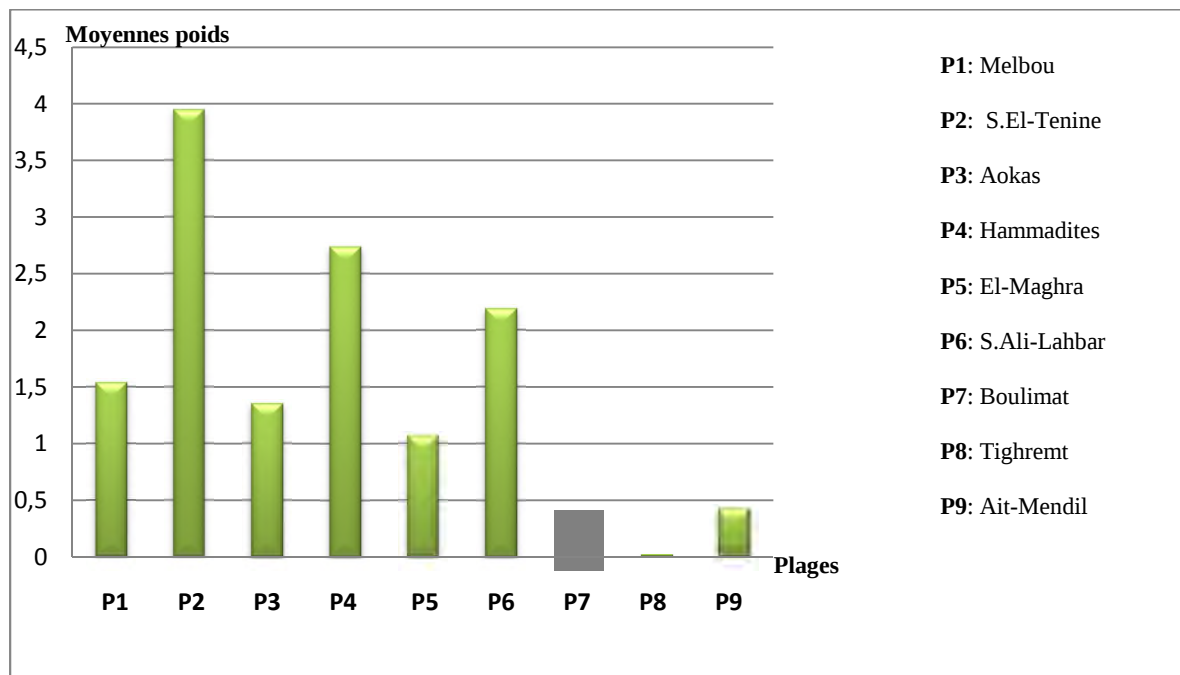


Figure n° 21: Distribution poids des débris plastiques en fonction des plages.

III. 1. 3. Comparaison de la distribution entre la cote Est et la côte ouest

La comparaison entre la côte Est et Ouest réalisé avec le test de Student pour grands effectifs, révèle une dichotomie illustrée par les figures 22 et 23. Les résultats donnés par le nombre et ceux donnés par le poids sont cohérents.

