

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE 'Abou Bekr Belkaid' DE TLEMCCEN

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de

L'Univers

Département d'Ecologie et Environnement



MEMOIRE

Présenté par

« KECHOUT ROMAÏSSA »

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Filière: Hydrobiologie Marine et Continentale

Option : « Sciences de la mer »

Thème :

Moyens de lutte contre la marée noire

Soutenu le: **30 / 06 / 2022**

devant **le jury** composé de :

- **Présidente** : Mme. KAID Slimane Nassira **Professeur** Université de Tlemcen
- **Encadreur** : Mr. MEZIANE Abdelkader **M.C.A** Université de Tlemcen
- **Examineur** : Mr. NEHAR Benameur **M.C.B** Université de Tlemcen

Année universitaire : 2021/2022

‘REMERCIEMENT’

C'est avec une grande joie et une certaine émotion que je rédige ces lignes de remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné la force et le courage afin que je puisse accomplir ce modeste travail

Je tiens tout d'abord à remercier MR .MEZIANNE Abdelkader M.C.A du département de L'écologie et de L'environnement de L'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, pour son encadrement, ses conseils, ses orientations et ses encouragements.

Je remercie Mme. KAID Slimane Nassira Professeur à la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, de L'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir acceptée de me faire l'honneur de présider ce jury

Je remercie également MR. NEHAR Benameur M.C.B à L'université de Tlemcen qui a bien voulu examiner ce travail

Et à tout la famille du master de science de la mer durant tout notre cycle de formation

Mes remerciements s'adressent aussi à tous les enseignants de Science de la mer pour leurs disponibilités et leurs précieux conseils, et à mes professeurs sans exception

Enfin tous ceux qui m'ont soutenu durant ce travail directement ou indirectement, par leur amitié et leur sympathie, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude

Dédicace

Tout d'abord, Dieu merci qui m'a aidée à réaliser ce modeste travail

A ceux qui m'ont appris les belles choses de la vie : la confiance,
l'amour, la vérité, la patience, et le courage, "vous ma lumière de
ma vie maman, et mon père, qui Dieu lui fasse miséricorde"

A mon frère : ZAKARIA et sa femme (ma deuxième sœur) SIHAM

Mes chers amis : NADIA et BOUCHRA

A toute la famille : KECHOUT et HASNAOUI

A tous ceux qui tiennent une place dans mon cœur, avec lesquels je
partage les mots tendresse, amour et amitié



Merci à tout



TABLE DES

MATIERES



TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATION

INTRODUCTION GENERALE02

PARTIE THEORIQUE : étude la marée noire, leur causes, le pétrole et son extraction, leur effets sur la faune et la flore, et moyens de lutte contre la marée noire

CHAPITRE I : « GENERALITES SUR LA MAREE NOIRE »

1 - la marée noire05

1 -1- Définition05

1 -2- Historique des marées noires06

2- Recensement des marées noires dans le monde 07

3- Chronologie d'une marée noire14

4- L'origine des accidents de marée noire15

CHAPITRE II : « LE PETROLE ET SON EXTRACTION »

Introduction18

1 – Le pétrole19

1 -1- Définition de pétrole19

1 -2-Composition chimiques de pétrole20

1 -3- Classification des pétroles bruts21

1 -3-1- Classification industrielle21

1 -3-2- Classification chimique21

1-3-3- Classification technologique21

• ***1-3-3-1- La teneur en soufre***21

• ***1-3-3-2-La teneur potentielle en produits clairs***22

• ***1-3-3-3-En fonction de la teneur en paraffines (T)***22

1-4- Nature des différents types du pétrole brut22

1-4-1- Les composés pétroliers	22
1-4-2-Hydrocarbures biogènes	25
2- Les causes de la marée noire	26
2-1- Offshore.....	26
2-2- Plateformes pétrolières.....	27
2-2-1- Les types de plateformes.....	28
2-2-2- Les différents types de plateformes	29
• 2-2-2-1- Les plateformes fixes.....	29
• 2-2-2-2- Les plateformes mobiles et unités flottantes.....	30
2-3- Les navires pétroliers.....	31
2-3-1- Classification des différents types de navires pétroliers	31
• 2-3-1-1-Par taille	31
• 2-3-1-2- Selon le rayon d'action.....	32
• 2-3-1-3- Selon le type de produit.....	33

CHAPITRE III : « LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE »

Introduction.....	35
1 - Les effets de déversement des hydrocarbures à long terme et à courte terme	36
1-1- Stades de développement à court terme.....	36
1-2- Une phase de développement à long terme.....	37
2 - Les impacts des hydrocarbures sur la biodiversité faunistique et floristique en générale.....	39
2- 1- Effets Floristiques (Végétales).....	39
2-2- Les effets faunistiques (Animales)	40
2-2-1- Les bactéries.....	40
2-2-2- Organismes planctoniques.....	41
• 2-2-2-1- Le phytoplancton.....	42
• 2-2-2-2- Zooplancton.....	43

2-2-3- Invertébrés marins.....	43
2-2-4- Les Poissons.....	45
2-2-5- Oiseaux marins.....	46
2-2-6- Les mammifères marins.....	49
2-2-7- Les reptiles et les tortues de mer.....	50

CHAPITRE IV : « LES PROCÉDES DE DEPOLLUTION DE LA MAREE NOIRE »

Introduction.....	54
--------------------------	-----------

1- Moyens de lutte contre la marée noire	54
---	-----------

1 -1- Les procédés de dépollution on générale les plus utilisées dans les marées noires.....	54
--	----

1-1-1- Sur les côtes.....	54
---------------------------	----

1-1-2- Au niveau de la mer.....	57
---------------------------------	----

- 1-1-2-1- bloquer le robinet de pétrole.....58
- 1-1-2-2- Agir à la source.....58
- 1-1-2-3- Confiner et récupérer les hydrocarbures.....58
- 1-1-2-4- La combustion in situ.....59
- 1-1-2-5- Traiter la pollution.....59
- 1-1-2-6- La dispersion.....60
- 1-1-2-7- Suivre et ne rien faire.....62

2- Nouvelles techniques de dépollution	62
---	-----------

2 -1- Utilisation de produits plus efficaces.....	62
---	----

2-2- Des techniques d'application performantes.....	62
---	----

2-3- Des procédures d'intervention.....	63
---	----

CONCLUSION GENERALE	65
----------------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	67
---	-----------

LISTE DES FIGURES

<i>N° Figure</i>	<i>Titre</i>	<i>N° Page</i>
	<u>Chapitre I : « Généralités sur la marée noire »</u>	
Figure 01	Pétrole Brut Sur La Plage Après Une Marée Noire Dans Le Golfe De Thaïlande	05
Figure 02	Marée noire	05
Figure 03	urgence environnementale après la marée noire (CARLOS REYES, AFP)	06
Figure 04	les principales marées noires (Saint Ferdinand, 2022)	07
Figure 05	carte principales marées noires depuis 1967 et Etats membres des FIPOL (FIPOL)	09
Figure 06	la marée noire du Golfe du Mexique (future science)	09
Figure 07	l'équivalent de 5000 barils de pétrole par jour dans le Golfe de Mexique (NOAA)	10
Figure 08	la marée noire du prestige (AFP)	10
Figure 09	Le naufrage de l'Amoco Cadiz (NOAA)	11
Figure 10	La marée noire de Torrey Canyon (Meteo France)	11
Figure 11	La marée noire de Sea Empress (SEOS ; marine pollution)	12
Figure 12	Processus physico-chimiques et biologiques affectant le devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments (Mirales, 2007)	15
Figure 13	La fréquence des marées noires (ITOPF)	16
	<u>Chapitre II : « Le pétrole et son extraction »</u>	
Figure 14	Pollution de marées noires par les hydrocarbures (ITOPF-IFREMER-CEDRE-UNEP, 2016)	19
Figure 15	Composés hydrocarbonés et non hydrocarbonés présents dans le pétrole brut	20
Figure 16	Ensemble des hydrocarbures et des composés non-hydrocarbonés présents dans les pétroles bruts	23
Figure 17	les types des hydrocarbures saturés	24
Figure 18	installations offshore	26
Figure 19	Offshore	27
Figure 20	plate-forme pétrolière	28
Figure 21	Mobile Offshore Drilling Unit	29
Figure 22	Les différents types de plateformes	30
Figure 23	Cargo pétrolier - GREENOIL - Astilleros Zamakona	31
Figure 24	Classification de différents types de navires pétroliers par taille (I'AIE)	32
	<u>Chapitre III : « Les effets de la marée noire sur la faune et la flore »</u>	
Figure 25	Stades de développement de déversement des hydrocarbures dans la mer	37
Figure 26	Devenir du pétrole dans le milieu marin	38
Figure 27	Schéma théorique de succession des espèces de phanérogames marines (S. Saxby et C. Collier)	39
Figure 28	Herbier marin	40

Figure 29	les algues marines	40
Figure 30	Exemple de bactéries marines (<i>Julien, H, 2019</i>)	41
Figure 31	le phytoplancton = plancton végétale	42
Figure 32	exemple des zooplanctons	43
Figure 33	quelques espèces d'invertébrés marins	44
Figure 34	invertébré marin, crustacé : Daphnia magna	45
Figure 35	Marée noire, des poissons victime du pétrole	46
Figure 36	Marée noire, des oiseaux victime du pétrole	48
Figure 37	quelques exemples sur les victimes de la marée noire de mammifère marin	50
Figure 38	victime des marées noires : tortues et reptiles	51
	Chapitre IV : « Les procédés de dépollution de la marée noire »	
Figure 39	les procédés de dépollution au niveau des côtes et au niveau de la mer	54
Figure 40	Marée noire, Barrage flottant anti-pollution	55
Figure 41	chalut de fond pour récupérer les hydrocarbures	56
Figure 42	Barrières flottantes anti-pollution	56
Figure 43	nettoyage nécessaire de la marée noire avec des dragues, seau	56
Figure 44	les méthodes de lutte anti-pollution les plus utilisés au niveau de la mer	57
Figure 45	Confiner et récupérer les hydrocarbures de la manière la plus possible avant la propagation rapide	59
Figure 46	gouttelettes (d'eau + pétrole) avant et après l'ajout des dispersant	61
Figure 47	la lutte de la marée noire (utilisation des avions et des hélicoptères) pour pulvériser les dispersants	63

Liste des Tableaux

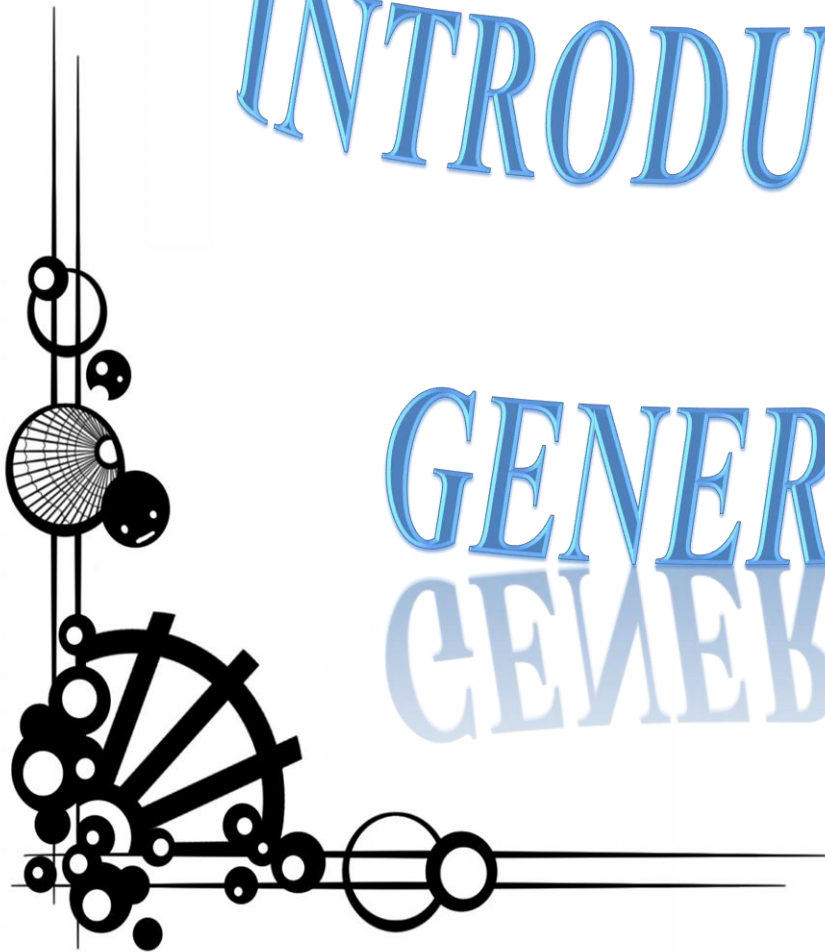
<i>N° Tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>N° page</i>
	<i>Chapitre I : « Généralités sur la marée noire »</i>	
<i>Tableau 01</i>	Les 30 déversements d'hydrocarbures les plus importants en volume dus à des accidents de navires citernes (<i>ITOPF</i>)	<i>13</i>
	<i>Chapitre III : « Les effets de la marée noire sur la faune et la flore »</i>	
<i>Tableau 02</i>	concentration de pétrole (10% de fraction aromatique) et effets du pétrole sur les organismes marins (<i>Hyland et Schneider, 1976</i>)	<i>35</i>

