

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE La

RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri TIZI-OUZOU

Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques



Mémoire fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master

En Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème

La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures. Impact sur la faune et flore marine

Réaliser par

ZEGHOUATI DYHIA

&

HADJED SARA

Devant de jury d'examen composé de :

Mme ALI AHMED S.

MCB à l'UMMTO

Présidente

Mme SAID HAMED N.

MCA à l'UMMTO

Encadreur

Mme LANDRI G.

MAA à l'UMMTO

Examinatrice

Promotion : 2023- 2024

Remerciements

Avant tout, nous remercions DIEU le tout puissant pour nous avoir données la force et la patience pour accomplir le présent travail.

Au terme de ce travail, nos sincères remerciements s'adressent tout d'abord à Madame SAID HAMED N., Maître de Conférences à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses encouragements, ses conseils et son soutien durant la période de la réalisation de notre travail.

Notre gratitude va également à Madame ALI AHMED S., Maître de Conférences à l'UMMTO qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

Nos remerciements et notre reconnaissance vont à Madame LANDRI G., Maître Assistante à l'UMMTO pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur HADJ AISSA R., Directeur au ministère d'environnement et des énergies renouvelables ainsi qu'à Madame GHANEM pour leur accueil, et leur aide précieuse en mettant à notre disposition les informations nécessaires ainsi que pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Nous remercions enfin, toute personne ayant contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci !



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père

A l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect, tu as toujours été à mes coté pour me soutenir et m'encourager que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Mais aussi à ma chère CELINA de cœur que j'aime très fort et mon frère adoré.

Ainsi qu'a tout ma famille et la famille NOUREDDINE pour leur soutien Tout au long de mon parcours Universitaire.

Je dédie aussi ce travail A tous mes amies à qui je souhaite un avenir à la hauteur de leur ambition.

A mon cher SOFIANE pour avoir états toujours là pour me soutenir.

Et a tout la famille de ma binôme HADJED SARA et surtout sa sœur MARIEM.

DYHIA.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, source de vie et d'amour qui ont su être à mes cotes dans les moments difficiles sans lequel je n'aurai pas abouti à ce niveau d'étude, ainsi que pour chaque instant de bonheur qu'ils m'ont procuré,

Puisse le bon Dieu m'aider à l'honorer.

A mon père ; à celui qui s'est changé la nuit en jour pour l'assurer les bonnes conditions. Merci de croire en moi. Thank you Dad being my hero and greatest supporter. Thank you for always be there for me. I am so lucky to have you as my father.

A ma mère ; à celle qui attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses dévouements, tu es la lumière qui m'a guidé chacun de mes pas la force qui a soutenu mes rêves et l'épaule sur laquelle j'ai appuyé merci maman pour les encouragements sincères et les sacrifices silencieux.

Mom; I am so grateful to have a Mum like you.

A mon oncle préféré Samir, source de force et de motivation, merci d'être mon oncle merci de prendre soin de moi et tu es toujours été pour moi un guide, un ami.

A mon adorable frère Ahmed, source de joie et de bonheur.

A mes deux sœurs de cœur Meriem et Emane, source d'espoir et d'affection.

A toute ma famille et mes amis.

A ma chère binôme DYHIA et toute sa famille.

A tous qui m'ont soutenue tout au long de cette période.

SARA.



Liste des figures

N° figure	Titres	N° pages
1	classification de la pollution	3
2	carte de la mer Méditerranée	4
3	Classification des molécules d'hydrocarbures aromatiques	6
4	Liste des hydrocarbures prioritaires selon les recommandations de l'US-EPA (Wilson et Jones, 1993).	7
5	Différents rejets industriels en Algérie	9
6	Routes empruntées par les tankers dans la mer Méditerranée	10
7	Cycle biogéochimique des hydrocarbures (d'après McElroy et al., 1989)	12
8	Algues touchées par les hydrocarbures	16
9	Coraux touchés par les hydrocarbures en mer Méditerranée	16
10	Mangroves touchées par les hydrocarbures en mer Méditerranée	17
11	Poissons touchés par les hydrocarbures en mer Méditerranée	18
12	Mammifères touchés par les hydrocarbures en mer Méditerranée	20
13	Oiseaux marins touchés par différents types d'hydrocarbures en mer Méditerranée	21
14	Localisation du site du ministre de l'environnement	24

15	Barrage récupérateur	35
16	Chalutage des hydrocarbures	36
17	Bateaux de récupération de déversement d'hydrocarbures	37
18	Entretien séparateur hydrocarbures	37
19	Absorption d'une goutte d'huile usagée en quelques secondes par une feuille de fougère flottante <i>Salvinia molesta</i>	38
20	Coupe transversale du modèle assisté par ordinateur CAO de l'adsorbeur de pétrole bionique	39

Liste des abréviations

CFC : chlorofluorocarbures

APEM : assemblée parlementaire euro-Méditerranéenne

ARLEM : assemblée régionale et locale euro-Méditerranéenne

BOA : bionic oil adsorbé

CAR/PB : centre régional d'activités du PB

CAR/PAP : centre régional pour le programme d'action prioritaire

HAPs : hydrocarbures aromatiques polycyclique

PNUE : programme des nations unies pour l'environnement

PAM : plan d'action pour la Méditerranée

OMI : organisation maritime internationale

ONG : organisations non gouvernementales

OILPOL : convention internationale pour prévention de la pollution par les navires

OPRC : convention internationale sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures

REMPEC : centre régional Méditerranée d'intervention d'urgence contre la pollution accidentelle de la mer

SOLAS : convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer

UEM : université euro-Méditerranéenne

UPM : union pour la Méditerranée

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Partie I : synthèse bibliographie

1. Pollution maritime	3
2. Type de pollution.....	3
3. Caractéristique physique et humaines de la Méditerranée	4
3.1. Principaux écosystèmes marins.....	5
4. Polluants de la mer Méditerranée par Les hydrocarbures	5
4.1. Composition chimique des hydrocarbures	5
4.2. Hydrocarbures prioritaires pour l'environnement	6
5. Sources de la pollution par les hydrocarbures.....	7
5.1. Origine naturelle.....	7
5.2. Origine anthropique.....	7
5.3. Pollution par les hydrocarbures liés au trafic maritime.....	10
6. Devenir des hydrocarbures en milieu marin.....	11
6.1. Processus abiotiques.....	11
6.2. Processus biotiques	14
7. Impacts des hydrocarbures sur la faune et la flore marine.....	14
7.1. Impacts directs.....	14
7.2. Impacts indirects	14
8. Impacts sur la santé humaine.....	21
9. Impacts sur la pêche économique.....	21
10. Impacts sur le tourisme	22
11. Effets synergiques	22
12. Effets sur les médiateurs chimiques	23

Partie II : réglementation contre la pollution de la mer Méditerranée et techniques de prévention contre la pollution marine

1. Description de site d'étude.....	24
2. Objectifs du Ministère.....	24

3. Coopération entre Etats pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution par les hydrocarbures.....	25
3.1. Protection de la mer Méditerranée de la pollution par les hydrocarbures.....	25
3.2. Conventions internationales visant à protéger le milieu marin	25
3.2.1. Déclaration de Stockholm et ses principes relatifs à l'écologie marine... 25	
3.2.2. Conventions de Londres DE 1954 sur la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures.....	26
3.2.3. Convention de SOLAS de 1974	26
3.2.4. Convention internationale de Bruxelles de 1969 sur le droit d'intervention en haute mer en cas d'accident pouvant entraîner une pollution par les hydrocarbures.....	27
3.2.5. Convention de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures	27
3.2.6. Protocole de 1992 modifiant la convention internationale de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.....	27
3.2.7. Prévention de la pollution spécifique la mer Méditerranée.....	2
4. Coopération régionale contre la pollution de la mer Méditerranée.....	29
4.1. Plan d'action pour la Méditerranée (PAM).....	29
4.2. Volet juridique.....	29
4.2.1. Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution de 1976.....	29
4.2.2. Protocoles de la convention de Barcelone : celui relatif à la coopération en matière de lutte contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures et d'autres substances nuisibles.....	30
4.3. Volet institutionnel, financier et scientifique du PAM.....	30
5. Plan d'action national.....	31
5.1. Exigences relatives en aspects législatifs	31
5.1.1. Renforcement de l'évaluation environnementale	32
5.1.2. Renforcement des capacités.....	32
5.2. Sensibilisation et communication.....	32
5.3. Systèmes de surveillance et de détection des pollutions et Techniques de lutte en mer et de dépollution des côtes	33
5.3.1. Détecter et surveiller la pollution marine grâce à la télédétection	33
5.3.2. Techniques mécaniques.....	34

5.3.2.1. Barrage	34
5.3.2.2. Chaluts et filets de surface.....	35
5.3.2.3. Bateaux de nettoyage portuaire	36
5.3.2.4. Séparateurs	37
5.3.3. Technique biologique.....	37
Conclusion.....	40
Références bibliographiques	

Introduction

La majorité des écosystèmes de la biodiversité sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des sociétés humaines et les phénomènes de pollution qui en résultent. Le développement de activités humaines est devenu aujourd'hui une menace pour l'environnement marin qui subit depuis plusieurs décennies des agressions majeures.

La Méditerranée est une des mers les plus appréciées au monde. La région comprend un vaste ensemble d'écosystème marin qui offrent d'importants avantages à tous les habitants du littoral. Cependant cette mer est fortement impactée par les activités humaines et apports en produits contaminants car c'est une zone caractérisée par une grande activité industrielle. En plus sur cette région il règne un trafic maritime lié aux activités aussi bien industrielles que touristiques. Ces activités ont engendré des contraintes sur l'environnement causant souvent la dégradation du milieu marine et modifiant ses écosystèmes marins. Dans certains écosystèmes, les produits chimiques introduits milieu marin peuvent être à l'origine de la disparition de certaines espèces animales et/ou végétales et par conséquent entraînent le dysfonctionnement de la chaîne trophique.

Les hydrocarbures pétroliers sont parmi les déchets les plus toxiques, déversés en mer. Ils auront comme conséquence une pollution importante et précoce à l'échelle globale. La Méditerranée est considérée comme une des surfaces marines les plus affectées par la contamination pétrolière. L'exploitation humaine des gisements de pétrole n'a cessé d'augmenter depuis le début du siècle dernier. Cependant, l'extraction, le transport et l'utilisation de cette source d'énergie entraînent des risques de pollution pour l'environnement marin pouvant influencer l'équilibre écologique et parfois entraîner la destruction de l'écosystème. L'introduction des hydrocarbures dans le milieu marin peut aller des apports chroniques diffus jusqu'aux déversements massifs souvent d'origine anthropique ou accidentels tels que les échouements et les naufrages des pétroliers. Ces contaminants, et plus particulièrement les hydrocarbures aromatiques polycycliques, sont connus par leur rémanence dans le milieu marin, ainsi que leur toxicité.

Cette pollution affecte l'ensemble des chaînes alimentaires marines, réduisant la biodiversité et provoquant des déséquilibres écologiques à long terme. Les hydrocarbures mettent plusieurs années, voire des décennies, à se décomposer, rendant la récupération des zones touchées particulièrement difficile. Il est donc crucial d'agir pour renforcer les régulations

Maritimes, améliorer les technologies de prévention et sensibiliser à la protection de cet écosystème unique.

Ce mémoire vise à explorer en profondeur la problématique de la pollution par les hydrocarbures en mer Méditerranée, en analysant. Ses causes, quelle sont impacts sur là sur la faune et la flore marine et quelles sont les stratégies efficaces pour atténuer ces impacts ? Cette étude se structurera en deux parties. La première analysera les effets directs de la pollution par hydrocarbures sur la faune et la flore marines, en mettant en lumière les dégâts causés aux espèces et aux habitats clés, comme les herbiers de posidonies et les écosystèmes coralliens. La seconde partie portera sur les mécanismes de résilience des écosystèmes Méditerranéens et les stratégies de réhabilitation disponibles, incluant les mesures de prévention, les technologies de nettoyage et les politiques de protection environnementale adoptées par les pays riverains.

Partie I : Synthèse bibliographie

1- Pollution marine

La pollution est définie comme étant : « l'introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsque cela a, ou peut avoir des conséquences néfastes telles que des dommages aux ressources biologiques de la faune et de la flore marine, un risque pour la santé humaine, une entrave aux activités maritimes telles que la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, une altération de la qualité de l'eau de mer en termes d'utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément (Montego-Bay, 1982).

2- Types de pollution

La nature physico-chimique dominante des polluants et les usages de l'eau sont à l'origine des pollutions (Ramade, 2000).

Il existe deux principaux critères utilisés pour classer les polluants en milieu marin (fig. 1).