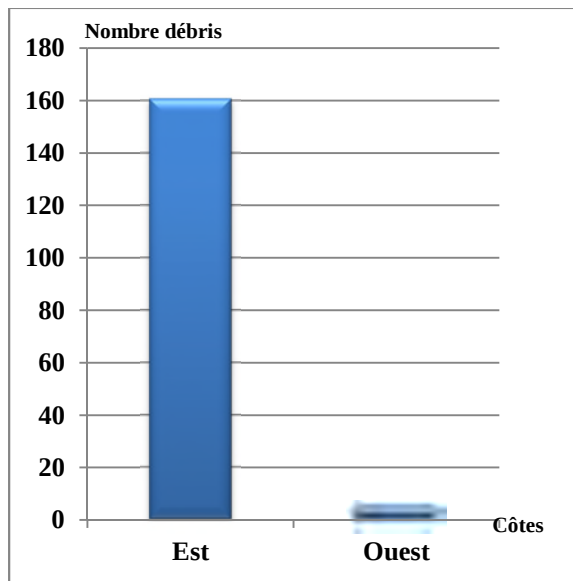


Figure n°22 : Distribution du Nombre de débris

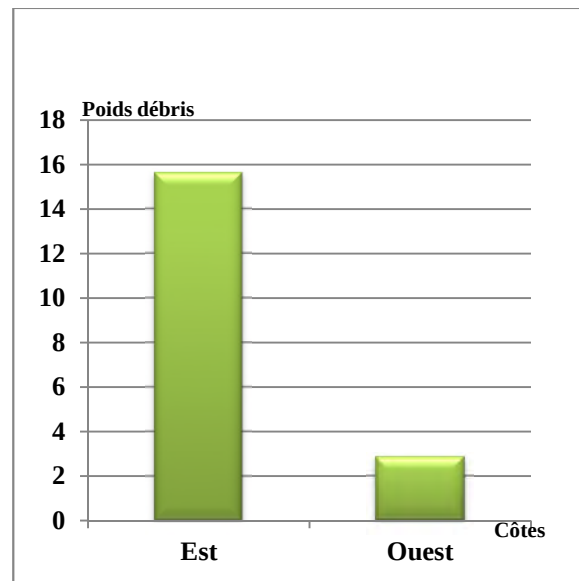


Figure n°23 : Distribution du poids des débris

III.2. DISCUSSION

Notre étude menée pour évaluer la pollution plastique des plages de Bejaia, révèle une distribution très hétérogène des débris plastiques sur l'ensemble de la côte. Des différences significatives sont ainsi observées au sein d'une même plage (intra-site), entre plages (inter-sites) et entre la côte est et ouest.

III.2. 1. Répartition spatiale intra-site

Afin de déterminer la distribution spatiale des débris plastique au sein d'une même plage, un transect perpendiculaire et un autre parallèle ont été mis en place. Les comparaisons réalisées, n'ont montré aucune différence significative entre les deux types de transects, hormis au niveau du site de Melbou où nous observons une forte accumulation de débris plastiques à l'échelle du transect perpendiculaire. Cependant les moyennes observées des deux types de transects, révèlent bien des inégalités dans la répartition des débris. Cela est dû au test des médianes qui ne prend pas charge la largeur variable des sites, influençant le nombre d'échantillons prélevés ainsi que la variabilité même au sein des échantillons.

Effectivement, les moyennes observées montrent une différence dans la distribution axiale des débris plastiques intra-site, avec une accumulation plastique plus élevée dans l'axe perpendiculaire. Des études similaires menées en Australie et dans le golfe d'Oman ont rapporté une tendance de distribution similaire (Cunningham et Wilson, 2003 ; Claereboudt, 2004). Les différences de répartition pourraient résulter soit des activités des estivants se concentrant le plus souvent dans la partie supérieure des plages (origine terrestre des déchets) (Bravo, 2009), soit par un transport vertical des débris rejetés par les eaux de mers, par la houle ou le vent (Henry, 2010). Le transport de ces derniers est donc conditionné par l'intensité des vents et de la houle (Henry, 2010).

III.2. 2. Répartition des débris plastiques sur le littoral de Bejaia

La répartition des débris plastiques est hétérogène le long du littoral de Bejaïa. En moyenne sur la côte de Bejaia, nous enregistrons 120 débris/échantillons. La forte concentration des débris plastiques est enregistrée dans la plage des Hammadites (Commune de Tichy) avec en moyenne plus de 2264 débris plastiques /m². Ces chiffres sont bien au dessus des données enregistrées en méditerranée du nord (En France), ou le nombre maximum des déchets a été enregistré à Marseille avec 924 débris (Galgani et al, 1995). Cependant ces chiffres restent bien en deçà des données récoltées en nouvelle Zélande avec plus de 100 000 débris par mètre carré de côte (Gregory, 1989). Ces comparaisons semblent cependant difficiles à réaliser étant donné la différence du mode d'échantillonnage et également les catégories des débris considérées. La forte concentration des débris sur la plage des Hammadites serait due à l'importante des activités touristique que connaît cette région. En effet la commune de Tichy, station balnéaire de la côte Est renferme la plus grande concentration d'hôtels sur le territoire de Bejaïa. Avec les ¾ des hôtels de la wilaya implantés à tout juste quelques mètres du rivage, cette commune possède une forte activité touristique (Anonyme 1, 2013). Le tourisme peut effectivement constituer une source importante de pollution sur les plages (Galgani et al., 1996).