SIGLES ET ABREVIATION

<i>ITOPF</i>	<i>International Tanker Owners Pollution Fédération</i>
<i>10^{3t}</i>	<i>Dix puissances 3</i>
<i>HAP</i>	<i>Hydrocarbure aromatique polycyclique (s)</i>
<i>Ni</i>	Nickel
<i>V</i>	Vanadium
<i>ppm</i>	Unité de mesure de la pollution (partie par million(s))
<i>ppb</i>	acronyme utilisé pour exprimer de faibles concentrations de paramètre quelconque présent dans un liquide ou un solide (Partie par Billion)
<i>D1515</i>	Rapport de la masse d'une certaine quantité de produit pétrolier à 15°C à la masse de la même quantité d'eau distillée à 15°C
<i>S</i>	Pétrole sulfureux
<i>PI</i>	Point initial (température d'apparition de la première goutte de condensat)
<i>T</i>	Teneur en produit clairs
<i>(T)</i>	Aussi la teneur en paraffines
<i>DECC</i>	Decommissioning Unit Department of Energy and Climate Change.
<i>MODU</i>	Module offshore Drilling Unit
<i>PP</i>	Plate-forme de production
<i>LQ</i>	Zone résidentielle
<i>TLP</i>	Tension Leg Platform
<i>SPAR</i>	Plateforme traditionnelle connectée à un pipeline
<i>PSS</i>	Plateforme Semi Submersible
<i>FPSO</i>	Floating production storage and unloading
<i>Tank</i>	Tankers (navire pétrolière)
<i>tpl</i>	Tonnes de port en lourd
<i>OMI</i>	Organisation maritime Internationale
<i>VLCC</i>	Very large Crude carriers
<i>ULCC</i>	Ultra large gross carriers
<i>EPA</i>	Environmental Protection Agency
<i>IPIECA</i>	l'Association mondiale de l'industrie pétrolière et gazière pour l'amélioration des performances environnementales et sociales
<i>FIPOL</i>	Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures
<i>NOAA</i>	National Oceanic and Atmospheric Administration
<i>AIE</i>	Agence Internationale de l'Énergie
<i>cSt</i>	Centistoke ((s) unité de mesure de la viscosité cinématique)
<i>µm</i>	Micromètre (s)

INTRODUCTION

GENERALE GENERALE



INTRODUCTION GENERALE :



A pollution marine est une modification de la qualité du milieu marin, le plus grand écosystème de la biosphère.

La qualité du milieu marin est menacée. Car ce vaste réservoir de protéines n'est pas inépuisable et immuable. L'urbanisation, l'agriculture, l'industrialisation, etc. charrient des déchets qui vont se déverser en son sein.

Parmi les types de la pollution marine, on trouve la pollution la plus répandus et la plus nocive, qui est la pollution par « les hydrocarbures ».

Il existe deux types de pollution marine par les hydrocarbures. Le premier, connu sous le nom de **déballastage**, est principalement produit par des pétroliers. Il est constitué d'eau de mer mélangée à de l'huile et provient d'un réservoir de transport. Les autres émissions d'hydrocarbures dans la mer, communément appelées **dégazage**, correspondent aux émissions d'huiles usées et de résidus de fioul produits par les moteurs de tous les navires. Ceux deux types d'hydrocarbures causent des dégâts de plus en plus importants, notamment sous forme de marée noire.

Toutes ces catastrophes ont sensibilisé aux problèmes environnementaux depuis les niveaux locaux et régionaux y compris la pollution atmosphérique urbaine et l'environnement industriel. Ceci a eu un impact au niveau mondial en raison de l'augmentation des concentrations de gaz et du pétrole à effets de serre et du réchauffement climatique.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres :

- ✚ Le chapitre 1 est consacré seulement à des généralités sur la marée noire.
- ✚ Dans le 2ème chapitre nous parlerons du pétrole ; ses caractéristiques en générale, ainsi que des sources de flux de pétrole ou bien des hydrocarbures résultant des différents types de navires citernes ou bien des plateformes pétrolières en marée noire
- ✚ Quant au troisième chapitre nous aborderons les impacts de marée noire sur la faune et la flore en générale.
- ✚ Enfin, le quatrième chapitre est consacré à l'étude des moyens de lutte contre la marée noire ; c'est-à-dire les procédés de dépollution contre la marée noire sur la côte et dans la mer.

PARTIE

THEORIQUE

THEORIQUE



CHAPITRE I :
GENERALITES
SUR LA MAREE
NOIRE



1 - La marée noire :

1-1- Définition :

Marée noire est un terme inventé pour commémorer le naufrage de Tory Canyon en 1967. Il s'agit d'une catastrophe industrielle et écologique qui fait référence à l'océan ou aux zones côtières de l'océan contaminées par des nappes d'hydrocarbures.

Cette marée noire a été causée par l'extraction délibérée de grandes quantités de pétrole brut ou de produits de la mer et leur retour à terre par les marées, les vents ou les courants. (Jean, 2008)



Figure 01 : Pétrole brut sur la plage après une marée noire dans le golfe de Thaïlande



Figure 02 : La marée noire



Figure 03 : Urgence environnementale après la marée noire (CARLOS REYES, AFP)

1 -2- Historique des marées noires :

Les marées noires peuvent être causées par des accidents de transport ou par des accidents industriels dans une usine en bord de mer.

En France, la marée noire la plus grave s'est produite lors du naufrage du pétrolier Amoco Cadiz en 1978. 220 000 tonnes d'hydrocarbures ont alors dévasté 210 km de côtes.

En 1999, le naufrage du navire Erika au large des côtes libère près de 20 000 tonnes de fioul qui contaminent quelques 400 kilomètres de côtes du Finistère, du Morbihan, de la Loire-Atlantique et de la Vendée, et la mort de plusieurs centaines de milliers d'oiseaux.

En 2002, les 63 000 t déversées par le Prestige, au large du cap Finisterre, sur quelque 1 900 km de Côtes de la péninsule et de la Côte atlantique française. (*Jean; 2004*)

La rupture d'un forage en mer du Nord et dans le golfe du Mexique, au Koweït, a également provoqué une marée noire. (Metcalf et Eddy ; 2003)

En avril 2010, l'explosion d'une plate-forme pétrolière au Mexique, à 66 km au large des côtes a provoqué le déversement d'environ 680 000 tonnes de pétrole.

Un petit pourcentage (%) des déversements d'hydrocarbures en mer est d'origine naturelle, mais ce phénomène est encore faible en raison de l'implication humaine dans le déversement (Metcalf et Eddy ; 2003)



Figure 04 : Les principales marées noires (mai 2022, Saint Ferdinand)

2- Recensement des marées noires dans le monde :

Le monde a connu plus de 700 marées noires ; mais les grandes marées noires les plus connu sont (Stéphane; 2007) :

- le Torrey Canyon : Torrey Canyon (18 mars 1967, Angleterre) : Débarquement du navire, déversement de 119 000 tonnes de pétrole brut, première pollution grave, dérive de nappes marines au

large des côtes françaises, utilisation de dispersants plus toxiques que le pétrole lui-même, libération de la vie de la prévention des marées noires et les politiques de contrôle. *(ITOPF)*

- le [Boehlen](#) : en 1975 (*Stéphane; 2007*)
- [l'Amoco Cadiz](#) : (1978, France) Barre endommagée, déversement de 227 000 tonnes de pétrole brut, plus grand déversement de pétrole près de la côte, 360 kilomètres de côtes contaminées, procès pendant 14 ans, indemnisation 191 millions d'euros. (*Romer et al., 1998*)
- le [Tanio](#) : en 1980, au large de l'Île-de-Batz (*Stéphane; 2007*)
- [l'Exxon Valdez](#) : (1989, Alaska) Échouement, verser de 37 000 tonnes sur un chargement de 180 000 tonnes de pétrole brut, 1700 km de ressources, c'est la marée noire la plus chère avec facture qui s'élève à plus de 3,8 milliards d'Euros. (*Romer et al., 1998*)
- [Egean Sea](#) : (1992, Espagne) : Débarquement et incendie de navire, déversement de 80 000 tonnes de pétrole brut, plus de 4 000 pêcheurs, collecteurs Collecte des aquaculteurs directement touchée par la pollution (*ITOPF*)
- [Braer](#) : (1993, Ecosse) Débarquement, déversement de 85 000 tonnes de pétrole brut, pêche sur une vaste zone, habitations et prairies contaminées par les aérosols d'hydrocarbures. (*ITOPF*)
- [Sea Empress](#) : (1996, Pays de Galles) Avarie du navire, transport de 130 000 tonnes de brut, décision des autorités britanniques de ramener le navire la Côte, permettre de la moitié de la cargaison, coopération européenne pour la lutte anti-pollution dans le cadre l'application de l'Accorde l'application de Bonn. (*Romer et al., 1998*)
- [l'Erika](#) : (1999, France) Amortissement d'un navire à la jauge, transportant 31 000 fiouls lourds, collecte récupération de 20 000 tonnes, nouvelle application de l'Accord de Bonn, délestage des épaves situé à une profondeur de 200 m. (*ITOPF*)
- le [Prestige](#) : Le 19 novembre 2002, le pétrolier bahamien Prestige, chargé de 64 000 tonnes de fioul lourd, a pénétré par effraction dans deux spacieux Vigo après avoir erré pendant six jours, provoquant un retard des autorités espagnoles, 64 000 tonnes de pétrole se sont déversées dans la mer. (*Stéphane; 2007*)
- [Deep-water horizon](#) : La marée noire de Deepwater Horizon, également connue sous le nom de Mexique, Le plus grand déversement de pétrole de l'histoire, intensifié par une explosion le 20 avril 2010 sur la plate-forme Deepwater Horizon dans le golfe du Mexique, à 66 km de large de la Louisiane et il a coulé le 22 avril. (*Goewry; 2014*)
- le [vraquier Wakashio](#) : En juillet 2020 au large de l'île Maurice (*Stéphane; 2007*)