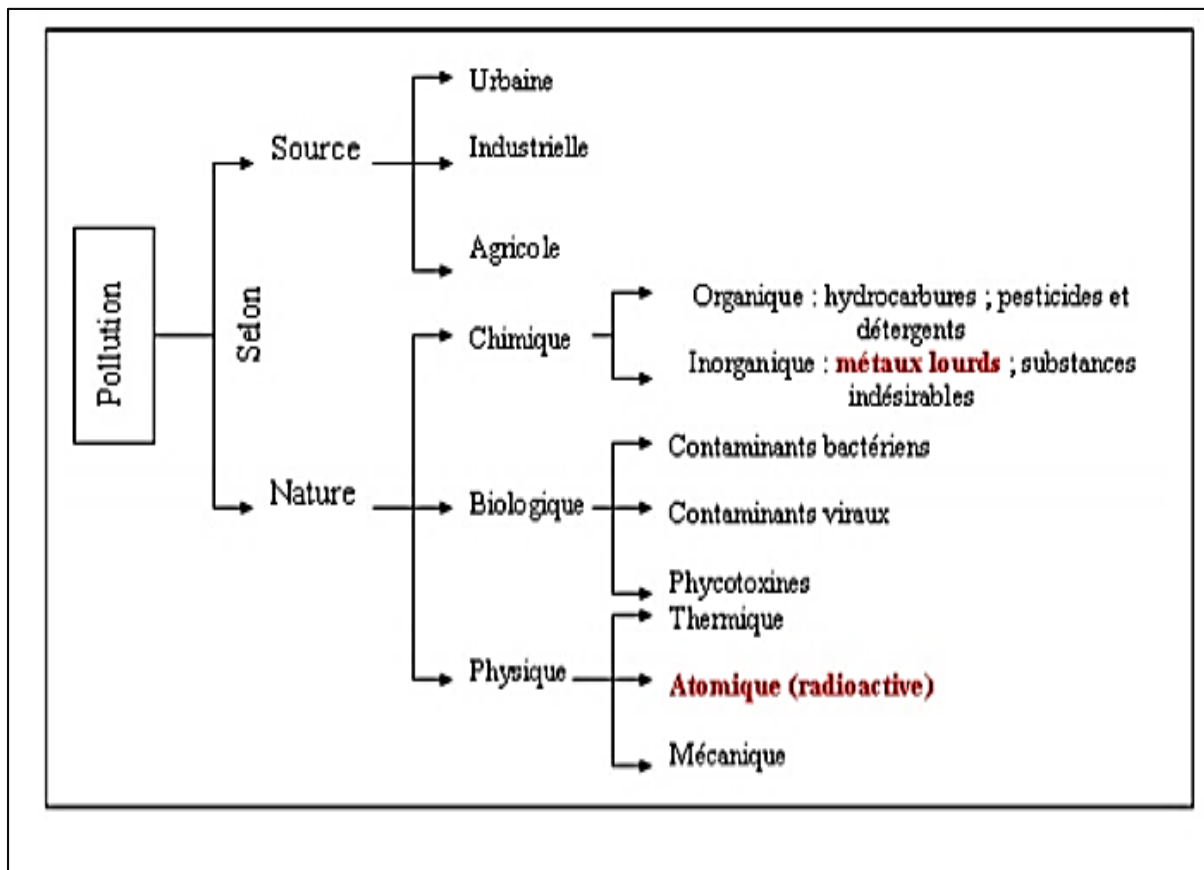


Figure 1 : Classification de la pollution (Galaf et Ghannam, 2003).

3-Les caractéristique physique et humaines de la Méditerranée

La mer Méditerranée est une mer intercontinentale presque entièrement fermée (fig. 2), bordée par les côtes d'Europe du sud, d'Afrique du nord et d'Asie de l'Ouest. C'est la plus grande mer intérieure du monde, avec une superficie d'environ 2,6 millions de km². Elle relie l'océan Atlantique à l'est par le détroit de Gibraltar et la mer noire au nord par le détroit des Dardanelles et le canal du Bosphore (PNUE/PAM-Plan bleu, 2009).



Figure 2 : Carte de la mer Méditerranée ([http://www.univetea-assomption.org/2010/spip/Php?article 8](http://www.univetea-assomption.org/2010/spip/Php?article%208)).

La mer Méditerranée est une région importante pour l'histoire, la culture et l'économie. C'est le berceau de nombreuses civilisations anciennes, notamment les civilisations grecques, romaines et égyptiennes. Elle abrite également de nombreux pays modernes dont la France, l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Turquie, l'Égypte, et la Libye.

Bien que la Méditerranée soit relativement profonde (sa profondeur moyenne est d'environ 1 cinq cent mètres, avec des zones atteignant jusqu'à 5 000 mètres), son bassin est petit comparé à d'autres mers et océans. Cette petite taille et sa profondeur limitent la dilution des polluants (PNUE/PAM-Plan bleu, 2009).

La connaissance de l'état actuel du littoral algérienne a nécessité investigations auprès des administrations et des services concernés et des visites de reconnaissances (PAN ALGERIE ; 2016).

3-1-Les principaux écosystèmes marins

Les principaux écosystèmes marins remarquables de la côte algérienne sont :

Les herbiers à *Posidonia oceanica*, les forêts de *Cystoseires*, les forêts à *Dictyopteris membranacea*, les corniches à *Corallina elongata*, les trottoirs à vermetes, les fonds coralligènes, les fonds d'éboulis, les fonds à maërl, les moulières naturelles, les fonds à *Corallium rubrum*, les habitats insulaires. Les habitats terrestres les plus remarquables sont : les dunes littorales et les bandes côtières, les plans d'eau côtiers et zones humides littorales, ainsi que les côtes rocheuses d'intérêt écologique (Grimes et al., 2004)

Ils ont dénombré trois mille cent quatre-vingt-trois (3183) espèces marines, réparties entre sept cent vingt (720) genres et six cent cinquante-cinq (655) familles, avec sept cent-treize (713) espèces de flore (71 genres, 38 familles). Si l'on rajoute la végétation littorale et insulaire, la faune ornithologique marine et littorale, la biodiversité connue de l'écosystème marin algérien serait de quatre mille cent cinquante (4150) espèces (950 genres et 761 familles). (PAN ALGERIE, 2016).

Malgré sa beauté et sa richesse en biodiversité, la Méditerranée est confrontée à de nombreuses menaces :

- La pollution : pollution par les plastiques, produits chimiques, et rejets urbains
- Le réchauffement climatique : hausse des températures de l'eau, montée du niveau de la mer, acidification de l'eau
- Le développement des activités humaines : artificialisation du littoral, tourisme intense, surpêche (PAN ALGERIE, 2016).

4- la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

4-1--Composition chimique des hydrocarbures

Les hydrocarbures constituent des molécules composées d'atomes de carbone et d'hydrogène, avec une formule générale (C_x, H_y). Les hydrocarbures sont classés selon leur composition chimique en trois grandes catégories : les hydrocarbures saturés et insaturés non aromatiques, les hydrocarbures aromatiques et les hydrocarbures lourds. Ces trois catégories d'hydrocarbures sont également présentes pour les hydrocarbures d'origine biogène et pétrolière, à l'exception des alcènes qui ne sont pas présents dans le pétrole (fig. 3).

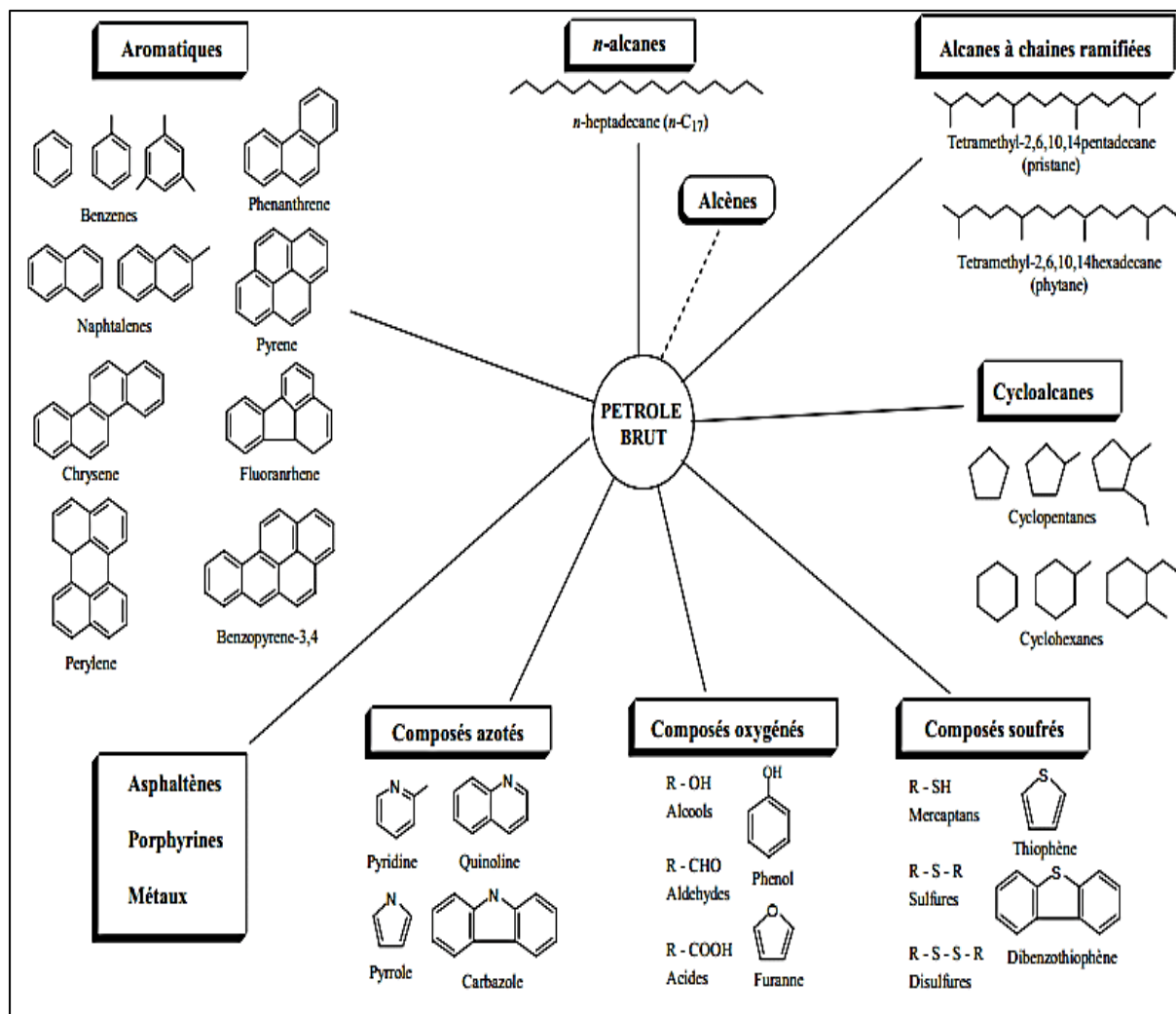


Figure 3 : Hydrocarbures présents dans le pétrole brut (Bertrand et Mille, 1989).

4-2- Hydrocarbures prioritaires pour l'environnement

Les hydrocarbures prioritaires incluent principalement les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), sont 16 molécules de contaminants environnementaux prioritaires et sanitaires (fig. 4). Ces substances, comme le benzène et le naphtalène, sont reconnues pour leur toxicité et leur potentiel cancérigène.

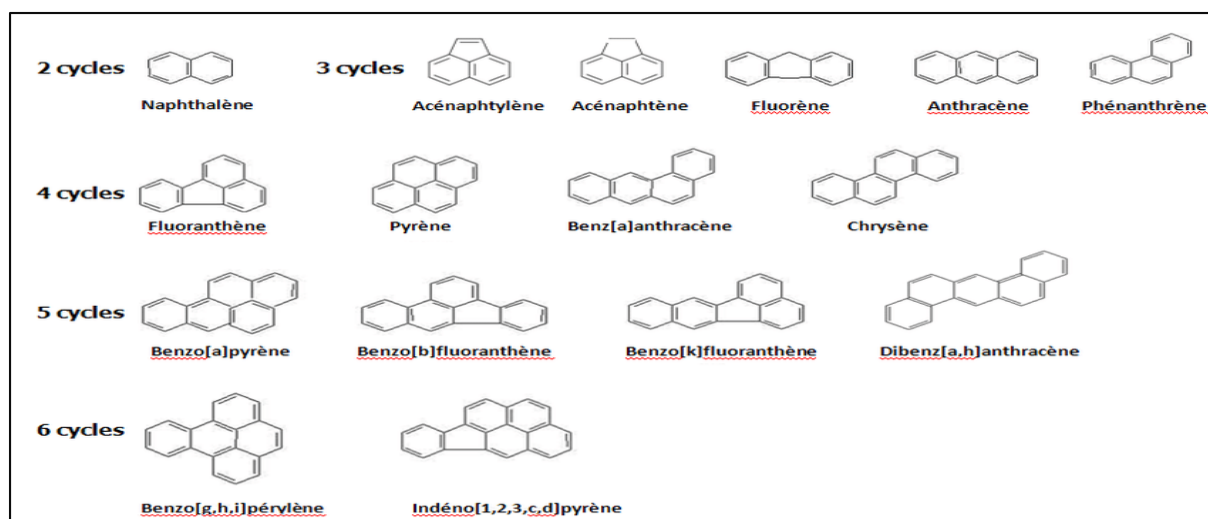


Figure 4 : Liste des HAPs prioritaires selon les recommandations de l'US-EPA (Wilson et Jones, 1993).