La forte concentration de la population pourrait également expliquer l'importance de l'accumulation des déchets sur les plages de cette commune (Gregory, 1991). Effectivement, la commune de Tichy dont le chef lieu est en contact direct avec le rivage concentre plus de 16 958 habitant (Anonyme 2, 2011), concentration la plus importante des communes bordant la côte, caractéristiques pouvant fortement influencé la pollution du littoral (Gregory 1991 ; Barragán 2005).

Un taux important du nombre de débris a également été révélé au niveau d'El-Maghera, Sidi-Ali-l'Abhar, Souk-El-Tenine et Melbou avec cependant quatre fois moins de déchets enregistrés comparativement aux Hammadites. Cette différence de concentration est expliquée notamment par l'absence d'hôtels implantés dans ces communes, malgré une fréquentation touristique importante, mais aussi à la taille des communes avec des populations moins importantes variant de 8 986 pour Boukhilfa (El- Maghera) à 14 393 pour Souk-El-Tenine. Cependant le site de Sidi-Ali-l'Abhar fait exception, puisque ce dernier n'est pas concerné par les activités touristiques, pourtant une concentration non négligeable de débris à

été (la troisième de la côte) recensée. Cela serait dû à la proximité de la ville de Bejaia mais aussi à sa proximité de l'embouchure de l'oued Soummam (environ 1 km). Même si Les cours d'eau jouent un grand rôle dans le transport des déchets (André, 2000), les études concernant la pollution par ce facteur montrent un effet mineur de ces derniers sur les côtes, du fait d'un transport plus important des débris plastiques vers le large des cotes (Milot et al, 1994). Nous remarquons cependant que ce dernier pourrait jouer un rôle important pour la plage de Sidi-Ali Labhar situé à 1 km de l'embouchure de l'Oued Soummam. Cette différence pourrait être expliquée par la pollution accrue de nos cours d'eaux, avec notamment la présence de décharges sauvages aux abords de ces derniers qui pourrait expliquer une influence plus importante des cours d'eau et donc un dépôt plus important des déchets sur les plages de Béjaia. Une des raisons que l'on pourrait également évoquer, est la proximité du port de Bejaia situé à moins de 3km de la plage. Les ports étant considérés comme de grands générateurs de déchets (Claessens et Jaessens, 2011). Ces trois influences combinées à la géomorphologie du site formant le creux du golf de Bejaia constitueraient des paramètres susceptibles d'influencer la distribution des déchets en particulier les débris plastiques dont les caractéristiques lui confèrent une légèreté qui facilite leur déplacement, soit par les vents ou bien par les courants marin (Eriksson et al., 2012).

Les faibles concentrations enregistrées à Tigheremt pourrait s'expliquer par son éloignement par rapport à d'éventuels paramètres polluants, notamment, la faible densité de la population qui la caractérise, avec une population plutôt saisonnière et une fréquentation touristique moindre notamment lié à son éloignement de la ville de Bejaia.

III.2. 3. Distribution Est-Ouest des Débris Plastiques

La distribution des débris plastiques entre la côte Est et la côte Ouest dénote une différence significative, avec une concentration prédominante au niveau de la côte Est. Cela suggère qu'il existe des paramètres qui influenceraient la distribution des débris plastique sur une rive plus que sur un autre. Cela pourrait s'expliquer par la topographie de la côte Ouest (faible concentration de débris plastiques). La côte Ouest est effectivement caractérisée par un relief escarpé ne permettant pas le déplacement des déchets par les phénomènes météorologiques ou naturels de vents ou de ruissellement. Nous notons également la très faible concentration de la population au niveau de cette

région, dont les chefs lieu des communes sont situés bien loin des plages. Les seuls activités anthropiques connues au niveau de ces plages, sont des activités exclusivement récréatives et estivales.

Une variation latitudinale des sources de pollution peuvent également expliquer les différences observées (Thiel et al., 2003), la zone industrielle est concentrée dans le versant Est, constituant les plaines de la wilaya. La plus importante est implantée à Akbou sur les rives de l'oued Soummam « Zone industrielle de TAHARACHT » ce qui pourrait expliquer la forte densité enregistrée sur la rive Est et la faible densité relevée sur la rive Ouest.

Le Golf de Bejaia serait également une explication pour la concentration des déchets du côté Est. En effet, le golf, forme une barrière naturelle séparant les deux rives, bloquant ainsi la grande quantité de déchets provenant de la forte activité anthropique caractéristique de la côte Est vers la côte ouest. Le régime des vents est influencé par le relief environnant : le djebel GOURAYA et la vallée de la Soummam (ANONYME, 1999), et les courants marins dans le golfe portent vers l'ouest et tournent vers le nord ouest (ANONYME, 1996).