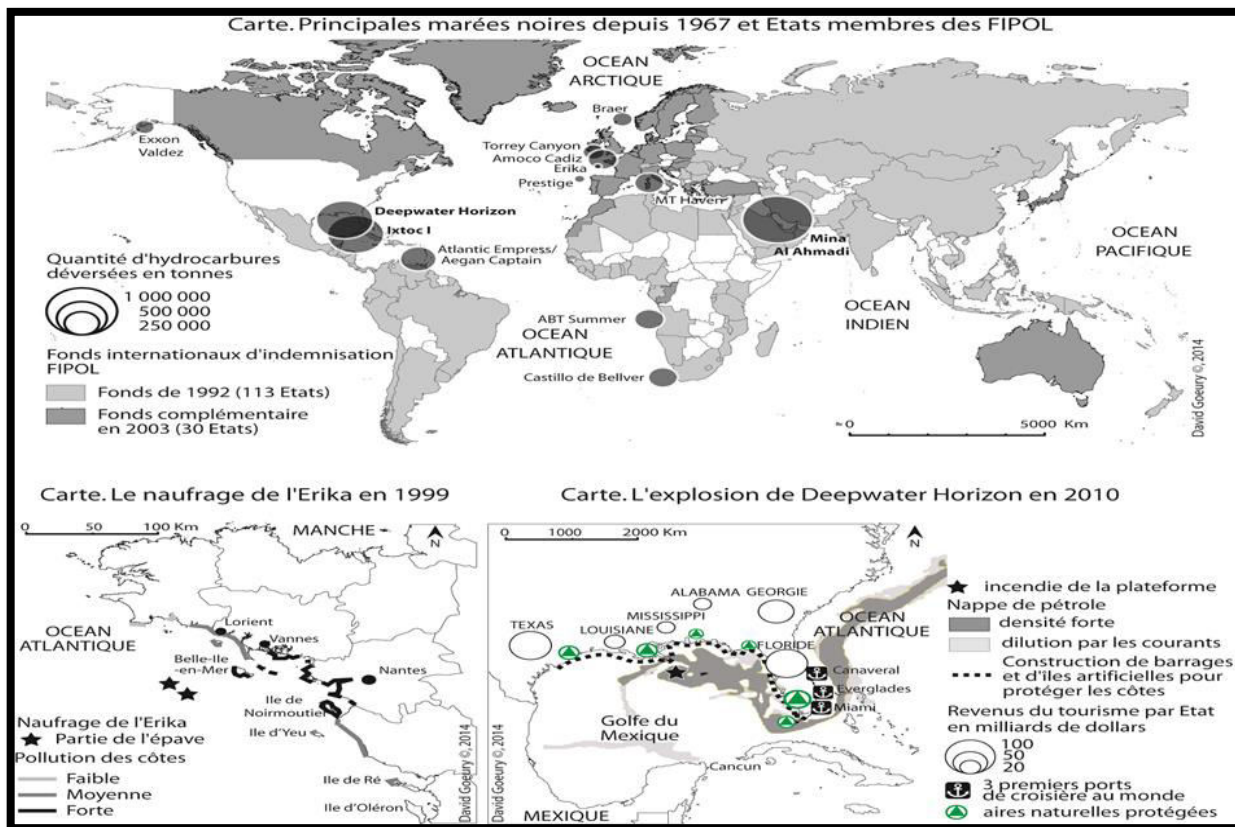


Figure 05: Carte principales marées noires depuis 1967 et Etats membres des FIPOL (FIPOL)

La marée noire du Golfe du Mexique

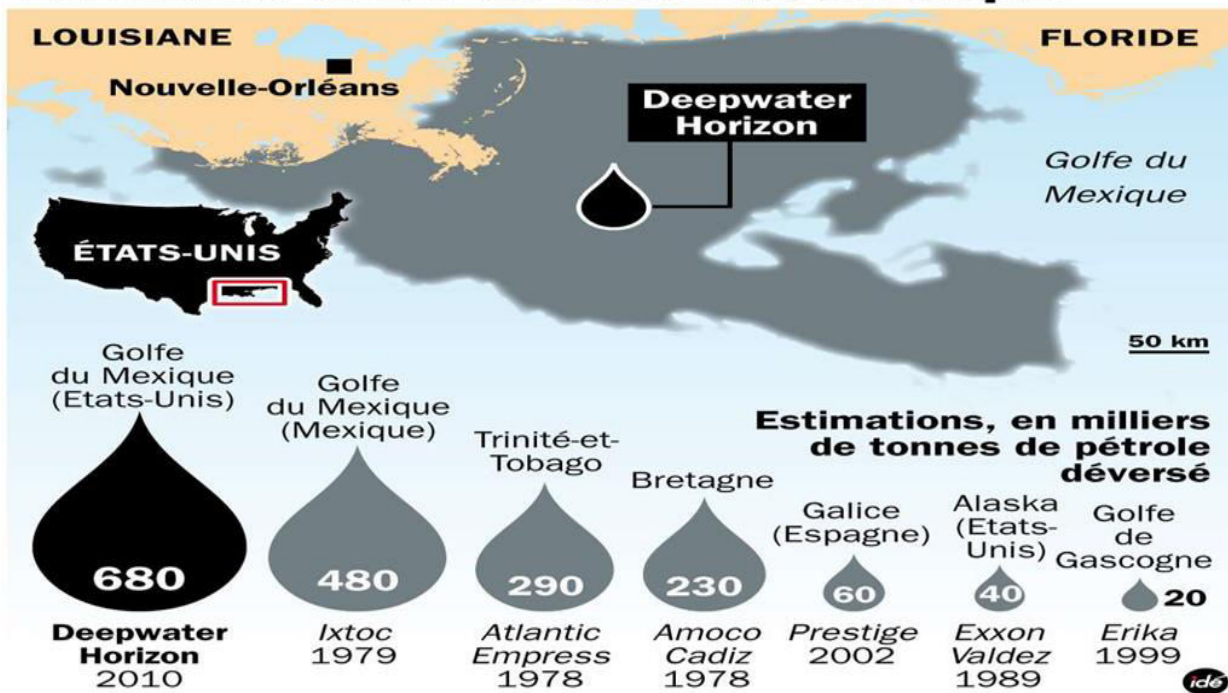


Figure 06 : La marée noire du Golfe du Mexique (future science)



Figure 07 : L'équivalent de 5000 barils de pétrole par jour dans le Golfe de Mexique (NOAA)



Figure 08 : La marée noire du prestige (AFP)

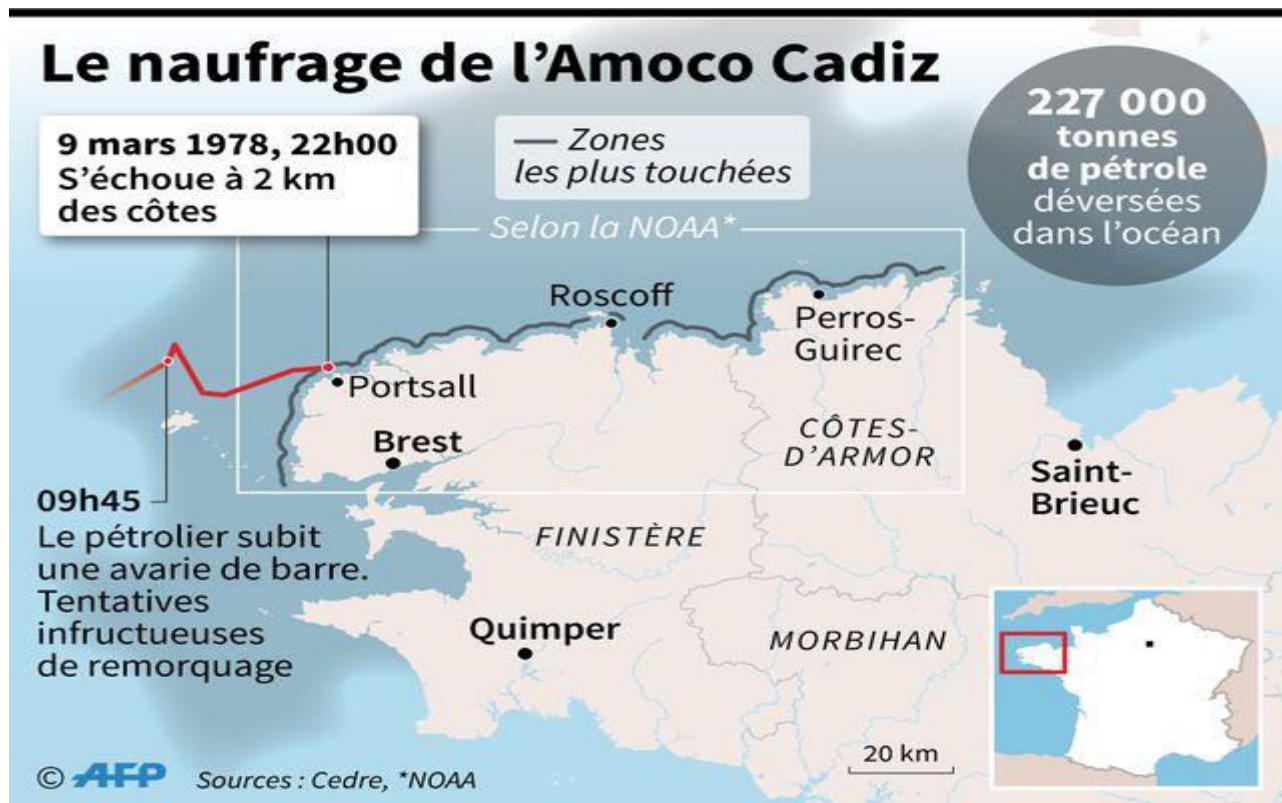


Figure 09 : Le naufrage de l'Amoco Cadiz (NOAA)

Covering some 1,000 square kilometres, the Torrey Canyon oil spill caused massive coastal pollution around Cornwall, the Channel Islands and Brittany

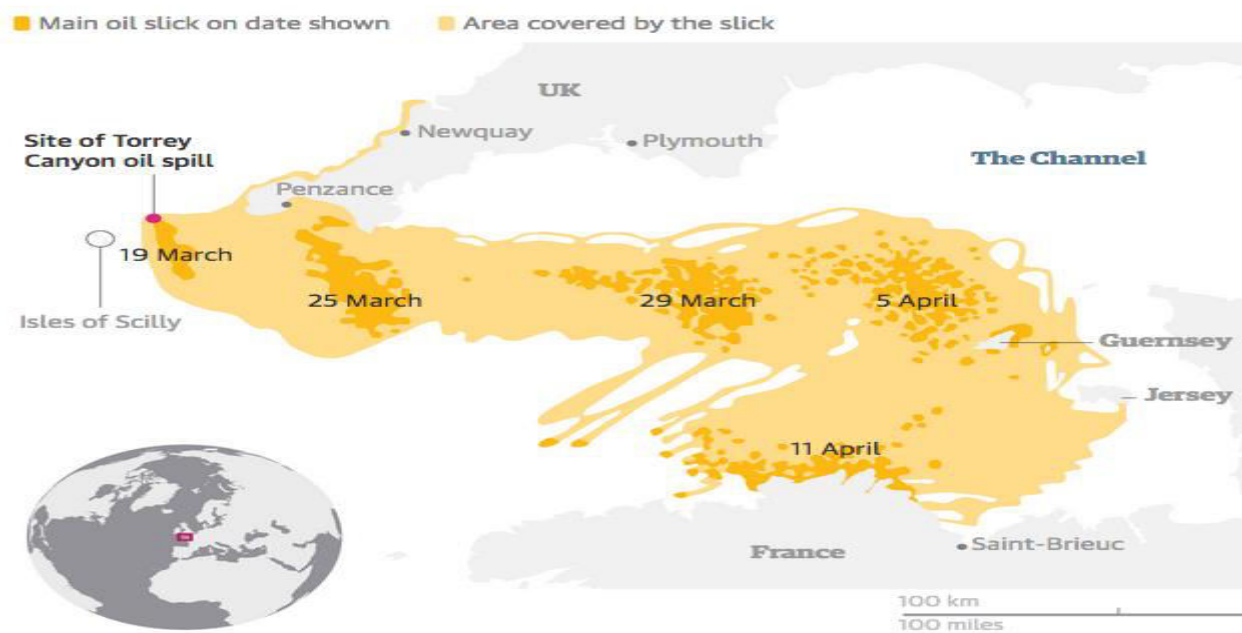


Figure 10 : La marée noire de Torrey Canyon (Meteo France)



Figure 11 : La marée noire de Sea Empress (SEOS ; marine pollution)

Tableau 01 : " Les 30 déversements d'hydrocarbures les plus importants en volume dus à des accidents de navires citernes "

<i>Nom de navire</i>	<i>Année de l'accident</i>	<i>Lieu de l'accident</i>	<i>Quantité déversée (10³ t)</i>
<i>Atlantic Empress</i>	<i>1979</i>	<i>Large de Tobago</i>	<i>287</i>
<i>ABT Summer</i>	<i>1991</i>	<i>Large de la Namibie</i>	<i>260</i>
<i>Castillo de bellver</i>	<i>1983</i>	<i>Large du Cap</i>	<i>252</i>
<i>Amoco cadiz</i>	<i>1978</i>	<i>Bretagne, France</i>	<i>223</i>
<i>Haven</i>	<i>1991</i>	<i>Gênes, Italie</i>	<i>144</i>
<i>Odyssey</i>	<i>1988</i>	<i>Atlantique nord</i>	<i>132</i>
<i>Torrey Canyon</i>	<i>1967</i>	<i>Cornouailles, GB</i>	<i>119</i>
<i>Sea Star</i>	<i>1972</i>	<i>Golfe d'Oman</i>	<i>115</i>
<i>Irenes Serenade</i>	<i>1980</i>	<i>Grèce</i>	<i>100</i>
<i>Urquiola</i>	<i>1976</i>	<i>La Corogne, Espagne</i>	<i>100</i>
<i>Hawaiian Patriot</i>	<i>1977</i>	<i>Pacifique nord</i>	<i>95</i>
<i>independenta</i>	<i>1979</i>	<i>Bosphore, Turquie</i>	<i>95</i>
<i>Braer</i>	<i>1993</i>	<i>Shetlands, Ecosse</i>	<i>85</i>
<i>Jacob Maersk</i>	<i>1975</i>	<i>Portugal</i>	<i>85</i>
<i>Khark 5</i>	<i>1989</i>	<i>Large du Maroc</i>	<i>80</i>
<i>Aegean Sea</i>	<i>1992</i>	<i>La Corogne, Espagne</i>	<i>74</i>
<i>Sea Empress</i>	<i>1996</i>	<i>Milford Haven, Galles</i>	<i>72</i>
<i>Katina P</i>	<i>1992</i>	<i>Large du Mozambique</i>	<i>72</i>