5- Sources de la pollution par hydrocarbures :

La pollution par les hydrocarbures en Méditerranée peut provenir de plusieurs sources ou origine, notamment :

5-1- origine naturelle

5-1-1-Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les composés organiques contenant plusieurs cycles benzéniques sont appelés Hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ils peuvent être causés par des phénomènes naturels comme les incendies de forêt, ainsi que par des actions humaines comme la combustion de combustibles fossiles. (Macias-Zamora et al.,2017)

5-1-2- Alcanes

Les alcanes sont des hydrocarbures saturés qui peuvent se trouver dans la mer Méditerranée en raison de facteurs naturels tels que les émissions volcaniques ou les fuites de pétrole provenant de réservoirs sous-marins. Ils peuvent être présents de manière différente selon la géologie locale (Wang, J.& Wang, Z. 2018).

5-2- Origine anthropique

5-2-1- Déversements accidentels de pétrole : Les fuites ou les déversements accidentels de pétrole peuvent se produire lors du transport maritime, du chargement ou du déchargement de pétrole brut ou de produits pétroliers, ainsi que lors d'activités de forage offshore ou de production pétrolière. Les pétroliers transportent environ 2900millions de tonnes de pétrole brut et de produits pétroliers, chaque année dans le monde entier par mer. Heureusement, la plupart du temps, ce transport s'effectue sans problème et en toute sécurité. L'organisation maritime

(OMI) a mis en place des mesures pour garantir la construction et l'exploitation sécurisée de la majorité des navires, réduisent ainsi la quantité d'hydrocarbures déversés en cas d'accident.

5-2-2- Déballastage des navires : Les navires utilisent de l'eau de ballast pour stabiliser leur charge lorsqu'ils sont partiellement chargés ou vides. Lorsque les navires déchargent leur ballast, ils peuvent libérer des hydrocarbures et d'autres polluants qui se sont accumulés dans l'eau. Les règles introduites par MARPOL ont contribué à réduire la pollution accidentelle par les hydrocarbures par exemples, les pétroliers livrés à compter de 1996 doivent être munis d'une double coque renforcent ainsi la protection du milieu marin. De plus, les innovations concernant les rejets autorisés d'eau de vidange des cales et des eaux polluées par les hydrocarbures ont également contribué à cette réduction.

5-2-3- Activités industrielles : Les installations industrielles situées le long des côtes Méditerranéennes peuvent également contribuer à la pollution par les hydrocarbures en rejetant des déchets et des produits chimiques dans la mer notamment des métaux lourds comme mercure, le plomb et le cadmium, ainsi que d'autres substances dangereuses comme pesticides et les polychlorobiphényles (PCBs) ces contaminants proviennent des rejets directs des usines et sont transportés par les masses d'eau et d'air, menaçant la biodiversité marine et la santé humaine (INERIS ;15-38)

Des exemples de rejets

- Usine pétrochimiques et de raffinage : ces installations, souvent située à proximité de la cote sont connues pour rejeter des hydrocarbures, des produits chimiques, des métaux lourds (comme le mercure et le plomb) et des eaux usées industrielle dans la mer par exemple, les complexes pétrochimiques de SKIKDA et AZREW rejettent des substances toxiques dans l'eau qui contribuent à la pollution de la Méditerranée.
- Usine de phosphate et engrais : dans la région d'Annaba, des usines de transformation de phosphate rejettent des quantités importantes de fluorure et de phosphates dans les eaux côtières. Ces substances peuvent causer une eutrophisation, un phénomène qui provoque une croissance excessive d'algues, altérant ainsi les écosystèmes marins.
- Industries métallurgiques et sidérurgique : l'usine sidérurgique d'El HADJAR à Annaba rejette des métaux lourds tel que le zinc, le cadmium et le plomb dans la mer. Ces

polluants ont des effets néfastes sur poissons et autres organismes marins, qui peuvent ensuite être consommés par les humains.



Figure 5 : Rejets industriels en Algérie.

5-2-4- Fuites et rejets des plates-formes offshore : Les plates-formes pétrolières et gazières en mer peuvent être une source de pollution par les hydrocarbures en raison de fuites, des déversements ou de rejets non intentionnels lors des opérations de forage, de production ou de maintenance.

5-2-5- Navigation maritime : Les navires qui naviguent dans la Méditerranée peuvent également contribuer à la pollution par les hydrocarbures en rejetant intentionnellement ou accidentellement des huiles usées, des eaux de ballast contaminées ou des déchets pétroliers.

La pollution opérationnelle et la pollution accidentelle, bien que toutes les deux se produisent lors d'un transport maritime, n'ont pas les mêmes origines.

Selon M. Beurrier dans son livre « Droit maritime », les pollutions opérationnelles (c'est-à-dire intentionnelles) sont confrontées aux pollutions accidentelles, qui sont classées selon la cargaison ou les résidus.

La pollution accidentelle peut survenir lorsque la cargaison ou les carburants sont perdus à la suite d'un échouement, d'une collision et d'accidents mineurs survenant à bord du navire, ce qui signifie que la pollution accidentelle est spontanée.

La pollution opérationnelle résulte des rejets de déchets produits à bord du navire, tels que les ordures, les eaux usées, les eaux de cales souillées et l'eau de nettoyage des citernes, ainsi que les gaz d'échappement des moteurs et les émissions de ventilation des citernes (Norwich, 2008).

5-2-6- Pollution atmosphérique : Les activités terrestres et maritimes peuvent également contribuer à la pollution atmosphérique, ce qui peut conduire à la formation de dépôts de suie et de particules de carbone sur la surface de la mer, aggravant ainsi la pollution par les hydrocarbures.

5-3- Pollution par les hydrocarbures liés au trafic maritime

La mer Méditerranée est menacée par les activités industrielles qui se déroulent autour du bassin Méditerranéen. Certaines régions qui sont exposées aux industries lourdes, comme les industries chimiques et pétrochimiques, sont plus exposées à des risques que les autres. Le bassin Méditerranéen, avec plus de 200 installations pétrochimiques et énergétiques, des usines chimiques et des unités de production de chlore, ainsi que quelques 80 grands cours d'eau qui transportent une grande quantité de pollution provenant de l'amont, est en pleine évolution. Aujourd'hui en état de dégradation. Chaque année, près de 20 000 tonnes d'hydrocarbures sont déversées dans la mer par une soixantaine de raffineries de pétrole.

Le milieu maritime est menacé par le déversement de pétrole, qui est l'une des sources de pollution dangereuses, avec des conséquences graves, plus importantes que pour d'autres mers et océans. Le trafic maritime représente 52 % des déversements d'hydrocarbures dans la mer Méditerranée (fig. 6), tandis que les autres mers représentent 48% (Le Couviour, 1999).

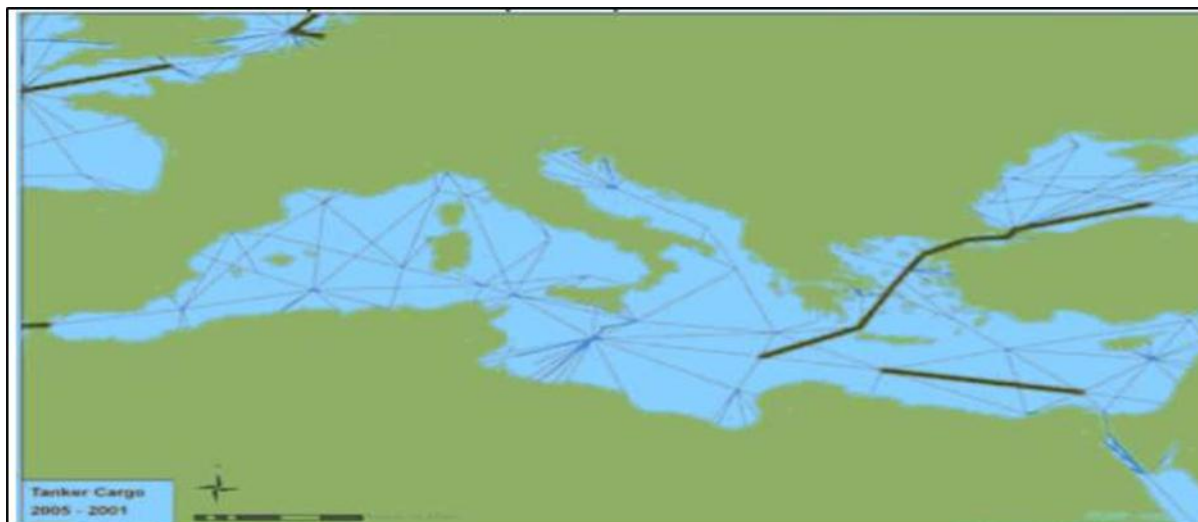


Figure 6 : Routes empruntées par les tankers dans la mer Méditerranée

6-Devenir des hydrocarbures en milieu marin

Après avoir été jeté en mer, le pétrole subit divers processus qui vont modifier son apparence générale et ses propriétés physico-chimiques. La figure présente les sources des hydrocarbures et les diverses transformations qu'ils peuvent subir dans le milieu marin. Il y a des facteurs abiotiques et biologiques qui contrôlent ces processus (Figure 7).

6-1-Processus abiotiques

6-1-1-Evaporation :

Les hydrocarbures frais, non vieillis, sont généralement composés d'hydrocarbures de faible poids moléculaire avec un point d'ébullition bas (comme les alcanes de moins de 12 atomes de carbone et les composés BTEX). Si ces hydrocarbures sont déversés en mer ou sur la côte, ils seront immédiatement évaporés dans l'atmosphère, sous l'action de la température ambiante et des circulations d'air. La viscosité de l'hydrocarbure déversé augmente progressivement à travers ces processus, tout en diminuant également le volume et la toxicité aiguë de l'hydrocarbure résiduel. (source : NOAA, 2015).

6-1-2-Photo-oxydation :

Elle se produit à la surface de l'eau lorsque les hydrocarbures sont exposés à l'air libre et aux rayons solaires. Généralement solubles dans l'eau, elle conduit à des dérivés polaires). Selon l'OMI/PNUE (2002), la photo-oxydation sera accélérée lorsque les hydrocarbures sont dispersés en un film mince. (Marchand et Kantin, 1997).

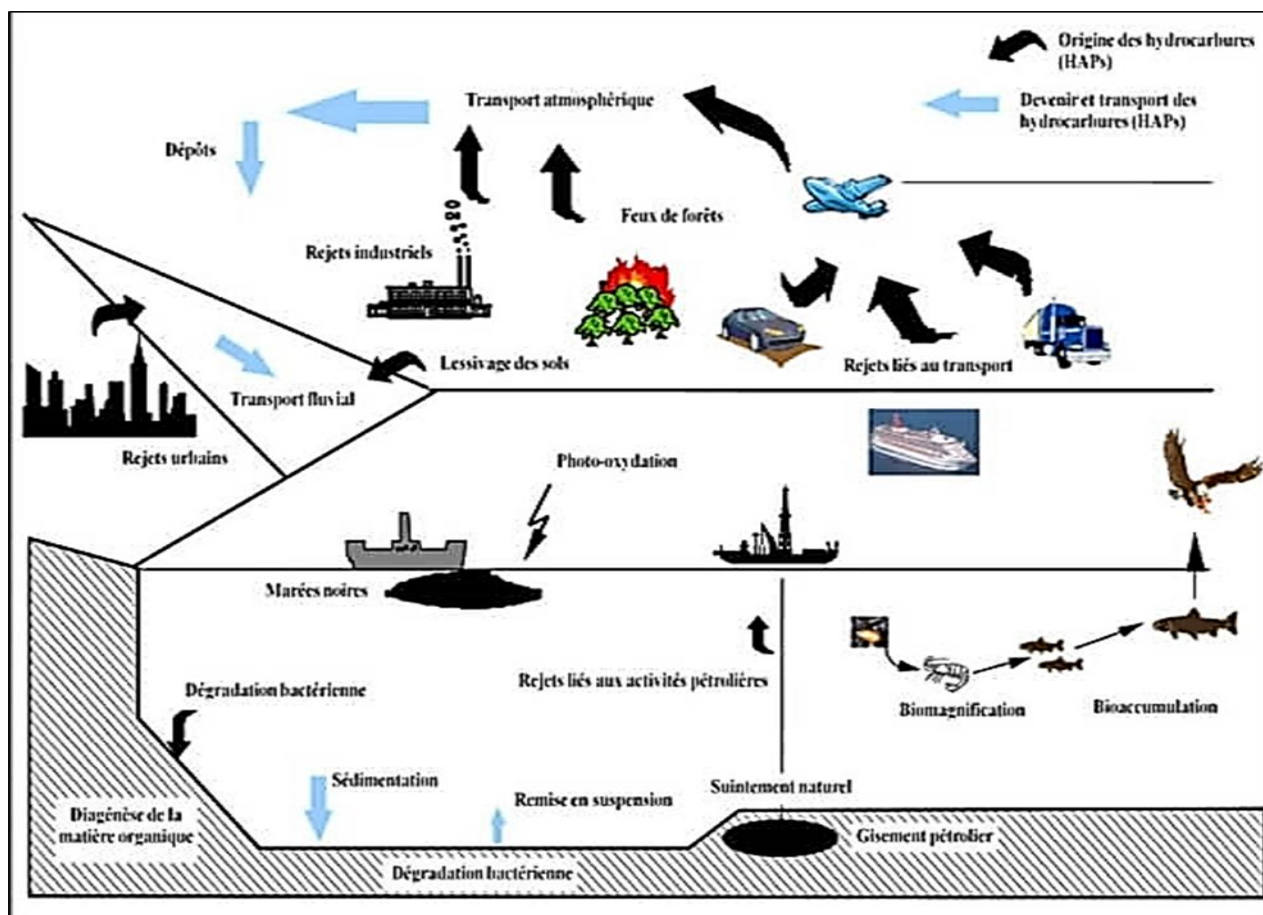


Figure 7 : Cycle biogéochimique des hydrocarbures (McElroy et al., 1989).