III. 2. 4. Distribution des catégories de débris plastiques

L'hétérogénéité observée dans la distribution des catégories de débris plastiques revient à la multitude de types d'objets rejetés, avec une dominance pour les plastiques durs, plus communément utilisés. La zone industrielle de TAHARACHT, rejette tout son matériel usagé constitué principalement de plastique dur directement dans l'oued Soummam (ANONYME1, 2012). Ces matériaux subissent par la suite une dégradation physico-chimique. Ceci adjoint à ce que rejette la mer et aux activités touristiques, impliquerait une forte présence de cette catégorie de débris sur les plages. La tendance est confirmée par la quantité relevée au niveau Hammadites, dont l'activité touristique a beaucoup influencé les résultats.

Tandis que les pellets soulignent également une forte présence. Leur origine exacte reste inconnue, cependant on suppose que la forte activité industrielle que connaît la wilaya de Bejaia, engendre un transit important impliquant des pertes de pellets -soit via un transit maritime, les pellets se retrouvent charriés par les courants jusqu'à sur les plages. -soit via le transport routier, elles se retrouvent sur les plages par l'effet des vents ou du ruissellement.

Les plastiques mous tout comme les films et les filaments, proviennent probablement en grande partie par les activités des usagés des plages ou via les vents ou en encore les courants marins.

III. 2. 5. Différences enregistrées entre le nombre et le poids des débris

Les différences relevées dans la comparaison entre les analyses menée avec le nombre et le poids des débris pourraient s'expliquer par les propriétés des plastiques qui sont étroitement liées à leur structure chimique et à leurs adjuvants, notamment des différences de densité qui pourrait ainsi influencer le poids des débris (1).

Les catégories de débris de plastiques ciblés entrent dans une fourchette de 1mm à 50mm, l'opération de tri et de dénombrement de ces débris n'a pas pris en compte la dimension des débris, alors que le poids des débris l'a fait, cela suggère que les adjuvants de ces plastiques combinés aux différences de dimensions des débris a donné des différences se reflétant sur la distribution de ces derniers. Cela veut dire qu'un biais important peut exister lorsqu'il s'agit du nombre, lié à des problèmes de fragmentation du plastique.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude ont révélé que la pollution par les débris plastique touchait tout le littoral de Bejaia, avec toutefois des différences dans les modes de répartition et de distribution ainsi que dans les concentrations enregistrées. Des paramètres communs influencent la diffusion des débris plastiques, par l'intermédiaire des vents et des courants marins.

Des variations spatiales intra-site ont été observées, une tendance d'accumulation des déchets dans les niveaux supérieurs de la plage a été relevée, conformément aux résultats d'autres études menées notamment en Australie (Cunningham et Wilson, 2003), et dans le golf d'Oman (Claereboudt, 2004). Ceci impliquerait donc une pollution majoritairement d'origine terrestre, causée par les usagés de la plage dont les activités se concentrent au niveau des parties supérieures des plages. Nous avons aussi remarqué une distribution hétérogène le long des plages du littoral avec une forte concentration au niveau des Hammadites et une très faible concentration au niveau de Tighremt, ces fluctuations sont dépendantes des activités touristiques et de la densité de la population ainsi que de la proximité d'un cours d'eau ou du port.

La rive Est de la côte présente une dominance avérée dans la concentration des débris plastiques par rapport à la côte Ouest, ceci est dû à la forte densité de sa population ; aux zones industrielles implantées sur les rives de la Soummam, et au golfe de Bejaia qui bloque le passage des déchets vers la côte Ouest. Sans oublier la topographie escarpée du côté Ouest qui influence la dispersion des débris plastiques.

Cette étude, constitue un travail préliminaire pouvant servir de prémisses pour une étude plus poussée, touchant un plus grand nombre de plages d'Algérie, pour réaliser un diagnostic complet de la qualité des plages en Algérie. Cette étude a cependant le mérite de démontrer l'urgence de la situation, concernant la pollution des plages de Bejaia. Cette pollution pourrait sur le court terme, atteindre de façon significative la biodiversité, mais également touchée économiquement la région, avec des touristes qui pourrait se détourner de nos plages au profit d'autres destinations. Des campagnes de sensibilisations devraient donc être menées, pour éveiller les consciences citoyennes et améliorer la qualité de vie de notre ville.