<i>Prestige</i>	<i>2002</i>	<i>Galice, Espagne</i>	<i>63</i>
<i>Epic Colotranis</i>	<i>1975</i>	<i>Large de porto Rico</i>	<i>61</i>
<i>Assimi</i>	<i>1983</i>	<i>Large de muscat</i>	<i>53</i>
<i>Yuyo Maru 10</i>	<i>1974</i>	<i>Baie de Tokyo</i>	<i>53</i>
<i>Metula</i>	<i>1974</i>	<i>Detroit de Magellan</i>	<i>53</i>
<i>Sinclair Petrolore</i>	<i>1960</i>	<i>Large du Brésil</i>	<i>52</i>
<i>Andros Patria</i>	<i>1978</i>	<i>Large de l'Espagne</i>	<i>50</i>
<i>Pericles GC</i>	<i>1983</i>	<i>Large du Qatar</i>	<i>46</i>
<i>World Glory</i>	<i>1968</i>	<i>Large de Durban</i>	<i>45</i>
<i>Burmah Agate</i>	<i>1979</i>	<i>Baie de Galveston, USA</i>	<i>40</i>
<i>Wafra</i>	<i>1971</i>	<i>Large du cap</i>	<i>38</i>
<i>Exxon Valdez</i>	<i>1989</i>	<i>Valdez, Alaska</i>	<i>37</i>
<i>Erika</i>	<i>1999</i>	<i>Bretagne sud, France</i>	<i>18</i>

Sources : ITOPF et base de données TANKER

3- Chronologie d'une marée noire :

Après un déversement, il y a d'abord une propagation rapide à la surface de l'eau, ce qui favorise l'évaporation des hydrocarbures les plus légers de l'atmosphère.

La couche d'hydrocarbure plus lourde restant à la surface provoque l'évaporation et l'oxydation, ralentissant ainsi l'autoépuration ; agitée par les vagues, elle se mélange à l'eau de mer, formant une émulsion épaisse. Une partie des hydrocarbures de cette couche superficielle sont ventés et contaminent le substrat. *(Jean; 2006)*

La majeure partie des hydrocarbures dispersés dans la masse d'eau ou sédimentés sont dégradés par des processus chimiques (photo-oxydation) et biologiques (par l'action de bactéries qui les décomposent). Après sédimentation et enfouissement, les hydrocarbures peuvent persister des années, ce qui prolonge d'autant leurs effets toxiques. *(Stéphane; 2010)*

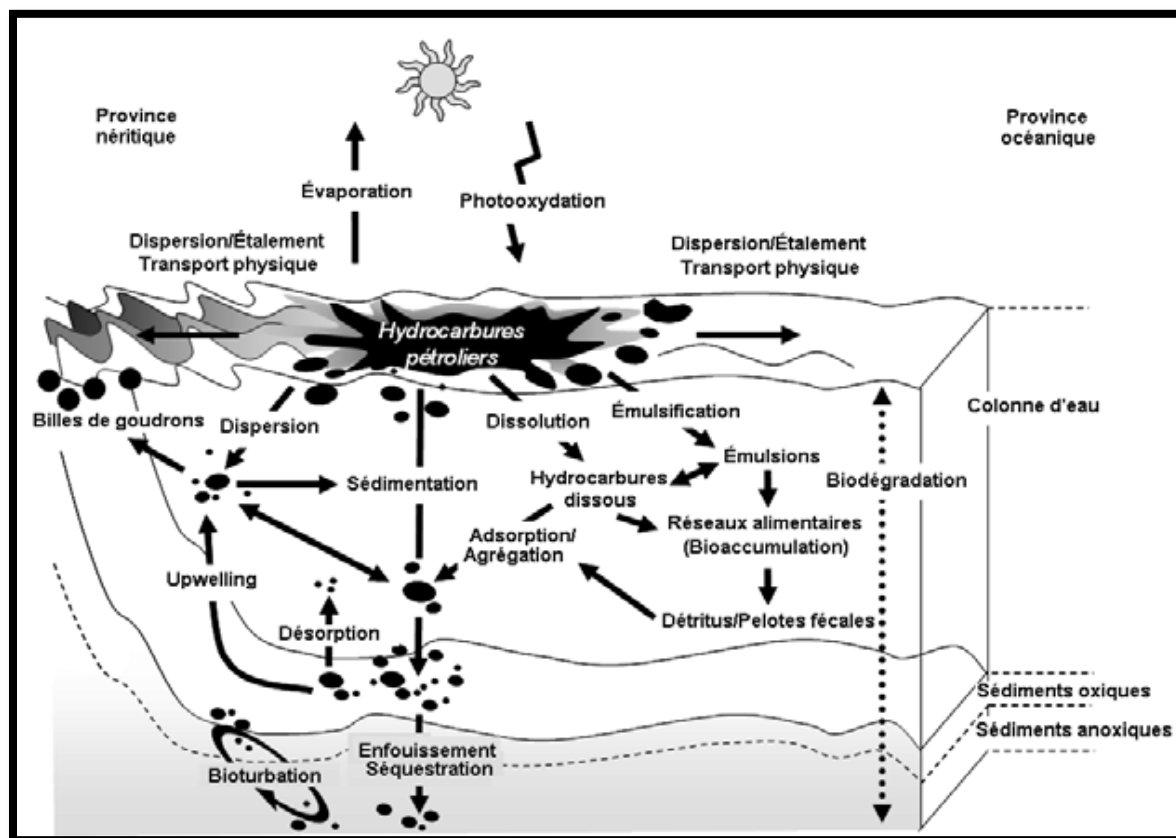


Figure 12: Processus physico-chimiques et biologiques affectant le devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments (Miralet, 2007).

4- L'origine des accidents de marée noire :

L'origine d'un déversement d'hydrocarbures peut être attribuée à :

- ❖ D'un navire suite à un déchargement volontaire ou involontaire
- ❖ un accident sur une plate-forme de forage en état de marche
- ❖ un accident industriel en mer
- ❖ d'un conflit armé.
- ❖ D'un accident de la circulation. (Jacobsson; 1987)

(Bertrand; 1981) D'après une étude réalisée sur 481 accidents, la cause principale des accidents de pétroliers est : le type de navire « **pétrolier (tankers) ou barge** »

Les causes les plus fréquentes sont **les échouements et les collisions**:

- ✚ pour les tankers en charge : les explosions et les échouements.
- ✚ pour les tankers à lège : les collisions et les échouements pour les barges.

En ce qui concerne la pollution côtière, la cause principale d'accidents pour les pétroliers est l'augmentation croissante de la taille des navires.

Entre 1939 et 1958, sept pétroliers norvégiens se sont brisés en deux sous l'impact de la tempête. A chaque naufrage, une augmentation de leur taille en est la cause.

L'augmentation des forages offshore ont contribué aussi à l'apparition de Marées noires.

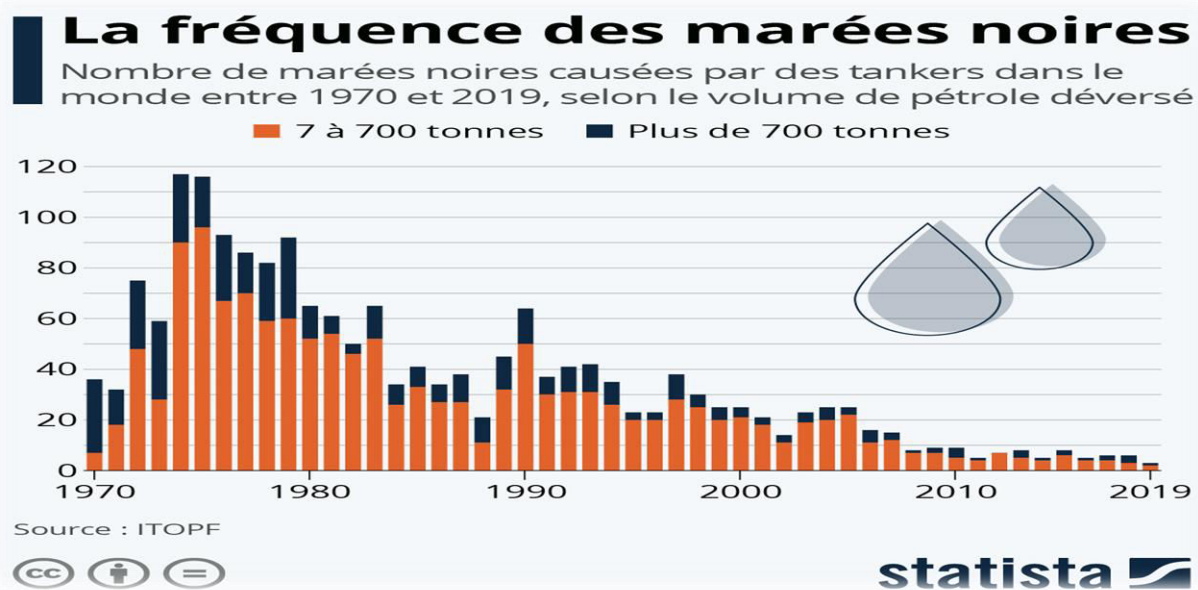


Figure 13 : La fréquence des marées noires (ITOPF)

CHAPITRE II : LE
PETROLE ET SON
EXTRACTION



Introduction :

Les hydrocarbures tels que le pétrole, les huiles et les graisses sont des polluants courants des écosystèmes marins côtiers. La majorité de ces hydrocarbures proviennent des opérations d'extraction, de transport et de raffinage du pétrole, cette substance est emportée par le transport des eaux de pluviales vers les écosystèmes marins côtiers par les rivières (*Farah et Abdelaziz, 2011*)

La pollution par les hydrocarbures représente un danger qu'il convient de prendre au sérieux car elle peut causer des dommages aux écosystèmes marins et aux populations humaines dont la qualité de vie dépend des ressources marines et côtières. (*Farah et Abdelaziz, 2011*)

En effet en plus de perturber certains écosystèmes et de provoquer la mort de certains organismes, La pollution par les hydrocarbures peut contaminer les plages et nuire gravement à des communautés entières qui dépendent du tourisme pour leur survie (*Siungchang, 1997*).

Outre les dangers posés par l'extraction des hydrocarbures, une autre menace pour les écosystèmes marins provient des sous-produits et de leur utilisation. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des molécules organiques composées de moins de deux groupes benzéniques.

On compte quelques centaines de ces composés dans l'environnement qui proviennent de la combustion incomplète de la matière organique. Leur émission dans l'environnement est principalement le résultat de la combustion d'essence et d'autres combustibles fossiles par les différents engins à moteur, de l'activité des raffineries de pétrole, des déchets venant des incinérateurs et de la production de coke, d'asphalte et d'aluminium (*Baillache et Duclaux, 1974*)

Les HAP sont reconnus, entre autres, en raison de leur effet sur certains organismes de l'écosystème côtier (*Siungchang, 1997*). Tout comme les hydrocarbures en général, les HAP sont peu solubles dans l'eau et tendent à s'accumuler principalement dans les sédiments et les tissus gras (*Baillache et Duclaux, 1974*) c'est pourquoi des bio-indicateurs issus de la macrofaune benthique et les analyses sont les meilleurs moyens d'évaluer leurs effets sur les écosystèmes à long terme (*Siungchang, 1997*).