6-1-3-Emulsification :

Les gouttelettes d'hydrocarbures dispersés les plus volumineuses remonteront rapidement à la surface et vont capter des gouttelettes d'eau de mer à l'intérieur de la nappe afin de créer une émulsion d'eau dans l'hydrocarbure.

Les émulsions peuvent avoir une stabilité ou une instabilité, et peuvent avoir des propriétés physiques différentes de l'hydrocarbure préalablement déversé. En général, les émulsions stables contiennent une grande quantité d'eau (parfois plus de 70 %) et sont très visqueuses. Leur stabilité peut s'étendre sur plusieurs semaines et elles sont couramment appelées « mousse » en raison de leur texture et de leur couleur caractéristique d'un brun rougeâtre. On peut considérablement diminuer la vitesse de dispersion et les autres processus de transformation en formant une mousse stable. Dans des environnements calmes et chauds, comme après un déversement sur la plage, il est possible qu'il y ait un phénomène de démixtion, où la mousse se décompose à nouveau en hydrocarbures et en eau. Cependant, certaines émulsions demeurent très rigides. Une émulsion instable peut se décomposer après plusieurs jours, ou ne peut

persister que 24 heures. Les émulsions instables conservent en principe la couleur de l'hydrocarbure d'origine, soit brune foncée ou noire (Bertrand et Mille, 1989).

6-1-4 -Dissolution :

Si la majorité des hydrocarbures sont peu solubles dans l'eau (eau de mer incluse) et peuvent donc être considérés comme insolubles, certains des hydrocarbures aromatiques les plus légers, tels que le benzène et le toluène, sont plutôt solubles. Par conséquent, une petite partie de l'hydrocarbure est dissoute lorsqu'il est déversé en mer ; la quantité et la vitesse de dissolution varient en fonction de la composition et de la viscosité de l'hydrocarbure. L'impact de la fraction soluble dans l'eau sur les organismes marins n'est pas proportionnel, car elle est plus bio disponible que les autres hydrocarbures et sa toxicité aiguë est souvent plus importante. (Marchand et Kantin,1997).

6-1-5-Dispersion :

Les vagues ou d'autres formes d'agitation de l'hydrocarbure sur (ou dans) l'eau provoqueront la formation de gouttelettes d'hydrocarbures qui se mélangeront avec la colonne d'eau. Plus l'agitation sera intense, plus la probabilité de mélange sera élevée. La majorité des hydrocarbures, qu'ils soient déversés en surface, au fond ou sur la côte, seront finalement dispersés. Les gouttelettes plus volumineuses qui se mêlent à la colonne d'eau remontent rapidement à la surface, tandis que les petites gouttelettes, moins dynamiques, ne remontent pas à la surface ; elles se dispersent de manière horizontale et verticale dans la colonne d'eau. Les vagues et les courants actuels influencent l'étendue et la profondeur du mélange. Ce processus peut potentiellement mettre en danger les êtres vivants.

6-1-6-Sédimentation :

Est le résultat de la hausse de la densité du pétrole par rapport à celle de l'eau de mer. Pour augmenter cette densité, plusieurs processus sont impliqués, tels que l'évaporation, la dissolution des composés légers, l'oxydation des paraffines, la formation d'agrégats et l'adsorption du pétrole dispersé sur les particules en suspension. Les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques à plus grand poids moléculaire sont plus facilement absorbés par les particules organiques et colloïdales, ce qui entraîne une incorporation plus rapide dans les sédiments. (Bertrand et Mille, 1989).

6-2- Processus biotiques :

La dégradation biologique des hydrocarbures par les bactéries et les champignons marins joue un rôle important dans la conversion des hydrocarbures en produits oxydés.

La dégradation est influencée par la chaleur, les nutriments, la quantité d'oxygène dissous et le type d'hydrocarbure. Celle des composés à poids moléculaire plus élevé (Sauer et al., 1993).

6-2-1- Pénétration dans la chaîne alimentaire :

Après avoir été exposés à divers composés pétroliers, plusieurs organismes marins tels que les planctoniques, les invertébrés (bivalves) et les poissons peuvent stocker les hydrocarbures sous forme de vésicules intra cytoplasmiques (Bertrand et Mille, 1989). Les organismes planctoniques, qui se fixent solidement aux masses d'eau dans lesquelles ils sont en suspension, ne peuvent pas éviter les zones contaminées par des déversements pétroliers, ce qui entraîne l'incorporation directe des hydrocarbures dans leurs cellules, ce qui permet à ces composés de pénétrer dans la chaîne alimentaire. (Lacaze, 1980).

7-Impacts des hydrocarbures sur la faune et la flore marine**7.1 Impacts directs****7.1.1 L'engluement physique :**

Ce sont les dommages les plus importants causés par les hydrocarbures lourds, ainsi que l'image que nous conservons des marées noires : ces oiseaux trappés dans le goudron et les plages couvertes de noir. Ces hydrocarbures ont un faible pouvoir de solubilité et seront donc accumulés sur la rive ou flottant à la surface de l'eau. Si une tempête survient, ils peuvent aussi se déverser jusqu'aux fonds marins où ils seront bloqués pendant un certain temps et causeront la mort d'un écosystème entier. Ces polluants, lorsqu'ils s'installent sur un rivage, attaquent les petits animaux (tortues, mouettes...) et dégradent les habitats en oxygène. Les processus de nettoyage naturel sont perturbés par eux, en particulier pour les plantes à raz de sol qui sont privées d'air et de lumière. (ITOPE ; 2013)

7.1.2 La toxicité des substances chimiques :

Les effets de la toxicité sur les organismes exposés, principalement dus aux déversements des hydrocarbures légers, peuvent être évalués à court et long terme. Effectivement, lorsque les polluants contaminent les végétaux et les planctons dans et à la surface de l'eau, ils se propagent tout au long de la chaîne alimentaire et ont des conséquences sur diverses espèces. Des effets

néfastes sur la fertilité des poissons sont notamment observés, et les chances de survie d'animaux sauvés après un nettoyage sont considérablement réduites.

7.1.3 Le déséquilibre Les communautés :

La pollution perturbe l'équilibre de l'écosystème en réduisant rapidement une grande partie de la population d'une espèce. Effectivement, certaines espèces se reproduisent en émettant de grands œufs pour pallier la mortalité élevée des progénitures. Ce mécanisme de démographie rapide peut entraîner de grandes pertes d'individus, contrairement à des espèces ayant un cycle de reproduction plus long ou une communauté naturellement plus petite. Selon aussi l'occupation de l'endroit et la disparition de certaines proies, ces destructions peuvent avoir un effet significatif sur les populations et la préservation des espèces en favorisant la prolifération de certaines espèces au détriment d'autre (ITOPF, 2013).

7-2- Impacts indirects

7-2-1- Diminution des habitats :

Principalement causée par les hydrocarbures lourds, et la perturbation de la chaîne alimentaire rendent plus difficile le rétablissement des espèces. Il est également important de prendre en compte les conséquences économiques et sociales pour les populations humaines à proximité, en particulier en ce qui concerne la perte de ressources (pêche,...) et du tourisme, ainsi que l'odeur désagréable, etc.

7-2-2- Perte de biodiversité :

La disparition d'espèces marines réduit la biodiversité et affaiblit la résilience des écosystèmes face aux perturbations. (ITOPF,2013).

Les hydrocarbures peuvent également affecter la flore marine, notamment les organismes végétaux tels que les algues et les plantes marines. Voici quelques exemples des espèces marines de flore qui peuvent être touchées par les hydrocarbures :

7-2-2-1-Algues :

Les algues, y compris les algues macroscopiques et les algues microscopiques, peuvent être directement affectées par les hydrocarbures (fig. 8). Les hydrocarbures peuvent endommager les membranes cellulaires des algues, perturbant ainsi leur capacité à photo synthétiser et à se reproduire. Cela peut entraîner une diminution de la croissance des algues, une diminution de la production primaire et une perturbation des communautés algales dans les écosystèmes marins. La formation d'un film d'hydrocarbures à la surface de l'eau permet de limiter la pénétration de la lumière solaire. Cela restreint le processus de photosynthèse, essentiel pour

les algues. Les déversements d'hydrocarbures peuvent engendrer une ombre diffuse, ce qui empêche les algues de bénéficier d'une lumière adéquate pour leur développement (OMI, 2005).



Figure 8 : Algue touchée par les hydrocarbures (alamy image ; algue)

7-2-2-2-Coraux :

Les hydrocarbures ont la capacité d'attaquer directement les tissus des coraux, entraînant des nécroses et des lésions (fig. 9). Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), qui se trouvent dans de nombreux déversements d'hydrocarbures, sont particulièrement nocifs pour les coraux.

Le processus de blanchissement des coraux peut entraîner un stress oxydatif chez les coraux, ce qui entraîne l'élimination des zooxanthelles (algues symbiotiques) qui résident dans leurs écailles. On appelle ce phénomène le blanchiment des coraux, qui prive les coraux de leur principale source de nourriture, qui provient de la photosynthèse.

Il est possible que les hydrocarbures diminuent la capacité des zooxanthelles à produire de la photosynthèse, ce qui entraîne le blanchiment et la mort des coraux.



Figure 9 : Coraux touchés par les hydrocarbures

7-2-2-3- Mangroves :

Elles comprennent des espèces comme le palétuvier rouge et le palétuvier blanc. Ce sont des écosystèmes côtiers cruciaux. Les hydrocarbures peuvent endommager les racines aériennes des mangroves, perturbant leur respiration et leur capacité à absorber les nutriments (fig. 10).

Les racines des mangroves ont la capacité d'absorber les hydrocarbures, ce qui entraîne une toxicité directe pour les tissus végétaux. Les nécroses, la mort des cellules racinaires et une diminution de la capacité des racines à absorber l'eau et les nutriments peuvent être causés par cela.

La présence d'hydrocarbures dans les sédiments où se développent les mangroves peut causer une contamination, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité et la qualité des nutriments nécessaires. Il est possible que cela entrave la croissance des mangroves et modifie la composition chimique du sol, ce qui entraîne des conditions de croissance moins favorables.

Les hydrocarbures ont le potentiel de nuire aux propagules (les graines des mangroves), diminuant ainsi leur aptitude à germer et à former de nouvelles pousses. Ceci risque de compromettre le recrutement et la reproduction naturelle des populations de mangroves. Les plants jeunes sont particulièrement exposés aux hydrocarbures, ce qui peut entraver leur développement et diminuer leur taux de survie.

Effets sur l'environnement (OMI, 2005).



Figure 10 : Mangroves affectées par les hydrocarbures.

La pollution par les hydrocarbures peut affecter une grande variété d'espèces marines, allant des organismes microscopiques aux grands mammifères marins tels que :

7-2-2-4-Poissons :

Les poissons peuvent être exposés aux hydrocarbures par ingestion directe, par inhalation d'eau contaminée ou en absorbant les toxines par leurs branchies. Cela peut entraîner des dommages aux organes internes, des problèmes de reproduction et une diminution de la croissance et les processus de développement des œufs et des larves. Cela peut conduire à un risque (fig. 11).

Au fil du temps, certains hydrocarbures peuvent s'accumuler dans les tissus des poissons grâce à la bioaccumulation et à la bio magnification. Cela indique que même de petites quantités d'hydrocarbures présentes dans l'environnement peuvent entraîner des niveaux plus élevés dans les poissons, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur leur santé et leur bien-être. En outre, la concentration des hydrocarbures peut augmenter à mesure qu'ils s'étendent dans la chaîne alimentaire, ce qui peut conduire à des concentrations très élevées dans les poissons prédateurs de grande taille.