R E F E R E N C E S

ABDELKAFI S ; 2006- Identification des sources de la pollution de la baie de Bejaia et contribution à l'étude quantitative et qualitative de la pollution par les macrodéchets.

ADAM R G; LOHMANN R; FERNADES L.A; MACFARLANE J.K; GSCHEWD P.M; 2007- Polyethylene devices: passive samplers for measuring dissolved hydrophobic organic compounds in aquatic environments. *Environnement Science Technologie*, 41, 1317-1323

ANDRADY A.L; 1990- Environnemental degradation of plastics under land and marine exposure conditions. *Chemistry and Life Sciences*, 154, 848-869.

ANDRADY A.L; 2011- Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596-1605.

ANDRE S; 2000- Etude des stratégies de réponse au problème des macro-déchets rejetés sur le littoral. *Rapport final*. Secrétariat Général de la Mer. 46p

TURNER A; HOLMES L; 2011- Occurrence, distribution and characteristics of beached plastic production pellets on the island of Malta (central Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 62, 377-381.

ANONYME, 1996- Laboratoire d'études maritime,

ANONYME, 1999- Laboratoire d'études maritime,

ANONYME 1, 2012- Direction de l'environnement, cadastre des rejets industriels.

ANONYME 2, 2012- Direction de la pêche et des ressources halieutiques, rapport sur la salubrité du port de pêche.

ANONYME 3, 2012- Office des statistiques.

ANONYME 4 , 2012- Entreprise portuaire de Bejaia ,rapport des activités commerciale de Bejaia.

ANONYME, 2013- Direction du tourisme, rapport des taux d'occupation annuelles des hôtels.

BARNE D.K.A; GALGANI F; THOMPSON R.C; BALZAS M; 2009- Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1985-1998

BARRAGAN J.M; Castro C; AVARADO C; 2005- Towards integrated coastal zone management in Chile. *Coastal Management*, 33, 1-24.

BENETTE O; 2010- continent of rubbish :section science and environment p

BRAVO M; GUILLERMO L-J; NUNEZ P; VASQUZ N; THEIL M; 2009- Anthropogenic debris on beaches in the SE pacific : result from a national survey supported by volunteers. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1718-1726.

BRIDOUX V; 1995- Déchets de plage dans le Nord-Pas-de-Calais et éco-développement. - Mémoire de DESS, 61 p

BRIEN S; 2007- Vinyls Industry Update. Presentation at the World Vinyl Forum 2007.

CLAESSENS M; MEESTER S ; LANDYUT L.V ; CIERCK K ; JANSSEN R.J ; 2011- Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2199-2204.

COLTON J.B; KANAPP F.D. et BURNS B.R; 1974- Plastic particles in surface waters of the Northwestern Atlantic. *Science*, **185**, 491-497.

CORCORAN P.L; BIESINGER M.C; GRIFI M; 2009- Plastics and beaches: a degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 80-84.

CUNNINGHAM D.J; WILSON S.P; 2003- Marine debris on beaches of the greater Sydney Region. *Journal of Coastal Research*, 19, 421-430.

DERRAIK J.G.B ; 2002- The pollution of the marine environment by plastic debris. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852.

DOYLE M; WASTON W; BOWLIN N; SHEAVLY S; 2011- Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific ocean. *Marine Environmental Research*, 71, 41-52.

ERIKSSON C ; BURTON H ;FITCH S; SCHULZ M; HOFF G.V.D; 2013- Daily accumulation rate of marine debris on sub-antarctic island beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 66, 199-208.

FRIAS J.P.G.L; SOBRAL P ; Ferreira A.M; 2010- Organic pollutant in the microplastics from to beaches of the portugues coast .*Marine Pollution Bulletin*, 60, 1988-1992.

GALGANI F ; BURGEOT T; BOCQUENE G ; VINCENT F. et LEAUTE J. P ; 1995- Abundance of debris on the continental shelf of the Bay of Biscaye and in the Seine Bay. *Marine. Pollution. Bulletin*, 30, 58-62.

GALGANI F;JEUNET S;Campillo A; His E; 1995- Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-wester Mediterranean sea.*Marine Pollution Bulletin*, 30, 713-717.

GALGANI F; SOUPLET A;CADIOU Y;1996- Accumulation of debris on the deep sea floor of the French Mediterranean.*Marine Ecology Preogress Series*, 142, 225-234.