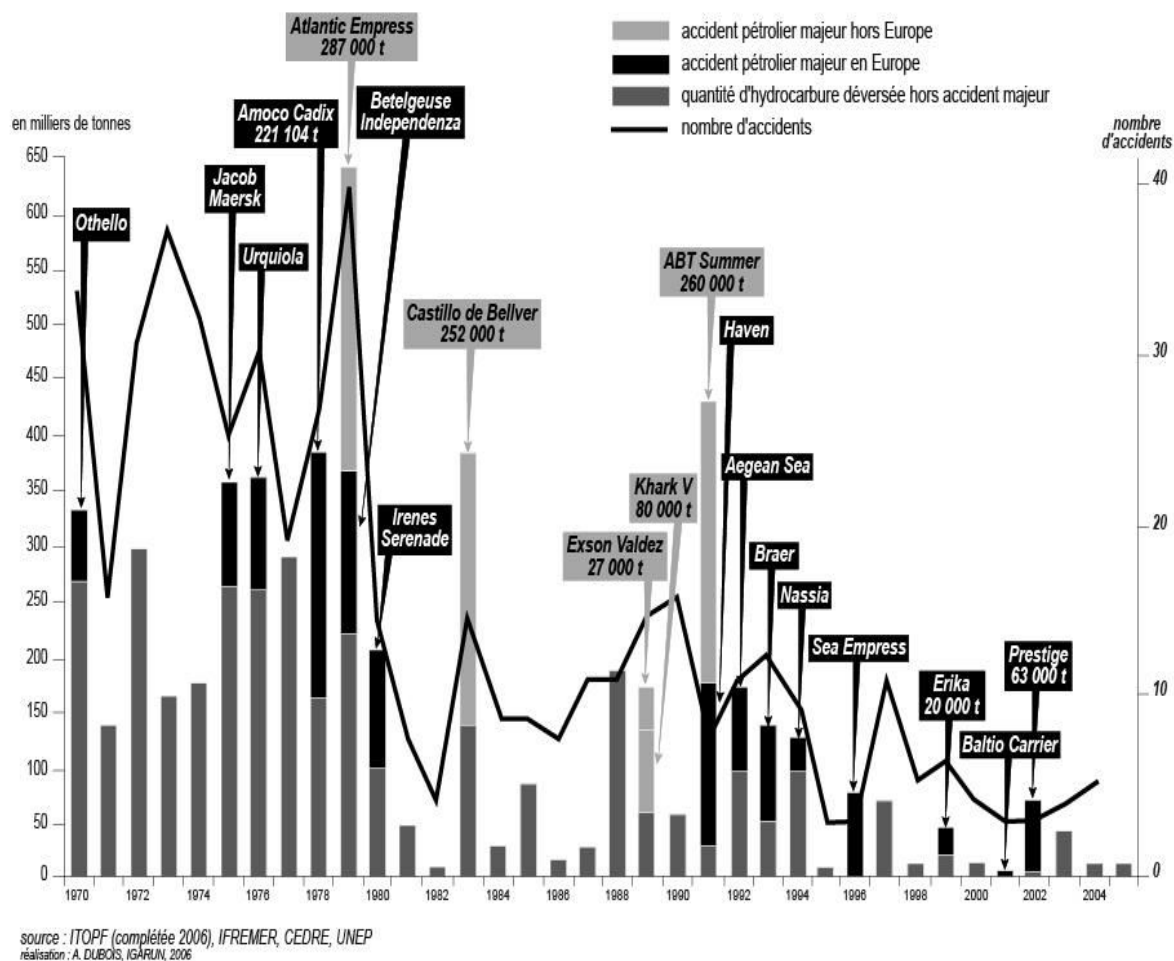


Figure 14 : Pollution de marées noires par les hydrocarbures (ITOPF-IFREMER-CEDRE-UNEP, 2016)

1 – Le pétrole :

1 -1- Définition de pétrole :

Le pétrole brut est un liquide huileux plus ou moins visqueux, à forte odeur et inflammable. Selon sa composition, son aspect varie considérablement. Sa couleur est généralement noire ou brun foncé (peut aussi être jaunâtre, rougeâtre ou verte).

D'un point de vue chimique, le pétrole brut est composé de différents types d'hydrocarbures (paraffines, naphènes, aromatiques) avec de petites quantités de composés oxygénés, azotés et soufrés et des traces de métaux spécifiques (vanadium, molybdène, nickel).

Le pétrole brut peut également contenir d'autres composants, notamment de l'eau et des gaz acides : dioxyde de carbone et sulfure d'hydrogène, et azote. (Bauquis et al., 2003)

1 -2- Composition chimiques de pétrole :

A quelques exceptions près, les proportions des éléments contenus dans l'huile : carbone, hydrogène, azote, oxygène, soufre et métaux (quelle que soit leur origine) varient approximativement dans les plages suivantes :

- **Carbone** : de 83 % à 87 %.
- **Hydrogène** : de 10 % à 14 %.
- **Azote** : de 0,1 % à 2 %.
- **Oxygène** : de 0,05 % à 1,5 %.
- **Soufre** : de 0,05% à 6%.
- **Métaux** : (Ni et V) < 1000 ppm.

Les huiles peuvent avoir une consistance allant de liquides légers comme l'essence à des liquides lourds à presque impossibles à couler. (Syakti ,2004)

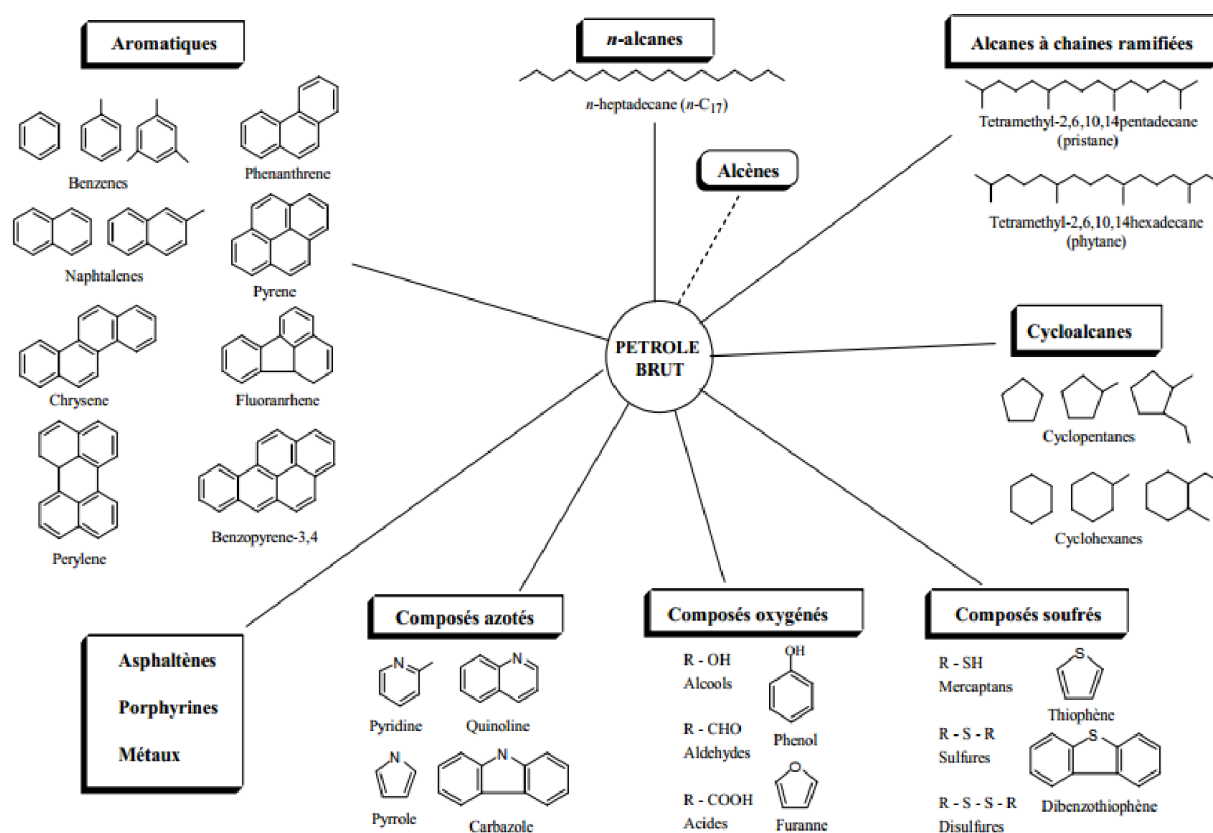


Figure 15 : Composés hydrocarbonés et non hydrocarbonés présents dans le pétrole brut

1-3- Classification des pétroles bruts :

La classification du pétrole brut est très importante car elle vous permet de déterminer comment il est traité, le concours de la raffinerie et la gamme de produits que vous allez acquérir.

Il existe trois types de classifications : (*Hadjarab, 2011-2012*)

1-3-1- Classification industrielle :

Dans cette classification, le pétrole brut est divisé en trois classes selon la valeur de densité. Selon Gross on a :

-inférieur (léger) : $d_{1515} \leq 0,828$.

-Moyenne : $0,828 \leq d_{1515} \leq 0,884$.

-Sévère (lourd) : $d_{1515} \geq 0,885$.

d_{1515} : c'est le rapport de la masse d'une certaine quantité de produit pétrolier à 15°C à la masse de la même quantité d'eau distillée à 15°C. (*Hadjarab, 2011-2012*)

1-3-2- Classification chimique :

Cette classification tient compte de la dominance d'une ou de deux familles d'hydrocarbures. On distingue les types de pétrole brut suivants :

- Huile de paraffine.
- Acide naphthénique.
- Naftenoparaffic Petroleum
- Huile aromatique.
- Pétrole aromatique d'acide naphthénique. (*Hadjarab, 2011-2012*)

1-3-3- Classification technologique :

Elle est basée sur un ensemble de critères qui sont :

1-3-3-1- La teneur en soufre :

Selon ce critère, on distingue 3 classes :

- **Classe A** : pétrole peu sulfureux % S \leq 0,5 %.
- **Classe B** : pétrole sulfureux $0,5 < \% S < 2$ %.
- **Classe C** : pétrole très sulfureux % S $>$ 2%.

1-3-3-2- La teneur potentielle en produits clairs :

On distingue trois types :

O Type 1 : teneur élevée en fractions PI (point initial)-350°C, T > 45%.

O Type 2 : teneur moyenne en fractions PI-350°C, $30\% < T < 45\%$.

O Type 3 : teneur basse en fractions PI-350 °C, T \leq 30%.

PI : température d'apparition de la première goutte de condensat.

T : teneur en produits clairs.

1-3-3-3- En fonction de la teneur en paraffines (T) :

On distingue trois espèces :

- Pétrole peu paraffiniez T \leq 1, 5%.
- Pétrole paraffiniez 1, $5\% \leq T \leq 6\%$.
- Pétrole très paraffiniez T $>$ 6 %. (*Hadjarab, 2011-2012*)

Bien sûr on ne peut pas parler de pétrole sans parler des hydrocarbures, qui représentent le premier et principal facteur de pollution marine, notamment en marée noire.

1-4- Nature des différents types du pétrole brut :

1-4-1- Les composés pétroliers :

Le pétrole brut est composé de différentes familles dont la composition chimique varie fortement selon l'origine géographique et géologique (*Tissot et Welte, 1984*)

Selon (*Soltani, 2004*), les composés pétroliers peuvent être divisés en quatre grandes familles, qui sont représentées dans des proportions différentes selon leur origine. Hydrocarbures saturés (30-70%), hydrocarbures aromatiques et aromatiques polycycliques (20-40%), composés polaires. (5-25%) et Asphaltènes (0-10%).