Figure 11 : Poissons touchés par les hydrocarbures.

7-2-2-5- Crustacés :

Les crustacés, comme les crevettes, les crabes, les homards, peuvent être touchés par les hydrocarbures de différentes façons :

Les hydrocarbures peuvent causer de la toxicité directe aux crustacés lorsqu'ils sont en contact direct avec eux ou lorsqu'ils consomment de la nourriture contaminée. Ces produits ont la capacité de causer des dommages aux membranes cellulaires, aux organes internes et au système nerveux des crustacés, ce qui peut entraîner des blessures, des maladies et même la mort.

7-2-2-6- Reptiles :

Comme certaines espèces de reptiles, les tortues sont potentiellement vulnérables aux hydrocarbures notamment lorsqu'elles entrent en contact avec celui-ci à la surface de la mer ou sur la côte. Hors de la période de nidification, les adultes et juvéniles passent peu de temps à la surface. Ils doivent néanmoins remonter à la surface à des intervalles réguliers pour respirer l'air dont ils ont besoin. Lorsqu'elles évoluent en surface, elles s'exposent à un risque de contamination et, dans les situations les plus défavorables, pourraient être engluées. Cependant, il existe peu d'élément établissant la sensibilité de leur peau. (IPIECA-IOGP ;2015)

7-2-2-7-Mollusques :

Les mollusques comme les moules, les huîtres et les calmars peuvent subir des dommages causés par les hydrocarbures, ce qui peut affecter leur capacité à se nourrir, à se reproduire et à survivre

En contact direct avec les mollusques ou en consommant de la nourriture contaminée, les hydrocarbures peuvent être toxiques pour eux. Les molécules présentes peuvent causer des dommages aux membranes cellulaires, aux organes internes et au système nerveux des mollusques, ce qui peut entraîner des lésions, des maladies et même la maladie.

7-2-2-8-Mammifères marins :

Les baleines, les dauphins, les phoques et les otaries sont tous sensibles à la pollution par les hydrocarbures (fig. 12). Ils peuvent être exposés aux toxines en ingérant des proies contaminées, en inhalant des vapeurs toxiques ou en entrant en contact direct avec des nappes de pétrole.

Les animaux marins peuvent être exposés aux hydrocarbures en inhalant des vapeurs toxiques, en mangeant de la nourriture contaminée ou en ayant un contact cutané avec de l'eau polluée. Ces produits peuvent causer des dommages aux voies respiratoires, aux organes internes et au système nerveux des mammifères marins, provoquant des blessures, des maladies et même la mort. Par exemple, les mammifères marins peuvent éviter les zones où les hydrocarbures sont présents, ce qui peut restreindre leur disponibilité en matière de nourriture et d'habitat (Cedre, 2007).



Figure 12 : Mammifères touchés par les hydrocarbures

7-2-2-9- Oiseaux marins :

Les oiseaux marins tels que les mouettes, les pélicans et les cormorans, peuvent être gravement affectés par la pollution des hydrocarbures (fig. 13). Lorsqu'ils entrent en contact avec du pétrole, leurs plumes peuvent devenir lourdes et imprégnées, ce qui compromet leur capacité à flotter et à maintenir leur température corporelle.

Chez un oiseau en bonne santé, la température du corps est de 41 °C – environ deux degrés au-dessus de celle des humains – et l'oiseau n'éprouve aucune difficulté à nager et à plonger dans l'eau glacée. Par contre, si l'oiseau est touché par les hydrocarbures, la chaleur de son corps fuit par les « déchirures » du plumage protecteur. L'oiseau tente alors de maintenir sa température en brûlant ses réserves énergétiques stockées sous forme de graisse, lesquelles sont rapidement épuisées.

Par conséquent, l'oiseau brûle les muscles qui lui servent à voler pour conserver sa chaleur. Il tentera peut-être même de survivre en consacrant le reste de son énergie à la recherche de nourriture. Cependant, le processus est ralenti et entravé par la faiblesse de l'oiseau et par le poids supplémentaire de ses plumes imbibées (IPIECA-IOGP, 2015).



Figure 13 : Oiseau mazouté après une marée noire (SAVING TAMAN)

8-Impacts sur la santé humaine

Les hydrocarbures, des substances organiques composées de carbone et d'hydrogène, ont des conséquences différentes sur la santé humaine selon leur nature (aliphatiques, aromatiques, etc.), la durée et le degré d'exposition. Voici une vue d'ensemble des conséquences éventuelles des hydrocarbures sur la santé nationale qui peut entraîner une irritation des voies respiratoires, tels que la toux, les maux de gorge, les maux de tête et les problèmes respiratoires. Et aussi peuvent causer une irritation de la peau, des démangeaisons et des éruptions cutanées en cas de contact direct.

Les hydrocarbures peuvent causer des dommages au foie et aux reins, ce qui peut entraîner des troubles de ces organes suite à une exposition prolongée.

9-Impacts sur la pêche économique

Les hydrocarbures entraînent de nombreux impacts importants sur l'économie de la pêche, perturbant les écosystèmes marins et les moyens de subsistance des pêcheurs. Voici une description détaillée de ces conséquences :

Lorsqu'ils se déversent dans l'eau, les hydrocarbures créent une couche de surface qui peut entraver l'entrée de la lumière solaire, qui est indispensable pour la photosynthèse des plantes aquatiques. Les récifs coralliens, les herbiers marins et les mangroves présentent une

vulnérabilité particulière. La détérioration de ces habitats à un impact sur les espèces qui en dépendent pour leur alimentation et leur reproduction.

Les autorités ont la possibilité de mettre fin aux zones de pêche contaminées par des hydrocarbures afin de préserver la santé publique et l'environnement. Cela empêche les pêcheurs d'accéder aux ressources marines, les contraignant à se déplacer vers d'autres zones souvent moins productives ou déjà exploitées.

Les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir un impact négatif sur l'économie locale des communautés côtières qui sont dépendantes de la pêche. Les pertes liées à la pêche peuvent entraîner une baisse des dépenses locales, ce qui peut avoir un impact sur les commerces et les services de la communauté.

Les hydrocarbures peuvent avoir un impact sur la qualité sensorielle des produits de la mer, tels que le goût, l'odeur et l'aspect. Il est possible que cela réduise leur valeur commerciale et fasse que les produits de la mer ne soient plus attrayants pour les clients.

10-Impacts sur le tourisme :

L'impact des hydrocarbures sur le tourisme est dévastateur, surtout dans les régions côtières et marines. Voici un examen approfondi des conséquences de la pollution par hydrocarbures sur le secteur du tourisme

Les déversements d'hydrocarbures ont la capacité de polluer les plages, les rendant ainsi inaccessibles ou peu attrayantes pour les visiteurs. Les visiteurs sont dissuadés par l'aspect visuel des plages couvertes de pétrole, l'odeur désagréable et les dangers pour la santé, et a des conséquences néfastes sur les destinations touristiques peuvent entraîner une diminution importante du nombre de visiteurs.

11- Effets synergiques :

Les hydrocarbures peuvent concentrer des micropolluants peu solubles dans l'eau et permettre ainsi leur absorption par les organismes vivants (par exemples les pesticides).

12- Effets sur les médiateurs chimiques :

En perturbent les relations écologiques liées aux chimio médiateurs, les hydrocarbures peuvent modifier le comportement des êtres vivants et l'équilibre écologiques. Cette perturbation peut être liée au blocage des organes chimio récepteurs ou à l'induction de fausse réponse, ainsi certains hydrocarbures extraits du kérosène ont un pouvoir attractif pour le homard.

Notons enfin que les hydrocarbures biodégradables, peuvent conduire dans certaines conditions à une augmentation de la productivité biologique (cas du golfe du Mexique).

Partie II : stage pratique

**Réglementation et techniques de
prévention contre la pollution de la
mer Méditerranée par les
hydrocarbures**

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

1-Description le site d'étude

Le Ministère de l'environnement est situé dans la rue des quatre canons à Alger-centre, la distance entre Alger et le site ministre de l'environnement 3 à 5 km, elle au nord le quartier populaire de Belouizdad, au sud la route principale menant vers le centre d'Alger, à l'est le parc de la ville offrant un espace vert, à l'ouest des zones urbaines densément peuplées et des infrastructures.

Cette localisation stratégique (fig. 14) permet au ministère d'interagir efficacement avec d autre institutions et de participer activement à la gestion environnementale et énergétique de la région.



Figure 14 : location de ministre de l'environnement et les énergies renouvelables.

2- Objectifs du ministère

Le ministère de l'environnement a pour l'objectif principal de protéger, préserver et restaurer les ressources naturelles et l'écosystème. Il veille à la mise en œuvre de politiques publiques visant à limiter les impacts négatifs des activités humaines sur l'environnement, notamment par la promotion du développement durable, la gestion des ressources naturelles, la réduction des émissions polluantes, et la lutte contre le changement climatique. Il joue également un rôle clé dans la sensibilisation et l'éducation des citoyens aux enjeux environnementaux, tout en garantissant une gestion responsable des territoires et de la biodiversité.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

3- Coopération entre Etats pour la protection de la mer Méditerranéenne contre la pollution par les hydrocarbures

La prise de conscience à l'échelle mondiale concernant la pollution marine a été très lente. Le problème a été mis en lumière par un événement spectaculaire le 18 mars 1967, lorsque le navire citerne battant pavillon libérien, le Torrey-Canyon, a échoué sur les « sept pierres » au large des îles Scilly, provoquant une marée noire. Les répercussions étaient sérieuses et catastrophiques pour la faune et la flore, ainsi que pour l'activité humaine comme le tourisme et la pêche.

C'est la raison pour laquelle, à l'échelle mondiale, pour combattre les pollutions qui touchent, à des degrés différents, les espaces maritimes, il fallait établir une collaboration. Les États ont ensuite progressivement pris en charge cette source de pollution.

3-1- Protection de la mer Méditerranée de la pollution par les hydrocarbures

La mise en place de la coopération internationale est le meilleur moyen de combattre la pollution de la mer et de préserver un patrimoine commun tels que la mer Méditerranée. La spécificité et la vulnérabilité de la mer Méditerranée ont été prises en compte dans plusieurs conventions internationales. Le besoin de prévenir la pollution de cette mer s'est manifesté de deux façons : La première option consiste à accorder un statut spécifique à la mer Méditerranée, celui de « zone spéciale », conformément à l'accord de Marpol 1973/78 sur la prévention de la pollution par les navires. La seconde est la convention de Montego Bay de 1982 qui fait référence indirectement à la mer Méditerranée en reconnaissant le caractère spécifique des mers dites fermées et semi- fermées (Siad Hamedi, 2017).

3-2- Conventions internationales visant à protéger le milieu marin.

3-2-1- Déclaration de Stockholm et ses principes relatifs à l'écologie marine

Selon Jean Marc Laveille, cette conférence marque le commencement d'une prise de conscience des défis mondiaux liés à la préservation de l'environnement. Dans la déclaration de Stockholm, une place non négligeable a été réservée à la protection de l'environnement marin les Etats devront prendre toutes les mesures possibles pour empêcher la pollution des

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

mers. Le plan d'action pour l'environnement comprend cent neuf recommandations, dont celles qui sont destinées à la protection du milieu marin.

Le plan d'action pour l'environnement comprend cent neuf recommandations, dont celles qui sont destinées à la protection du milieu marin. En d'autres termes, les recommandations 86 à 944 sont essentielles. La recommandation 86 encourage les États à adopter les instruments de lutte contre la pollution des sources marines, à les mettre en place et à élaborer des réglementations futures à l'échelle nationale et internationale, afin de prévenir de manière plus efficace la détérioration des mers. (SAID HAMEDI,2017)

3-2-2- Convention de Londres de 1954 sur la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures « OILPOL ».

La convention OILPOL ou convention internationale pour la prévention de la pollution de la mer par les hydrocarbures, également connue sous le nom de convention de Londres du 12 mai 1954, est l'un des plus anciens textes⁰ internationaux (Siad Hamedi, 2017).

La convention avait pour objectif de faire face au problème de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures sur deux fronts principaux :

1- On interdit le rejet de l'huile et des mélanges huileux provenant des pétroliers dans des zones spécifiques situées à une distance de 2 à 100 miles de la ligne terrestre la plus proche, située dans les eaux territoriales.

2- Les parties contractantes doivent prendre toutes les mesures nécessaires afin de favoriser la mise en place d'installations de réception des eaux polluées par les hydrocarbures et des résidus (Siad Hamedi, 2017).

3-2-3- Convention de Solas de 1974 : Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer.

L'insuffisance de la convention de 1954, malgré les différents amendements qui lui avaient été apportés, a été causée par les quantités croissantes de produits chimiques transportés par mer et l'augmentation considérable des dimensions des navires citernes.