GERGORY M.R; 1996- Accululation of plastic debris in the zealand's coastal water and exclusive economic zone in : proceeding of mrine debris in thezealnd's coastal waters workinshop,9 march 1989 , wellindton, new Zealand. Department of Conservation, wellington , new Zealand, 3-4.

GREGORY M.R; 1991- The hazards of persistent marine pollution: drift plastics and conservation islands. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 21, 83–100.

HENRY M ; 2010- Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer. Rapport final. 64p.

HIDALGO-RUZ V;GUTOW L; THOMPSON C. et THIEIL M; 2012- Microplastique in the marine environnement : a reviw of the method used for identification and quantification. *Environnemental Science and Techenologie*, 46, 3060-3075.

MALLORY M L; G.J ROBERTSON. et A MOENTNG; 2006- Marine plastic debris in northern fulmars from Davis Strait, Nunavut, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 800-815.

Millot, C ; TAUPIER-LETAGE L; LEBORGNE P; LOPEZ-GARGIA M. J. et Wald L ; 1994- Dynamical Oceanography studies from infrared remote sensing in the western Mediterranean Sea. *Mer Institut Oceanologie*. 18, 1-11.

MILLOT C. et TANPIER-LETAGE I ; 2005- Circulation in the Méditerranéan Sea.the han *The Handbook of Environmental Chemistry*, 29 - 66.

MIYAKI H; SHIBATA H. et FURUSHIMA Y; 2010- Deep-Sea Litter study using Deep -Sea observation Tools. *Marine Pollution Bulletin*, 261-269.

MOORE C.J; MOORE S.L; LEECASTER M.K. et WEISBERG S.B; 2001- A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 1297-1300.

Morris R.J ; 1980- Floating plastic debris in the méditerranéen. *Marine Pollution Bulltin*, 11-125.

NG K.L; OBBARD J.P; 2006- Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 761-767.

PLASTIC EUROPE; 2010-Plastics: the facts

POITOU ; 2004- *Les macro-déchets : une gestion publique empirique*, Etude du littoral de la région Provence AlpesCôte d'Azur. Thèse de doctorat, Université Aix Marseille.

PRUTER A.T; 1987- Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, 305- 310.

RAYAN P.G ; MOORE C.J; VAN FRANKER J.A. et MOLONEY C.L ; 2009- Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 1999-2012.

RIOS L.M; MOORE C ; JONES P. R; 2007- Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulltin*, 54, 1230-1237.

SANTOS I.R; Friedrich A.C; WALLNER-KERSANAK M; FILLMAN G; 2005- Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. *Ocean and Coastal Management*, 48, 742-752.

SHIVER J.G ; 1989- Plastic Particle and Tar Pollution on Beaches of Kuwait. *Environmental Pollution*, 57, 341 -351 .

THOMPSON R.C; OLSEN Y; MITCHELL R.P; DAVIS A; ROWLAND S.J; JOHN A.W.G; MECGINGLE D; RUSSELLE A.E; 2004- Lost at Sea: where is all the plastic?, *Science*, 304, 838.

THOMPSON R.C; MOORE C.J; VOM SAAL F.S. et SWAN S.H; 2009- Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364, 2153-2166.

TIMMERS M.A; KITCHERS C.A; et Donohue M.J ; 2005- Marine Debris of the Northwestern Hawaiian Islands: Ghost Net Identification. University of Hawaii Sea Grant Publication.

UNEP; 2011- Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities, p16.

VAN FRANEKER J.A; 1985- Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar. *Marine Pollution Bulletin*, 16, 367-369

VIEL G ; 2013- Valorisation des coproduits marins : Perspectives et développement dans la valorisation des coproduits marins. Centre de recherche pour la biothechnologie marines, p3.

WATSON R; RENVENGA C; KURA Y; 2006- Fishing gear associated with global marine catches I. Database development. *Fisheries Research*, 79, 97-102.

YALAOUI M ; BOUAMARA L ; 2001- pollution par les déchets solides et des menaces physique sur les plages de Bejaia.

YVES L; 1974- Les nouveaux mythes : pollution et environnement In Tiers-Monde. tome 15 n°57. Pouvoir, mythes et idéologies. Pp 253-265.

Site internet

(1) : http://www.technologie.ac-aix-marseille.fr/spip/IMG/pdf/Les_matières_plastiques.pdf