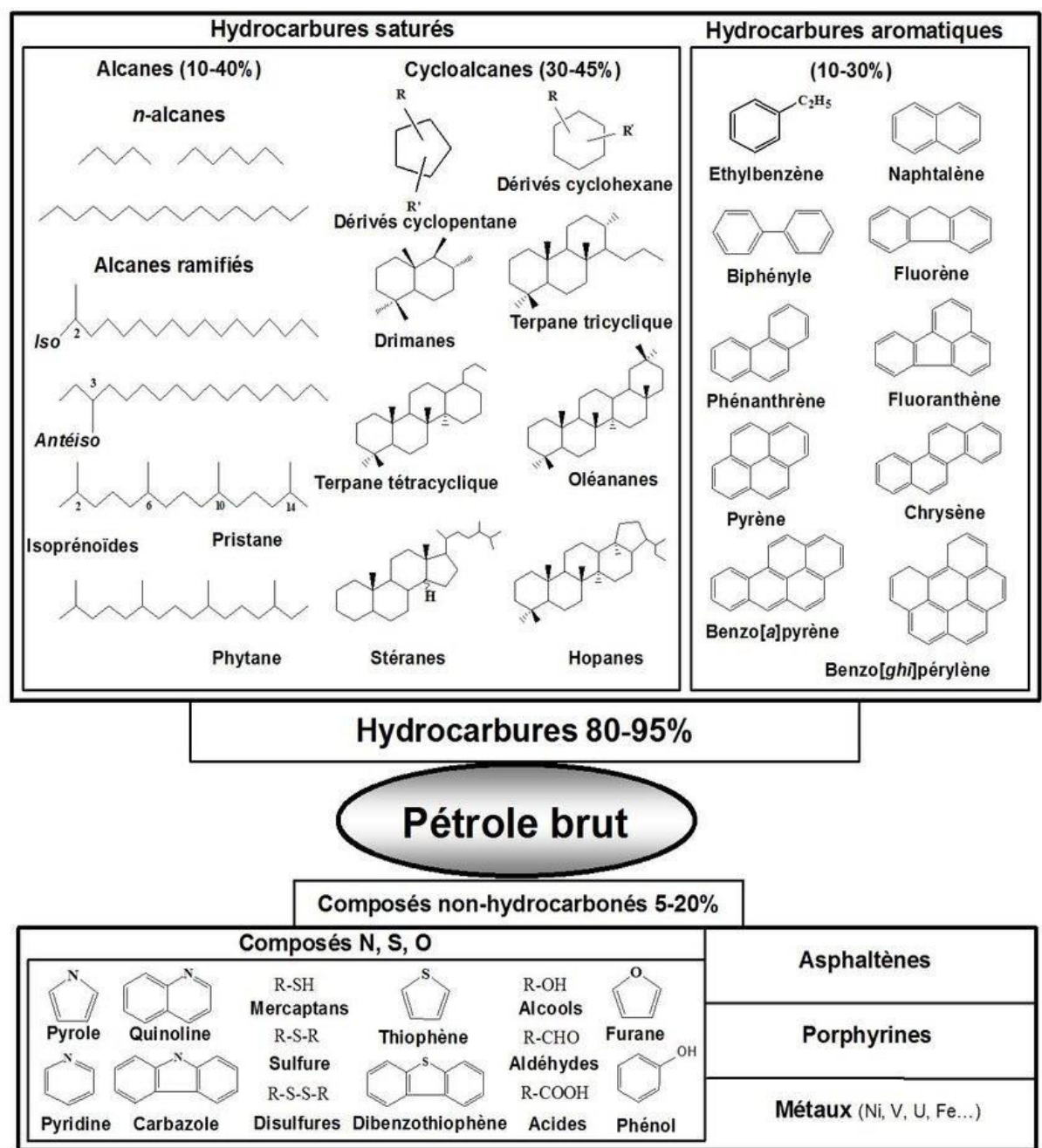


Figure 16 : Ensemble des hydrocarbures et des composés non-hydrocarbonés présents dans les pétroles bruts

A- Hydrocarbures saturés :

Parmi lesquels, on distingue : (Soltani, 2004)

- ✚ Les alcanes linéaires (*n*-alcane)
- ✚ Les alcanes ramifiés
- ✚ Cyclo alcane

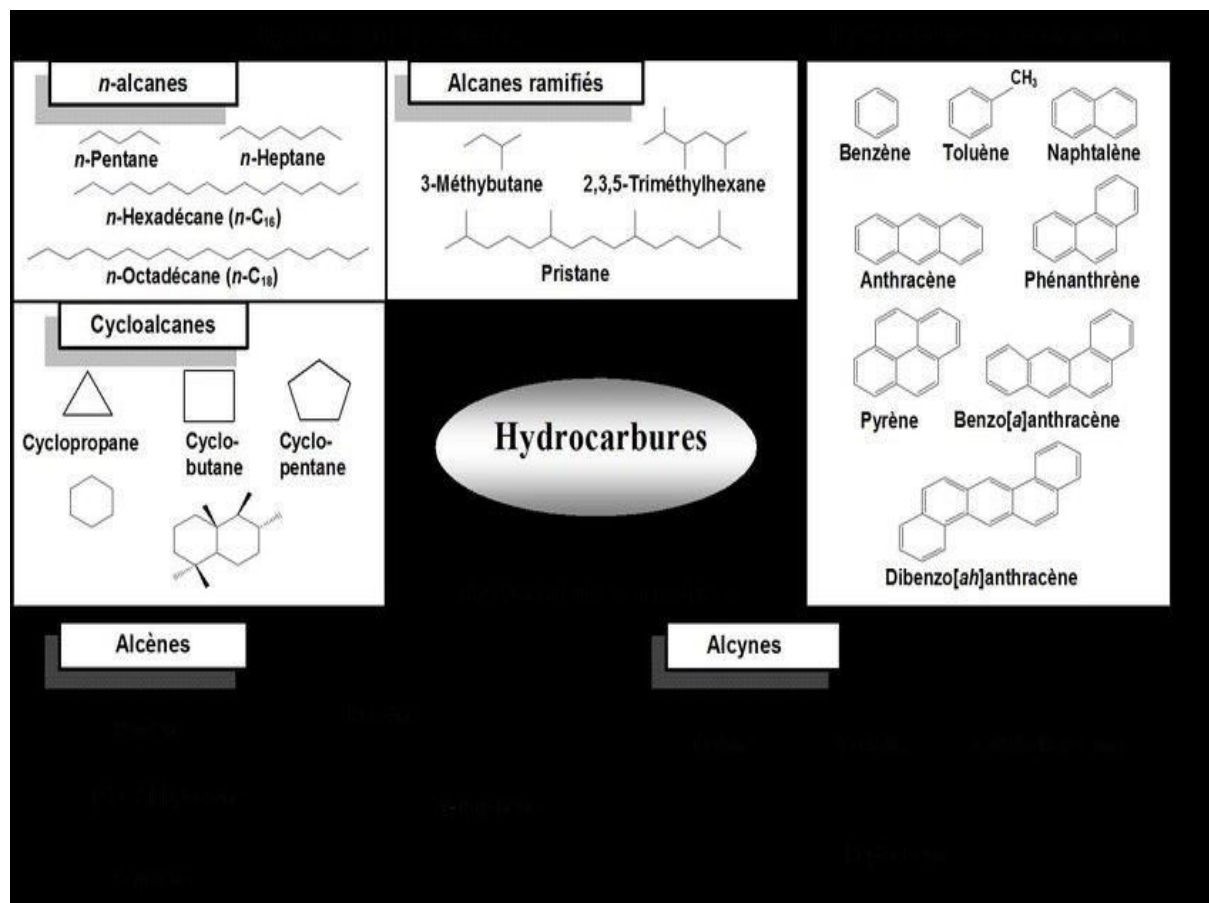


Figure 17: Les types des hydrocarbures saturés

B- Hydrocarbures aromatiques : (Soltani, 2004).

En général, les hydrocarbures aromatiques sont moins abondants que les alcanes et ne représentent que 10 à 30 % du total des hydrocarbures dans le pétrole brut.

C- Composés polaires :

Cette fraction correspond aux molécules hétérocycliques (Soltani, 2004) suivantes :

- ❖ Composés oxygénés: phénol, acide carboxylique
- ❖ Composés soufrés: sulfures, disulfures...
- ❖ Composés azotés: Pyridine, quinoléine...

D- Asphaltènes :

L'Asphaltènes correspond à la classe des composés de haut poids moléculaire insolubles dans le pentane ou l'hexane. (Djerbaoui, 2011)

1-4-2- Hydrocarbures biogènes :

Les organismes bios-synthétisent les hydrocarbures aliphatiques, aromatiques et aromatiques polycycliques condensés. Le développement des techniques analytiques (chromatographie et spectroscopie) a révélé la complexité de ces composés. Ces composés sont présents en petites quantités dans les colonnes d'eau et les sédiments. En effet, les mécanismes de biosynthèse et de conversion (dissolution, évaporation, photo-oxydation, adsorption, désorption en particules, conversion biologique, etc.) sont des mélanges de composés dont la spécificité dépend des conditions physico-chimiques de l'organisme producteur et de l'environnement. La stabilité de ces composés en a donc fait des marqueurs biologiques et géochimiques très précieux (*Saliot, 1981*).

- *Les hydrocarbures aliphatiques saturés* : Les alcanes linéaires (n-alcanes), Les alcane ramifiés
- *Les hydrocarbures aliphatiques insaturés*
- *Les cyclo alcanes et les cyclo alcènes*
- *Les hydrocarbures aromatiques*

2 - Les causes de la marée noire :

2-1- Offshore :

La production de pétrole et de gaz offshore, c'est-à-dire en mer est devenu un élément incontournable de l'approvisionnement énergétique mondial. Elle implique des technologies toujours plus avancées et une attention croissante aux impacts environnementaux. La production offshore correspond à 30% de la production mondiale de pétrole et à 27% de la production de gaz. (DECC, 2011)

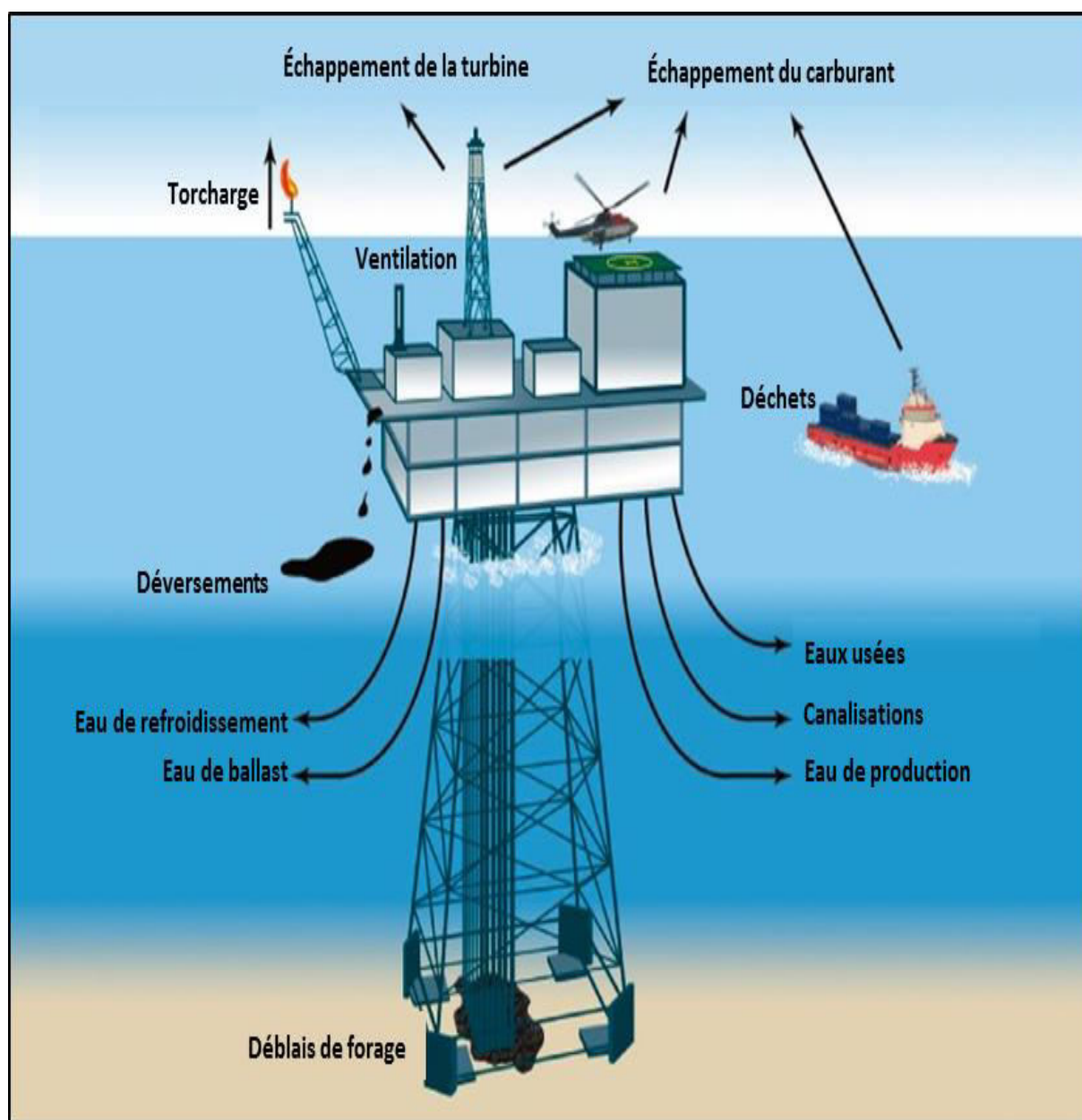


Figure 18 : Installations offshore



Figure 19 : Offshore

2-2- Plateformes pétrolières :

Une plate-forme pétrolière est une unité utilisée pour retirer, sacrifier ou distribuer du pétrole et/ou du gaz en haute mer dans des espaces intérieurs parfois très importants.