Parmi toutes les conventions internationales concernant la sécurité maritime, la convention internationale de sauvegarde de la vie humaine, également connue sous le nom de convention de SOLAS, est la plus significative (Siad Hamedi, 2017).

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

3-2-4- Convention internationale de Bruxelles de 1969 sur le droit d'intervention en haute mer en cas d'accident pouvant entraîner une pollution par les hydrocarbures

Conscients de la nécessité de préserver les intérêts de leurs populations face aux conséquences graves d'un accident de mer qui entraîne une pollution de la mer et du littoral par les hydrocarbures, les États vont signer une convention qui prévoit que les États riverains peuvent prendre les mesures nécessaires en haute mer pour prévenir, atténuer ou éliminer les dangers graves et imminents que représente une pollution ou une menace de pollution des eaux de mer par les hydrocarbures à la suite d'un accident de mer. Selon la convention, pour la première fois, l'État côtier a la possibilité de "prendre des mesures adéquates" afin de garantir sa protection contre tout navire navigant en haute mer lorsqu'il existe un "danger grave et imminent" de pollution potentielle (Siad Hamedi, 2017).

3-2-5- Convention de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures. Appelée convention « CLC ».

La convention internationale sur la responsabilité civile pour les dommages causés par la pollution par les hydrocarbures, signée à Bruxelles en 1969 sous les auspices de l'Organisation maritime internationale, a été adoptée. La convention de Bruxelles met en place un système de responsabilité objectif dirigé vers les propriétaires de navire, dont l'objectif est de réparer les dommages causés par les navires. La Seule la responsabilité du propriétaire. Le choix de l'OMI s'était porté sur le propriétaire du navire, sans qu'il y ait lieu de prouver une faute de sa part (Siad Hamedi, 2017).

3-2-6- Protocole de 1992 modifiant la convention internationale de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.

En 1992, le système actuel de responsabilité civile en cas de pollution par hydrocarbures a été modifié, avec cette fois des conditions d'entrée en vigueur moins strictes et une augmentation des limites de responsabilité. Cette convention concerne ensuite les navires qui transportent effectivement des hydrocarbures en tant que cargaison, ainsi que les déversements d'hydrocarbures de soutes provenant de navire citerne sont en bon état, à condition qu'il y ait des résidus d'une cargaison d'hydrocarbures persistants à bord.

La création du Fipol1 par la convention de 1971, que nous avons déjà expliquée, est une avancée par rapport à la CLC en ce qui concerne le mécanisme d'indemnisation des victimes

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

des marées noires. Ce régime a également été modifié par une convention de 1992 (Siad Hamedi, 2017).

3-2-7- Prévention de la pollution spécifique à la mer Méditerranée : une prise de conscience déjà ancienne

Après avoir présenté les conventions visant à préserver le milieu marin en général contre la pollution causée par les hydrocarbures, y compris la mer Méditerranée, nous allons examiner dans cette section la prise en compte par le droit international de la nécessité de prévenir la pollution spécifique à la mer Méditerranée. Cette protection s'est manifestée de deux façons différentes.

- Directement, en accordant à la mer Méditerranée un statut spécifique, celui de "zone spéciale", conformément à la convention MARPOL 73/78 sur la prévention de la pollution par les navires.
- Indirectement, en raison du droit de la mer, la convention des Nations Unies de Montegabay sur le droit de la mer de 1982 reconnaît le caractère particulier des mers dites fermées et semi-fermées (Siad Hamedi, 2017).

3-2-7-1- Convention MARPOL 73/78.

Marpol est venue remplacer la convention oilpol de 1954 sur la pollution de la mer par le pétrole, devenue peu efficace. Les naufrages et les catastrophes successifs ont poussé la communauté internationale à réagir. Novembre 1973, telle que complétée par le protocole du 17 Février 1978 à elle est considérée aujourd'hui comme l'un des plus grands piliers juridiques internationaux en matière de lutte contre la pollution marine liée à l'exploitation des navires de commerce. Ces zones sont désignées par la convention de Marpol en fonction du type de rejet par les navires auxquelles elles sont particulièrement exposées (Siad Hamedi, 2017).

3-2-7-2- Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982 et l'admission du statut de mer semi-fermée

Pour la notion de « mer fermée » ou « semi-fermée », selon l'Article 122 de la convention « on entend par mer fermée ou semi-fermée, un golfe, un bassin ou une mer entourée par plusieurs Etats et relié à une autre mer ou à l'océan par un passage étroit, ou constitué, entièrement ou principalement, par les mers territoriales et les zones économiques exclusives de plusieurs Etats » la mer Méditerranée correspond bien à cette définition, elle est entourée par vingt Etats reliés

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

à l'océan atlantique par un passage étroit, le détroit de Gibraltar. Malgré son immensité, à cause de ce débouché étroit, se caractérise ainsi comme mer semi-fermée qui enclot ses eaux dans une circonférence dont 99% est constitué par une masse continentale (Siad Hamedi, 2017).

4- Coopération régionale contre la pollution de la mer Méditerranée

La nécessité de protéger la mer Méditerranée de la pollution ne s'est pas uniquement faite sur le plan international, mais une coopération régionale était indispensable, car il n'est plus possible d'ignorer les dangers que retour le milieu marin, du fait du transport maritime d'une part, et d'autre part du caractère spécial de la mer Méditerranée, rendant parfois les solutions internationales faibles et inadaptables, d'autres part. Six mois après la conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, tenue à Stockholm en Juin 1972, naissait le PNUE (programme des Nations Unies pour l'Environnement) qui identifie la Méditerranée parmi ses priorités, compte tenu de l'urgence des mesures à prendre dans cette région. Un plan d'action pour la Méditerranée (PAM) est élaboré, l'aspect juridique s'est traduit par l'élaboration d'une convention régionale ; la convention de Barcelone pour la protection de la Mer Méditerranée, à laquelle sont parties tous les Etats riverains, en 1995, le PAM sera révisé et en particulier sur le volet juridique, donnant ainsi naissance au PAM.

4-1- Plan d'action pour la Méditerranée (PAM)

Le 04 Février 1975, 16 pays Méditerranéen et la communauté Européenne adoptaient le plan d'action pour la Méditerranée PAM. premier plan adopté dans le cadre du programme des Nations Unies pour l'environnement dite« convention de Barcelone » Le PAM vise à mener une politique de lutte contre la pollution du milieu marin au niveau Méditerranéen, les pays riverains ont chargé dans un premier temps le PAM à mettre en œuvre les activités de recherche et de contrôle scientifique, ainsi que d'effectuer des études socio-économiques, pour ce faire le PAM a surtout mis en place un cadre de consultation et de prise de décision régional qui a poussé les Etats à définir une approche commune et à agir en matière d'environnement au niveau local.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

4-2- Volet juridique :

4-2-1- Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution de 1976.

La convention de Barcelone fait partie d'un grand programme de protection de la Méditerranée. Le préambule de la convention de Barcelone justifie la nécessité d'une convention spécifique à la mer Méditerranée, et l'article premier définit son champ d'application géographique entre le détroit de Gibraltar et le détroit des Dardanelles, les eaux intérieures des parties contractantes étant explicitement exclues.

Le préambule de la convention met l'accent sur l'objectif de cette convention, qui consiste à coopérer à l'échelle régionale afin de préserver et d'améliorer le milieu marin de la mer Méditerranée. Cette idée volontariste est présente dans tout le texte de la convention. Ainsi, conformément aux divers articles de la convention.

4-2-2- Protocoles de la convention de Barcelone : celui relatif à la coopération en matière de lutte contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures et d'autres substances nuisibles

La convention de Barcelone doit être un cadre juridique global pour la préservation du milieu marin Méditerranéen, elle doit également être capable de s'ajuster aux divers problèmes de pollution auxquels chaque États Méditerranéen peut faire face. Ce protocole prévoit la coopération entre les États parties en cas d'accidents maritimes ou de situations critiques qui pourraient polluer ou risquer de polluer le milieu marin, les côtes ou les intérêts des parties, et exige des actions rapides de la part des États parties.

4-3- Volet institutionnel, financier et scientifique du PAM.

4-3-1- Cadre institutionnel du PAM.

Il est essentiel d'établir une institutionnalisation de cette coopération afin de mettre en pratique et de coordonner l'application des engagements des États en respectant les principes de la convention de Barcelone et ses protocoles pour la protection du milieu marin. Les réunions intergouvernementales et l'unité de coordination constituent les deux organes du PAM. Cette dernière prépare les réunions des parties contractantes et du bureau, et est responsable du suivi des décisions prises. Elle entretient également des relations et coordonne ses activités avec les organisations internationales et non gouvernementales. Elle fournit

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

régulièrement des informations sur ses activités ainsi que sur celles des centres d'activités régionaux, six centres répartis dans tout le bassin Méditerranéen, qui couvrent diverses activités principalement liées à la convention et aux protocoles.

4-3-2- Cadre financier du PAM

Un important programme a été mis en place afin d'apporter une aide financière aux États Méditerranéens dans le but de lutter contre la détérioration de l'environnement marin Méditerranéen, de contrôler la pollution marine chimique et par les hydrocarbures, ainsi que de gérer les zones côtières. Il vise également à contribuer à la résolution des problèmes environnementaux en préparant des projets, en effectuant des études de politique générale et en renforçant les capacités institutionnelles.

Le METAP a contribué à plus de 14 millions de dollars depuis sa création, finançant 61 projets dans 12 pays membres. Parmi les projets financés par le METAP, on retrouve la création d'un Fonds de prévention de la pollution industrielle en Tunisie et le parc national du Maroc à El Hoceima.

La deuxième priorité est la gestion des déchets solides et dangereux. Le METAP vise à améliorer cette gestion des déchets, y compris leur collecte, leur évacuation et leur recyclage, en mettant en place le principe pollueur-payeur (Siad Hamedi, 2017).

5- Plan d'action national du Ministère de l'environnement

Le premier Plan d'Action National (PAN) de lutte contre les pollutions marines provoquées par des activités anthropiques menées à terre a été réalisé en 2003 avec l'appui du MEDPOL/PAM. Ce programme d'actions visant à réduire les pollutions provoquées par des activités telluriques a été mis en œuvre dans le cadre du PAS MED. Impliquant différents secteurs, ce plan d'action a été piloté par le ministère chargé de l'environnement et a permis de réduire les impacts négatifs des activités humaines sur l'écosystème marin et côtier de l'Algérie (Plan d'action National, 2016).

5-1- Exigences relatives aux aspects législatifs

Depuis la mise en œuvre du PAN 1 en 2005, un renforcement et une adaptation du cadre institutionnel a été mené sur l'ensemble des composantes ayant un lien direct ou indirect avec

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

la prise en charge des pollutions marine et littorale dues à des activités telluriques. Ce renforcement a concerné aussi bien les aspects liés à l'assainissement qu'aux déchets solides de toutes natures (voir Partie 1 de ce rapport : progrès réalisés en 2005 et 2015).

5-1-1- Renforcement de l'évaluation environnementale

La période post –2005 a été caractérisée, également, par la mise en place des outils juridiques, réglementaires et techniques pour mener, au préalable de toute activité au niveau des zones côtières, des études d'impact et de danger sur l'environnement. Cette évaluation environnementale a permis par ailleurs, de réduire considérablement les pollutions sur l'environnement marin et côtier à partir de sources « Telluriques ».

Il y'a lieu de souligner que les évaluations environnementales sont encadrées par les dispositions du décret exécutif n°06-198 du 31 Mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement et qui précise le contenu des études de danger et renvoie les modalités d'examen et d'approbation de ces études à un arrêté pris conjointement par le ministre de l'intérieur et des collectivités locales et le ministre chargé de l'environnement. La structure générale des études d'impact sur l'environnement qui sont dominées par les projets d'industries, d'énergie, de mines et dans le domaine de l'agroalimentaire.

5-1-2- Renforcement des capacités

Entre 2008 et 2014, un programme consistant de formation des délégués à l'environnement au niveau des entreprises industrielles classées a été réalisé. Ce programme vise le renforcement des capacités d'interventions des délégués (Plan d'action National, 2016).

Ce programme vise, par ailleurs, à appuyer le plan d'action national de dépollution. Il y'a lieu de souligner que les wilayas points chaud du PAN2 ont bénéficiées de manière privilégiée de ce programme.

5-2- Sensibilisation et la communication

- Sensibilisation et la communication sont intimement liées et constituent des activités essentielles dans le processus du PAN. Ce qui exige des porteurs du PAN une approche de communication basée sur la pédagogie et la démonstration du bienfondé de la démarche intégrée du PAN.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

- La cible : Le panel des acteurs visé par la sensibilisation

- communication doit être dosé de manière à éviter de disperser les efforts visant à atteindre les cibles qui influencent directement la pollution marine.

- Supports (canaux) : s'articuleront autour de quatre principaux axes :

Les sites web, les relations presse et publics, l'édition : livrets illustrés, dépliants et objets de communication, l'événementiel.

- Médias (nationaux et locaux), revues spécialisées guides pédagogiques, sites sociaux (Facebook, tweeter), sites web institutionnels, bulletins environnement et développement durable.

- Le levier des maisons de l'environnement, les classes vertes : Les maisons de l'environnement sont une opportunité qui constitue un puissant outil de communication de proximité, en particulier vis à vis des enfants. De même que les clubs vert et bleus sont un vecteur pour faire passer les messages du PAN.

- Les évènements à Saisir : La saison estivale est l'occasion d'une présence massive et diversifiée de millions de personnes au niveau de la zone côtière et le CNL à travers ses antennes de wilayas, l'AND, l'ONEDD, ONA, les agents de la protection civile présents sur l'essentiel du littoral national dans les plages autorisées à la baignade sont également un vecteur de sensibilisation et de communication efficace durant la saison estivale.

- La célébration des journées internationales dédiées à l'environnement et à la nature, et outre le thème arrêté annuellement par le Programme des Nations Unies, sont au niveau local des occasions de sensibilisation, de communication et d'information sur le développement durable des zones côtière. (Plan d'action National ,2016)

5-3- Systèmes de surveillance et de détection des pollutions et Techniques de lutte en mer et de dépollution des côtes

5-3-1-Détecter et surveiller la pollution marine grâce à la télédétection

Les moyens de détection et de suivi de la pollution marine dépendent fortement du type de pollution auquel on a affaire. La quantité de polluant et ses caractéristiques déterminent le choix de la plateforme (satellite ou avion) et du(des) capteur(s) à utiliser.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

Satellite ENVISAT



Avion de surveillance maritime



Un moyen évident de « prendre une photo » de la Terre vue de haut est de monter un appareil photo sur un avion. Pour qu'un avion de surveillance puisse voler, il faut que les conditions météo soient relativement bonnes. Comme les satellites sont situés à une altitude plus élevée, une image satellite peut couvrir une plus grande surface au sol. Si un avion devait parcourir tout un océan de long en large pour repérer une nappe de polluants, cela prendrait énormément de temps alors que ce genre de mission peut être effectuée très facilement par un satellite.

5-3-2- Techniques mécaniques de détection de la pollution marine

5-3-2-1 Barrage

De nombreux appareils de récupération mécaniques utilisés pour la lutte en mer sont de type « barrage – récupérateur » (fig. 16). Ils incluent un dispositif de type barrage qui permet de regrouper le polluant flottant avant de le collecter en surface grâce à un dispositif incorporé au barrage. Les barrages-récupérateurs, même lorsqu'ils sont ancrés face au courant, présentent de nombreux avantages :

- Une grande capacité de rencontre avec les polluants ;
- Une certaine souplesse qui leur permet de maintenir une efficacité optimale dans les vagues
- La possibilité de leur associer des groupes de pompage puissants pour des débits de récupération de plusieurs centaines de m³/h.

Cependant, il est important de prendre en compte quelques limites à leur utilisation et à leurs performances :

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

- Ils exigent tous une vitesse par rapport à l'eau de l'ordre de 1 à 2 nœuds pour limiter les fuites de pétrole, ce qui implique l'emploi de navires conservant leurs qualités évolutives à faible vitesse ;



Figure 16 : barrage récupérateur

Leur sélectivité est généralement médiocre, voire mauvaise, ce qui oblige à l'emploi d'importantes capacités de stockage - décantation en aval du récupérateur ;

- D'un fonctionnement reposant étroitement sur la capacité du flux de polluant rencontré à s'écouler dans le dispositif de récupération et à en être évacué au fur et à mesure, ils conviennent surtout à la récupération de produits fluides à moyennement visqueux.

5-3-2-2- Chaluts et filets de surface

Ces dispositifs ont été conçus spécialement pour récupérer des produits solides, ou au moins extrêmement visqueux, ou éventuellement rendus comme tels grâce à l'utilisation conjointe d'absorbants pulvérulents préalablement répandus sur les nappes de pétrole à collecter (fig. 17).

Différents systèmes se présentent sous la forme d'un chalut de surface en deux parties distincte :

- Un premier élément concentrateur qui vise à contenir et à épaissir les nappes, appelé « chalut » proprement dite ;
 - Un deuxième élément, communément appelé poche, fond ou cul de chalut, qui retient le pétrole et qui, une fois rempli, peut être dissocié du chalut et, après fermeture, être soit remonté à bord d'un navire stockeur, soit pris en remorque jusqu'à la terre pour y être déchargé.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

Le premier composant est un filet, soit au contraire des éléments de barrages, voire une combinaison des deux. En général, la poche est conçue pour être retirée après remplissage. Cependant, elle est fabriquée dans un filet à maillage très fin (de 1 à quelques mm) et peut avoir une contenance allant de quelques m³ à quelques dizaines de m³, mais généralement proche de la dizaine de m³.

Différentes raisons ont été invoquées pour la création de ces chaluts :

- En comparaison avec les matériaux couramment utilisés par les barrages flottants, l'utilisation d'un textile maillé pour la collecte des polluants présente une résistance à la mer moindre.
- Ces systèmes sont simples à mettre en place et sont très peu encombrants ;
- De plus, ils démontrent un bon comportement à la houle.

Ces trois caractéristiques encouragent l'utilisation de petits bateaux de pêche, qui, en particulier lorsqu'il s'agit de chalutiers, sont adaptés à la manipulation de tels équipements. En plus de la complexité de gérer in situ les poches recouvertes de polluants, le principal désavantage d'un tel système réside dans son fonctionnement discontinu, ce qui se manifeste d'abord par des performances globales plutôt modestes et, en tout cas, un déversement important de pétrole en mer.



Figure 17 : Chalutage des hydrocarbures.

5-3-2-3- Bateaux de nettoyage portuaire

Ces machines, principalement conçues pour récupérer des débris solides flottants et généralement autonomes, sont principalement utilisées pour résoudre le problème de pollution chronique qui est un enjeu majeur pour les ports (fig. 18). Cependant, on peut éventuellement les utiliser pour récupérer des pétroles très visqueux ou presque solides.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

En outre, certaines personnes peuvent être équipées d'un équipement optionnel qui permet de collecter sélectivement les hydrocarbures.



Figure 18 : Bateau de récupération de déversement d'hydrocarbures.

5-3-2-4- Séparateurs

Au-delà de la simple décantation gravitaire qui peut être effectuée dans les cuves de stockage et qui demeure la méthode la plus simple pour garantir la séparation d'une grande partie de l'eau prélevée inévitablement avec le polluant, il est possible d'envisager l'utilisation d'un séparateur, généralement directement en sortie du récupérateur, afin de concentrer le polluant récupéré et d'optimiser les capacités de stockage disponibles (fig. 19).

Il est donc essentiel de réfléchir à leur utilisation individuellement, en fonction des conditions particulières de l'intervention.

Afin de réduire les interrogations à ce sujet, il serait judicieux d'effectuer le rejet en amont du chantier ou du dispositif de récupération.

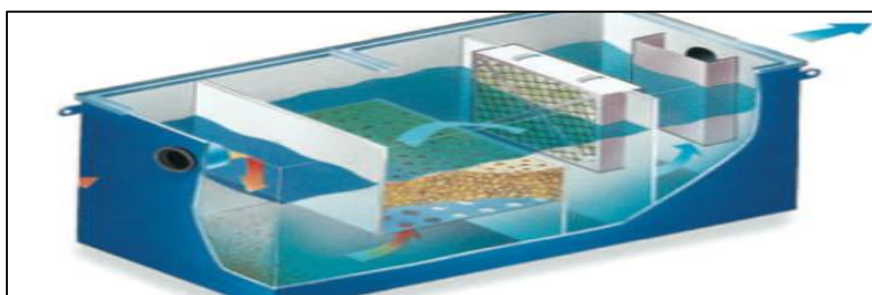


Figure 19 : Entretien séparateur hydrocarbure.

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

5-3-3- Technique biologique

Malgré l'expansion constante des énergies renouvelables, la production mondiale de pétrole, la consommation de pétrole et le risque de pollution pétrolière n'ont cessé d'augmenter au cours des deux dernières décennies. Des accidents se produisent souvent lors de l'extraction, du transport et de l'utilisation du pétrole, entraînant une pollution grave et parfois irréversible de l'environnement et des dommages à l'homme. Il existe plusieurs méthodes pour éliminer cette pollution pétrolière des surfaces d'eau. Il a été démontré que les feuilles de la fougère flottante *Salvinia molesta*, par exemple, adsorbent l'huile, la séparent de la surface de l'eau et la transportent sur leur surface (fig. 20).

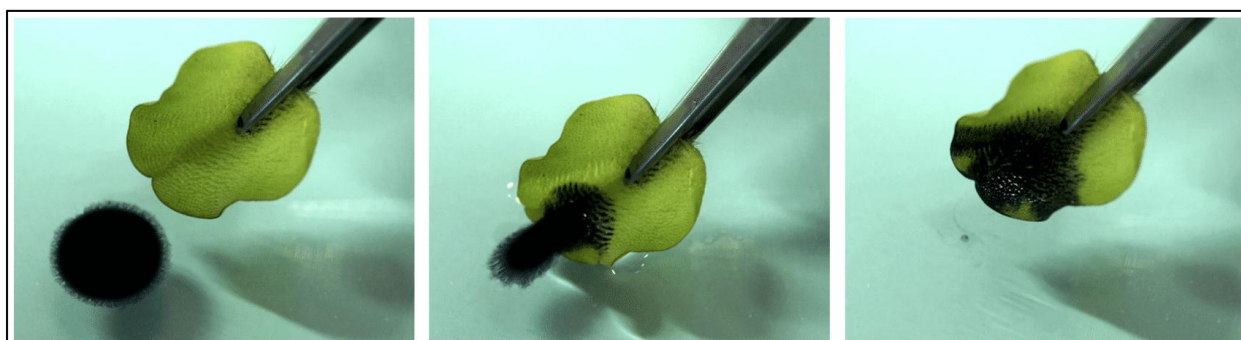


Figure 20 : Adsorption d'une goutte d'huile usagée en quelques secondes par une feuille de la fougère flottante *Salvinia molesta*.

Ces observations les ont incités à transposer cet effet aux textiles techniques destinés à séparer l'huile de l'eau. Le textile bio-inspiré peut-être intégré dans un dispositif de séparation de l'huile et de l'eau. Le schéma montre un film d'huile sur une surface d'eau (fig. 21).

À partir de la contamination sous la forme d'un film d'huile à la surface de l'eau, le processus de séparation et de collecte se déroule selon les étapes suivantes :

- La BOA est introduite dans le film d'huile.
- L'huile est adsorbée par le textile et séparée de l'eau en même temps.
- L'huile est transportée à travers le textile jusqu'au récipient de collecte.
- L'huile s'égoutte du textile dans le récipient de collecte.
- L'huile est collectée jusqu'à ce que le conteneur soit vidé.

L'avantage de ce nouveau dispositif de séparation de l'huile est qu'aucune énergie supplémentaire ne doit être appliquée pour faire fonctionner la BOA. Lorsqu'elle atteint l'extrémité du textile dans le récipient de collecte, l'huile se désorbe sans autre influence extérieure due aux forces gravitationnelles. Il semble peu probable qu'un textile d'espacement

Partie II La réglementation et les techniques de prévention contre la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures

tricoté fonctionnalisé soit moins cher qu'un non-tissé conventionnel, tel qu'il est couramment utilisé pour les adsorbants d'huile. Toutefois, comme il s'agit d'un matériau fonctionnel, les coûts doivent être liés à la quantité d'huile éliminée.

Dans l'ensemble, le dispositif BOA offre une méthode rentable et durable de séparation de l'huile et de l'eau par rapport aux méthodes de nettoyage conventionnelles, grâce aux avantages suivants :

- Aucune énergie supplémentaire n'est nécessaire, comme c'est le cas avec les écrémeurs d'huile.
- Aucune substance toxique n'est introduite dans la masse d'eau, comme c'est le cas avec les dispersants d'hydrocarbures.
- Les textiles et l'équipement peuvent être réutilisés plusieurs fois.
- Aucun déchet ne reste dans la masse d'eau
- Peu coûteux par rapport à la quantité d'hydrocarbures enlevée.