Il prend mieux en charge l'investigation ou le nettoyage de l'équipement d'origine entre les lits de combustible. Il peut également être branché sur un équipement spécifiquement autorisé pour l'opérateur de tournage. Certaines plateformes permettent de modifier le carburant ardent dans des abus plus enfantins.

Les plates-formes fixes ne sont pas recommandées pour la conquête de gisements à moins de 300 m dans les mers peu profondes, tandis que les plates-formes flottantes sont utilisées comme gilets pour écraser les champs pétrolifères en raison des ressources importantes (*DECC, 2011*)



Figure 20 : Plate-forme pétrolière (Wikipédia)

2-2-1- Les types de plateformes :

On distingue 3 types de plateformes :

- **MODU** (Mobile Offshore Drilling Unit) : est utilisé uniquement pour le forage et peut accueillir du personnel
- **PP** (Plateforme de Production) : utilisée pour la production et/ou le prétraitement du pétrole brut, mais pas d'hébergement
- **LQ** (Zone Résidentielle) : est utilisée uniquement pour l'hébergement et stocke/transporte les hydrocarbures pour des raisons de sécurité Est interdite. (*UTB*)



Figure 21: Mobile Offshore Drilling Unit

2-2-2- Les différents types de plateformes :

2-2-2-1- Les plateformes fixes :

La plupart des plateformes fixes sont utilisées en eaux peu profondes (<300 m). Ces plates-formes sont mises à la terre afin de pouvoir être connectées en toute sécurité aux têtes de puits et aux pipelines :

- **Jacket Deck** : Une structure en acier constituée d'une ossature tubulaire, fixée au sol avec des piquets en acier.
- **Plate-forme gravitaire** : Une tour en béton sur laquelle des structures peuvent être construites tout en maintenant une condition stable sur le fond marin par son propre poids
- **Tour conforme** (Complaint Tower) : Ouvrage souple constitué de ponts flottants fixés au fond marin, constitués de longs tubes tendus en permanence.
- **Plate-forme autoélevatrice** (Jack-up rig) : une plate-forme élévatrice automatique composée d'une coque et de pieds conçue pour fonctionner en eau peu profonde. La structure peut être déplacée, mais elle peut également être déplacée de haut en bas. Par conséquent, ces plates-formes peuvent être déployées à plusieurs endroits tout en étant prises en charge au sol. (*UTB*)

2-2-2-2- Les plateformes mobiles et unités flottantes :

Les plates-formes flottantes sont principalement utilisées pour exploiter les gisements de pétrole en haute mer (environ 300 mètres ou plus). Lorsque la plate-forme est flottante, la conduite de tête de puits y est reliée par un tube flexible.

- ✚ **TLP** (Tension Leg Platform): Une plate-forme trop flottante maintenue en place par un câble tendu qui se connecte au sol.
- ✚ **SPAR** : Une plate-forme plus traditionnelle qui comprend uniquement la production et est connectée à un pipeline pour l'exportation du gaz et/ou du pétrole produit. Le SPAR est sur un énorme flotteur cylindrique.
- ✚ **PSS** : Plate-forme semi-submersible : plate-forme remplie d'eau et fixée en place. Cela le rend moins sensible aux vagues.
- ✚ **FPSO** (Floating Production Storage and Unloading) : plate-forme de type coque qui produit, stocke temporairement et décharge des pétroliers. Ils sont fixés au fond marin (*UTB*)

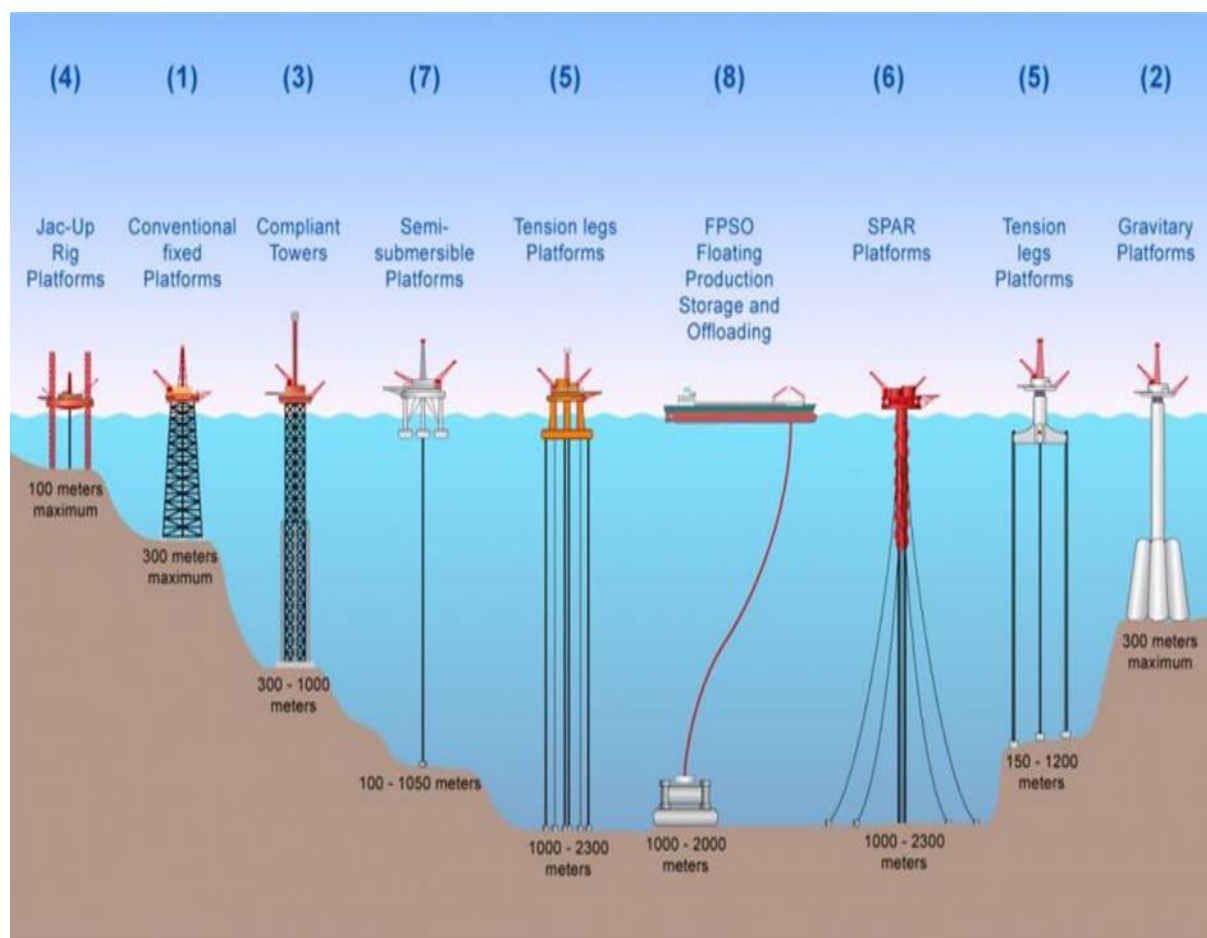


Figure 22 : Les différents types de plateformes

2-3- Les navires pétroliers :

Les pétroliers sont des pétroliers utilisés pour transporter le pétrole et ses sous-produits (tels que l'essence).

Le plus grand d'entre eux est également connu sous le nom de "tanker" ou "super tanker" ("tank" signifie réservoir en anglais). (*UTB*)



Figure 23 : Cargo pétrolier - GREENOIL - Astilleros Zamakona

2-3-1- Classification des différents types de navires pétroliers :

2-3-1-1-Par taille :

Par rapport au "jumbo" conventionnel qui peut transporter 5 000 tonnes de pétrole brut, la capacité de transport des pétroliers s'est nettement améliorée. Cette capacité est exprimée en termes de port en lourd maximal du navire, "port en lourd" (tpl).

Dans la terminologie des transports maritimes, on distingue notamment (selon la classification retenue par l'Agence internationale de l'énergie) :

- ❖ "Handymax" peut transporter 38 000 à 49 999 tpl
- ❖ "Panamax" de 50 000 à 74 999 tpl. Le nom correspond à la capacité maximale (largeur maximale 32,3 m) initialement prévue pour les pétroliers passant par le canal de Panama. Le canal de Panama a été élargi en 2016 après neuf ans de travaux (la nouvelle appellation « New Panamax » désigne un tanker pouvant circuler dans le canal élargi).

- ❖ « Aframax » entre 75 000 et 119 999 tpi
- ❖ « Suezmax » de 120 000 à 199 999 tpi
- ❖ VLCC de 200 000 tpi à 349 999 tpi (pour "Very Large Crude Carriers")
- ❖ ULCC de plus de 350 000 tpi (pour les "ultra-large gross carriers"). Ces pétroliers sont l'une des plus grandes structures mobiles artificielles. (OMI)

Navires pétroliers Classification par taille



Source : AIE

Figure 24 : Classification de différents types de navires pétroliers par taille (Connaissance des Énergies, d'après données de l'AIE)

2-3-1-2- Selon le rayon d'action :

- Les super pétroliers transportent des produits pétroliers sur de longues distances (ex : Moyen-Orient)
- Les pétroliers traditionnels moyennes distances (ex : bassin méditerranéen)
- Les ravitailleurs et navires légers alimentent d'autres navires accostent à un terminal spécifique qui peut être ravitaillé ou allégé en volumineux pétroliers. Il existe des équipements spéciaux qui permettent l'amarrage en paire et le transfert d'huile. Certains sont conçus pour être plus proches des plates-formes pétrolières.
- Les caboteurs transportent une grande variété de produits le long des estuaires et des côtes. Ils doivent avoir des dimensions limitées et une excellente maniabilité pour se faufiler dans des passages étroits.

□ Barges utilisées notamment sur le continent nord-américain (Peut-être poussée et tirée par remorqueur (*OMI*))

2-3-1-3- Selon le type de produit :

- ❖ **Les pétroliers transportent** : généralement du pétrole sur de longues distances du site de production à la raffinerie. Ce sont souvent de grands navires pouvant transporter plus de 100 000 tpl.
- ❖ **Le pétrolier de la raffinerie** : livre les hydrocarbures de la raffinerie aux négociants. (*UTB*)

CHAPITRE III : LES
EFFETS DE LA
MAREE NOIRE SUR
LA FAUNE ET LA
FLORE
EGOBE



Introduction :

Les déversements de pétrole en milieu marin causent des catastrophes écologiques et ont de graves conséquences pour la flore et la faune.

Les espèces marines peuvent disparaître à grande échelle, et toute la chaîne alimentaire peut disparaître. La marée noire a tué des centaines de dauphins et de baleines (en 2010, après le naufrage de la plate-forme pétrolière Deepwater Horizon, plus de 5000 baleines ont été retrouvées échouées sur la côte) et des oiseaux.