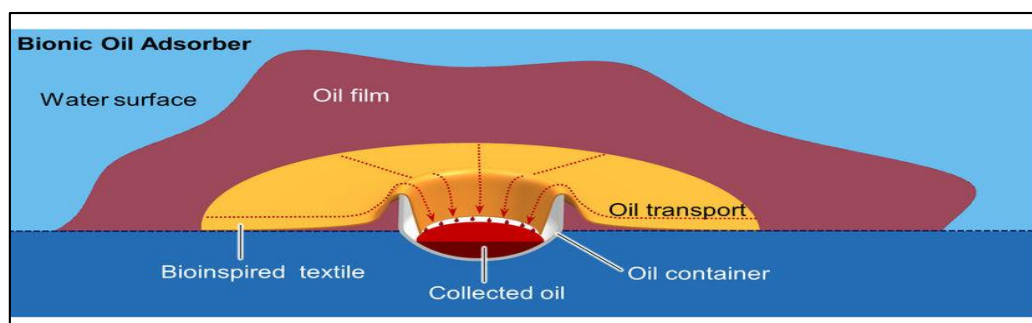


Figure 21 : Coupe transversale du modèle assisté par ordinateur (CAO) de l'adsorbant de pétrole bionique

Conclusion

Le but de cette étude est d'étudier les impacts de la pollution par les hydrocarbures sur la faune et la flore marine de la mer Méditerranée, en mettant en lumière les conséquences écologiques, économiques et sociales de cette dégradation environnementale. A travers une analyse scientifique et documentée, il vise à identifier que les principales sources de la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures représentent une menace majeure pour la faune et la flore marine. En raison du trafic maritime dense et installations offshore ainsi que les accidents pétroliers, souvent près des côtes, causent des dommages beaucoup plus importants que les rejets réguliers liés aux opérations de nettoyage des navires.

Et évaluer leur effet sur l'écosystème marine les hydrocarbures qui perturbent la biodiversité, en particulier les espèces marines vulnérables comme les poissons, les oiseaux et les mammifères marins, provoquant des déséquilibres écologiques, et des dommages physiques et chimiques aux organismes marins. De plus, les hydrocarbures affectent les activités humaines comme la pêche et le tourisme, qui sont essentiels pour l'économie des pays riveraines.

Et à proposer des stratégies des mesures de prévention et de lutte ont été mises en place, comme la création de juridictions spécialisées dans les pollutions littorales et la mise en place de la zone à faibles émissions de soufre (SECA) en Méditerranée qui entrera en vigueur en 2025. Le Centre régional pour le contrôle des pollutions maritimes en Méditerranée (REMPEC) joue un rôle crucial en promouvant des stratégies pour minimiser les risques de pollution.

Cependant, la pollution par hydrocarbures en Méditerranée reste un problème complexe qui nécessite une approche intégrée impliquant la recherche scientifique, la réglementation stricte et la coopération internationale pour protéger cet écosystème fragile. Une sensibilisation du public et des autorités locales à l'importance de la protection de la biodiversité marine est également essentielle. Ce travail s'inscrit dans une perspective de développement durable et de conservation des ressources marines, essentielles pour l'équilibre écologique et les communautés côtières dépendantes.

Agence européenne pour l'environnement Le milieu marin et littoral Méditerranéen - état et pressions, Rapport de l'Agence Européenne pour l'Environnement (AEE), op.cit., p.13-14.

Albakjaji M., 2011. La pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures liés au trafic maritime. Thèse de doctorat. Université de Paris –Est. p 298.

Algani F., Pantin C., Caliani I. et Casini S., 1996. Hydrocarbons in the Mediterranean Sea: Their environmental fate and impact on marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*. N° 32, p 335-343.

Alzieu C., 1998. Impact of oil pollution on marine mollusks in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, Cet article étudie les effets des hydrocarbures sur les mollusques, notamment les conséquences éco toxicologiques dans les zones méditerranéennes contaminées, n°36, p 850-853.

Bacci E., 1986. Marine Pollution in the Mediterranean Sea: The Impact of Hydrocarbons on Marine Ecosystems. *Science of the Total Environment*. N°54. p 209-214.

Bertrand J.C., Mille G., 1989. In : Bianchi M, Marty D., Bertrand J.C Devenir de la matière organique exogène. Un modèle : les hydrocarbures microorganismes dans les écosystèmes océaniques, Chapitre 13. Masson, Paris. Pp : 85-343.

Beurrier M ., 2015. Droit maritime. Editions de l'onde, p 270.

Blumer M., Guillard L., and Chase T., 1971. Hydrocarbons of marine phytoplankton. *Marine biology* 8,183-189. Saliot A., 1981. Natural hydrocarbons in sea water. In :Duursma, E.K. and Dawson, R. (Eds.) *Marine organic chemistry*. Elsevier, Amsterdam, p 327-374.

Giacomo S., Monaco., 2017. Oil spills in the Mediterranean Sea: Transport, fate, and impact on marine life. *Journal of Environmental Management* p199.

Brodsky A., Alcaro L., 2017. Marine pollution in the Mediterranean Sea: impact assessment, remote sensing, and environmental management. the biodiversity of the mediterranean Sea: estimates, patterns and threats. *Plos ONE*, 5(8) e 11842.
<http://www.com.univmrs.fr/gisposidonie/spip.php?article100>, [consulté le 5 Avril 2024].

Christian S., 2008. La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures. Mémoire Master II de droit maritime et des transports. Université D'Aix-Marseille. p 98.

Claude G., 2007. La méditerranée - géopolitique et relations internationales, Paris, Ed.Ellipses. 272p.

Gachot G., 2008. La pollution marine en Méditerranée. *La Revue Maritime*. N° 483, p 68.

Galaf G., 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web du milieu marin ; mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassen 2 Rabat. P 101.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, Technique et documentation. 40-41 p. hydrocarbures dans les sédiments l'île Port Cros (France). *Rapp. Comm Int. Mer Méditerranée*, Vol. 30. N°2. p 125.

Giacomo S., Monaco., 2017. Oil spills in the Mediterranean Sea: Transport, fate, and impact on marine life. *Journal of Environmental Management* vol 1 , p 12.

Hamedi Siad N., 2017. La coopération entre Etats pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution par les hydrocarbures Vol. 12. N° 2. p 7-39.

Harrison W., Winnick M.A., Mckay D., 1975. Crude oil spills-Disappearance of aromatic and aliphatic components from small sea-surface slicks. Environmental Science & Technology. p: 231-234.

Houssem C., 2015. Etude de la pollution marine par les hydrocarbures et caractérisation de leurs effets biochimiques et moléculaires sur la palourde de Ruditapesp. Géochimie. Docteur de l'université de bordeaux ; Université de Monastir Tunisie. p 7-24.

ITOPF, 2013. ARTICLE effets de la pollution par les hydrocarbures sur l'environnement. Guide d'informations techniques. p : 2-3.

Lacaze J-C., 1996. La pollution des mers. Edition Flammarion.p 118.

Montego F., 1982. La Revue Maritime trimestrielle. Convention des Nations unies sur le droit de la mer, Publiée par l'Institut Français de la Mer. p 151.

<http://www.mareesnoires.com/fr/pollution/maree-noire/deversement-hydrocarbures.php>.

Thèse de doctorat : Marées noires (déversements d'hydrocarbures). [consulté avril 2024].

Perrot J., 2008. Le site d'Internet de Greenpeace, op.cit.,l'Ifremer et les sciences marines au cœur des enjeux Méditerranéens, La Revue Maritime, n° 483.p 299.

Mille G, Alzieu C., 1992. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) dans les sédiments marins de Méditerranée. Environmental Pollution,Cette étude se concentre sur les concentrations de HAPs dans les sédiments marins et leurs effets toxiques sur la faune marine. Pp : 227-236.

Marchand M., Kantin R., 1997. Contaminants chimiques en milieux aquatiques, 3ème partie : Présentation de quelques exemples caractéristiques. Océanis. 23, p 517-695.

Norwich J-J.,2008. Histoire de la méditerranée, Paris, Ed. Perrin, p 9.

Organisation Maritime Internationale., 2005. Manuel sur la pollution de la mer méditerranée par les hydrocarbures, Édition de 2003 Vol. 4, p215.

Pierre M.,1983. Synthèse des informations relatives à l'impact des hydrocarbures sur la flore et la faune marine, Institut scientifique et technique de pêche maritime. p 227.

Plan d'action national., 2016. La lutte contre les pollutions marines provoqués par les activités telluriques ; de ministère des ressources en eau et d'environnement. p 129.

Plan d'action national., 2019. Rapport finale du bilan de base nation contre la pollution marine,p 70.

PNUE/PAM-plan bleu., 2009. Etat de l'environnement et du développement de la méditerranée. PNUE/PAM-plan bleu, Athènes, p 204-233.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Édition science international p 690-691.

Résumé

La Méditerranée est l'une des mers les plus polluées au monde, bien que représentant seulement 1 % de la surface maritime mondiale. Cette pollution est principalement due à la densité de population sur ses rives, aux activités industrielles, au tourisme, et au trafic maritime intense. Les hydrocarbures, notamment issus des déversements accidentels (marées noires), des dégazages illégaux et des rejets urbains, constituent une des principales sources de pollution dans cette région.

Les hydrocarbures affectent directement les animaux marins, tels que les poissons, les oiseaux et les mammifères marins, en causant des dommages physiques (irritations, brûlures) et en perturbant leurs capacités de navigation et de chasse. Les oiseaux marins, par exemple, peuvent perdre l'étanchéité de leur plumage, ce qui entraîne une hypothermie et une perte de capacité à voler.

Les hydrocarbures peuvent également entraîner des effets toxiques sur la reproduction et le développement des espèces marines. Les larves de poissons, par exemple, sont particulièrement sensibles à ces contaminants.

Les hydrocarbures peuvent nuire aux plantes marines telles que les posidonies, essentielles pour l'équilibre des écosystèmes marins Méditerranéens. Ils réduisent la photosynthèse en formant un film à la surface de l'eau, bloquant la lumière nécessaire aux plantes.

Les hydrocarbures peuvent également contaminer les sédiments marins, affectant les racines des plantes sous-marines et altérant la qualité de l'eau, ce qui entraîne une réduction de la biodiversité végétale.

La pollution par les hydrocarbures est donc une menace majeure pour la biodiversité en Méditerranée, nécessitant des mesures de prévention et de remédiation pour protéger cet écosystème fragile.

Abstract

The Mediterranean Sea is one of the most polluted seas in the world, despite covering only 1% of the global marine surface. This pollution is mainly due to the high population density along its shores, industrial activities, tourism, and heavy maritime traffic. Hydrocarbons, particularly from accidental spills (oil spills), illegal discharges, and urban waste, are one of the main sources of pollution in this region.

Hydrocarbons directly affect marine animals, such as fish, birds, and marine mammals, causing physical damage (irritation, burns) and disrupting their navigation and hunting abilities. Seabirds, for example, can lose the waterproofing of their feathers, leading to hypothermia and loss of flight capability.

Hydrocarbons can also have toxic effects on the reproduction and development of marine species. Fish larvae, for example, are particularly sensitive to these contaminants.

Hydrocarbons can harm marine plants such as Posidonia, which are essential for the balance of Mediterranean marine ecosystems. They reduce photosynthesis by forming a film on the water's surface, blocking the light necessary for plants.

Hydrocarbons can also contaminate marine sediments, affecting the roots of underwater plants and altering water quality, leading to a reduction in plant biodiversity.

Pollution from hydrocarbons is thus a major threat to biodiversity in the Mediterranean, requiring preventive and remedial measures to protect this fragile ecosystem.

الملخص

يعدّ البحر الأبيض المتوسط من أكثر البحار تلوثاً في العالم، على الرغم من أنها تمثل 1٪ فقط من المساحة البحرية العالمية. هذا التلوث يرجع بشكل رئيسي إلى كثافة السكان على سواحلها، والأنشطة الصناعية، والسياحة، وكثافة حركة المرور البحرية. وتعتبر الهيدروكربونات، الناتجة بشكل خاص عن الانسكابات العرضية (التسربات النفطية)، والتفريغ غير القانوني، والنفايات الحضرية، واحدة من المصادر الرئيسية للتلوث في هذه المنطقة.

تؤثر الهيدروكربونات بشكل مباشر على الحيوانات البحرية، مثل الأسماك والطيور والثدييات البحرية، مما يسبب أضراراً جسدية (التهابات، حروق) ويعطل قدراتها على الملاحة والصيد. الطيور البحرية، على سبيل المثال، قد تفقد القدرة على عزل ريشها، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارتها وفقدان القدرة على الطيران.

يمكن للهيدروكربونات أيضاً أن تسبب تأثيرات سامة على التكاثر وتطور الأنواع البحرية. فمثلاً، يرقات الأسماك تكون حساسة بشكل خاص لهذه الملوثات.

يمكن أن تضر الهيدروكربونات بالنباتات البحرية مثل البوسيدونيا، وهي ضرورية لتوازن النظم البيئية البحرية في البحر الأبيض المتوسط. فهي تقلل من عملية التمثيل الضوئي من خلال تشكيل طبقة رقيقة على سطح الماء، مما يمنع وصول الضوء اللازم للنباتات. يمكن للهيدروكربونات أيضاً أن تلوث الرواسب البحرية، مما يؤثر على جذور النباتات البحرية ويغير جودة المياه، مما يؤدي إلى انخفاض التنوع البيولوجي للنباتات.

تشكل التلوث بالهيدروكربونات تهديداً كبيراً للتنوع البيولوجي في البحر الأبيض المتوسط، مما يتطلب اتخاذ تدابير وقائية وعلاجية لحماية هذا النظام البيئي الهش.