La nappe de pétrole reste attachée à la baleine et meurt par hypothermie. Le pétrole interfère avec le vol des oiseaux et les noie. Les quelques animaux qui survivent souffrent souvent de maladies du système nerveux, du foie et des poumons (*Rami et al., 2016*)

Tableau 02 : ‘‘Concentration de pétrole (10% de fraction aromatique) et effets du pétrole sur les organismes marins (source: simplifié d’après Hyland et Schneider, 1976)’’

<i>Concentration de pétrole dans L'eau de mer</i>	<i>Impact sur la faune et la flore</i>
<i>100ppm^{x5}</i>	<i>Mort de la faune marine et des Mollusques gastéropodes</i>
<i>50 ppm</i>	<i>Mort des poissons et des Mollusques bivalves</i>
<i>10ppm</i>	<i>A partir de ce seuil, toxicité pour La majorité des organismes</i>
<i>1ppm</i>	<i>Mort des larves et juvéniles, inhibition de Croissance Du phytoplancton et décroissance De l'activité des moules</i>
<i>100ppb</i>	<i>En dessous de ce seuil : effets non mortels</i>
<i>10ppb</i>	<i>Baisse de fécondité chez les vers, Anomalies génétiques chez les Poissons et modification du Comportement des invertébrés</i>
<i>1ppb</i>	<i>Impact sur la croissance du Phytoplancton</i>

1 - Les effets de déversement des hydrocarbures à long terme et à court terme :

Les principales propriétés physiques qui affectent le comportement des déversements d'hydrocarbures dans le milieu marin sont :

- **Densité** (pétrole brut et produits raffinés : 0,8-1,0, combustible de soute : 1,0-1,25),
- **Les propriétés de distillation**, dont le point d'éclair, qui est la température à laquelle un produit chauffé émet des vapeurs inflammables,
- **Le point d'écoulement** représente la température à laquelle le produit cesse de couler.
- **La viscosité** représente la résistance à l'écoulement. C'est un paramètre clé dans le choix de l'instrument de contrôle (pompe, traitement dispersant). (*Anonyme, 1999*)

On distingue généralement deux phases distinctes durant lesquelles certains processus ont une part active et prépondérante : (*Marchand, 2002*)

1-1- Stades de développement à court terme :

Qui se produit dans les premiers jours et se caractérisent par les processus suivants :

- L'étalement de la nappe phréatique
- Évaporation des fractions légères
- Dissolution du composé le plus soluble
- Émulsification du produit par brassage
- Sédimentation due à la fixation du produit sur les solides en suspension.

A ce stade de développement, plusieurs phénomènes majeurs sont observés. Mouvement des boues d'hydrocarbures à la surface de l'eau sous l'influence du vent et du courant (on pense que les boues d'hydrocarbures se déplacent dans une direction et se déplacent à une vitesse égale à la somme des vecteurs. Vitesse du vent d'environ 3° et 100° et vitesse des courants), contamination potentielle du littoral, diffusion des hydrocarbures dans l'eau, contamination des fonds marins, conséquences écologiques immédiates de l'extinction de masse, et contamination sévère des animaux marins (coquillages, poissons) (*Marchand, 2002*)

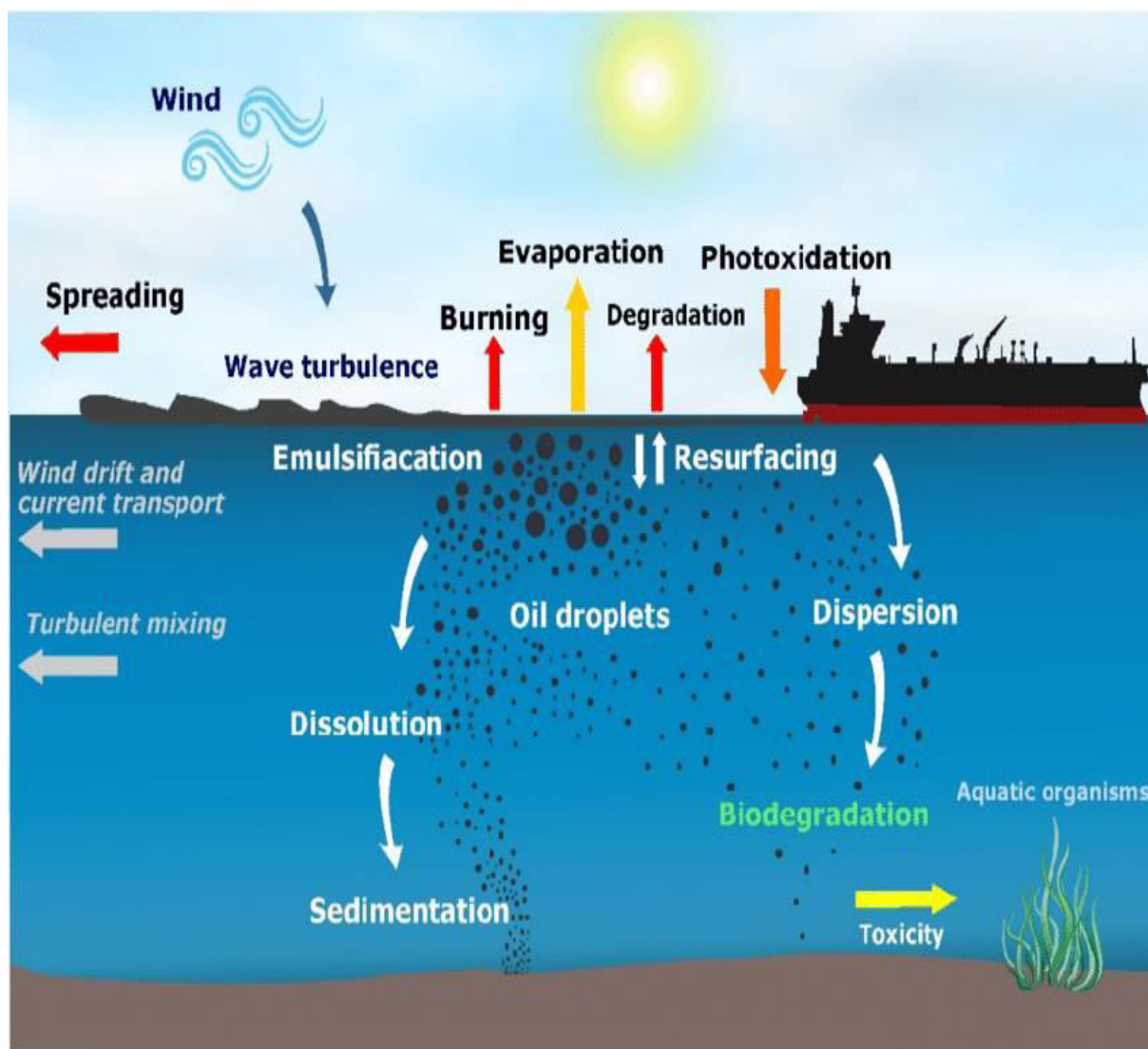


Figure 25: Stades de développement de déversement des hydrocarbures dans la mer

1-2- Une phase de développement à long terme :

Qui s'étend sur des semaines, des mois, voire des années. Cette deuxième étape évolutive est liée à l'étape de décontamination du milieu marin sous l'action des niveaux d'énergie dans les zones contaminées : énergie solaire (photo oxydation), énergie mécanique du milieu (propagation naturelle), énergie biologique (biodégradation, métabolisme in vivo).

Les taux de dépollution incluent les milieux pollués (eau de mer, littoraux, sédiments), les sites concernés (secteurs de fuite, sites protégés), et les classes d'hydrocarbures considérées (hydrocarbures aliphatiques, aromatiques monocycliques ou polycycliques, hydrocarbures aromatiques à cycle, marqueurs sont très variables. Bio géochimie à long terme) (Marchand, 2002)

CHAPITRE III : LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE

A ce stade de l'évolution à long terme, les effets écologiques se traduisent essentiellement par des déséquilibres après les conséquences immédiates de disparition d'espèces, d'émergence d'espèces opportunistes, de compétition et de retour à l'équilibre originel. Le suivi effectué permet d'apprécier le rétablissement de l'équilibre d'origine. Cela correspond généralement bien au processus de décontamination de l'environnement.

Vous pouvez utiliser 2 à 6 ans pour les zones à faible sensibilité (montagnes rocheuses, etc.), 5 à 15 ans pour les zones à sensibilité moyenne (plage, entrée d'estuaire) et 10 à 25 ans pour les zones à haute sensibilité (marécages, estuaires). (*Anonyme, 1999*)

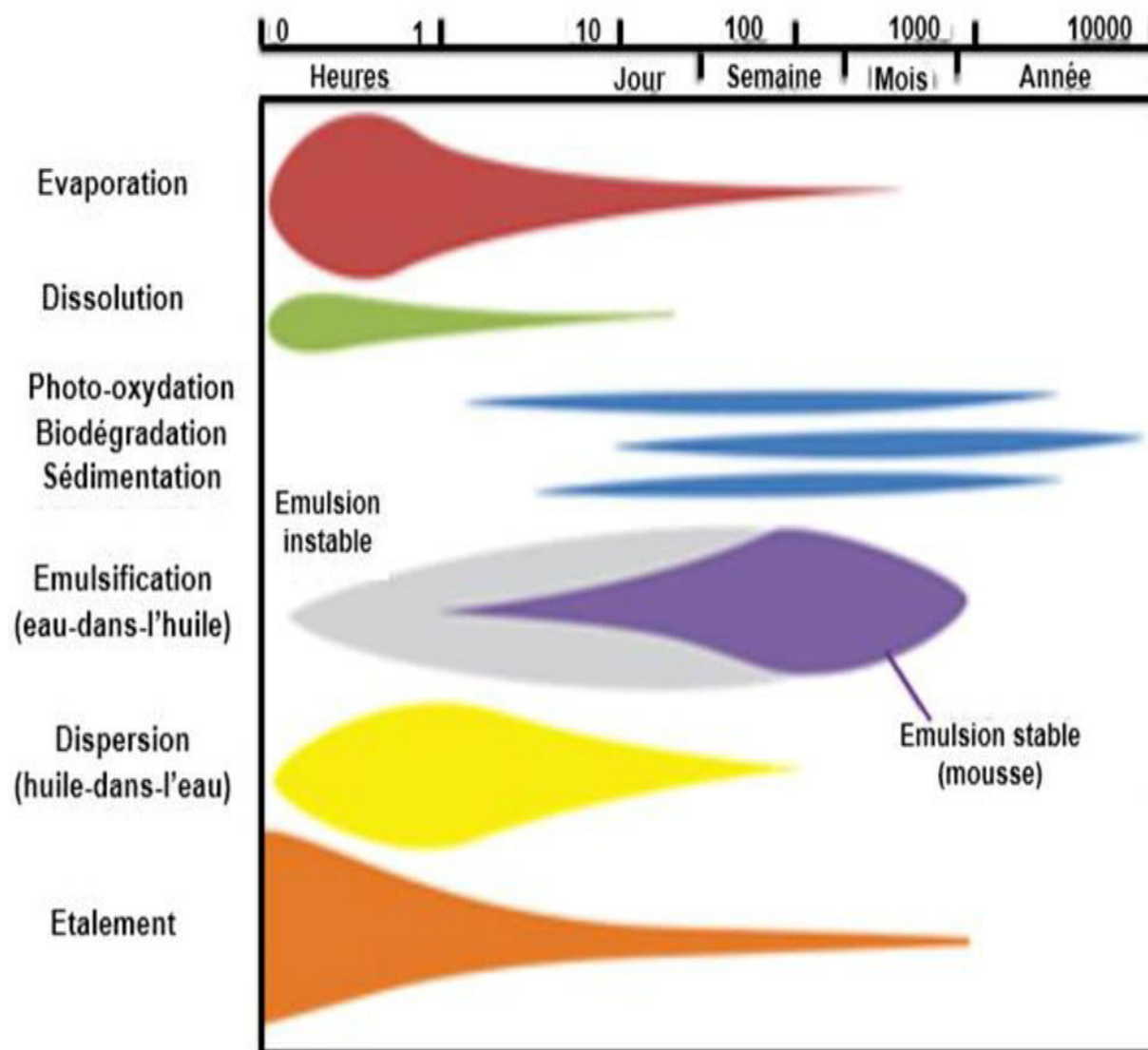


Figure 26 : Devenir du pétrole dans le milieu marin

2 - Les impacts des hydrocarbures sur la biodiversité faunistique et floristique en générale :

2- 1- Effets Floristiques (Végétales) :

❖ Phanérogames marines :

Divers types de Phanérogames marine habitent les eaux tempérées et tropicales. Ils permettent à un écosystème très diversifié et productif de survivre en abritant de nombreux autres organismes. Les herbiers ralentissent les courants et augmentent la sédimentation, tandis que la structure racinaire stabilise le fond marin et protège les zones côtières de l'érosion. Le pétrole flottant s'écoulera très probablement sur les herbiers sans effets néfastes. Cependant, lorsque le pétrole ou ses composants toxiques sont agités pour atteindre des concentrations suffisamment élevées dans ces eaux côtières peu profondes, les algues et les organismes apparentés peuvent être affectés. (ITOPF)

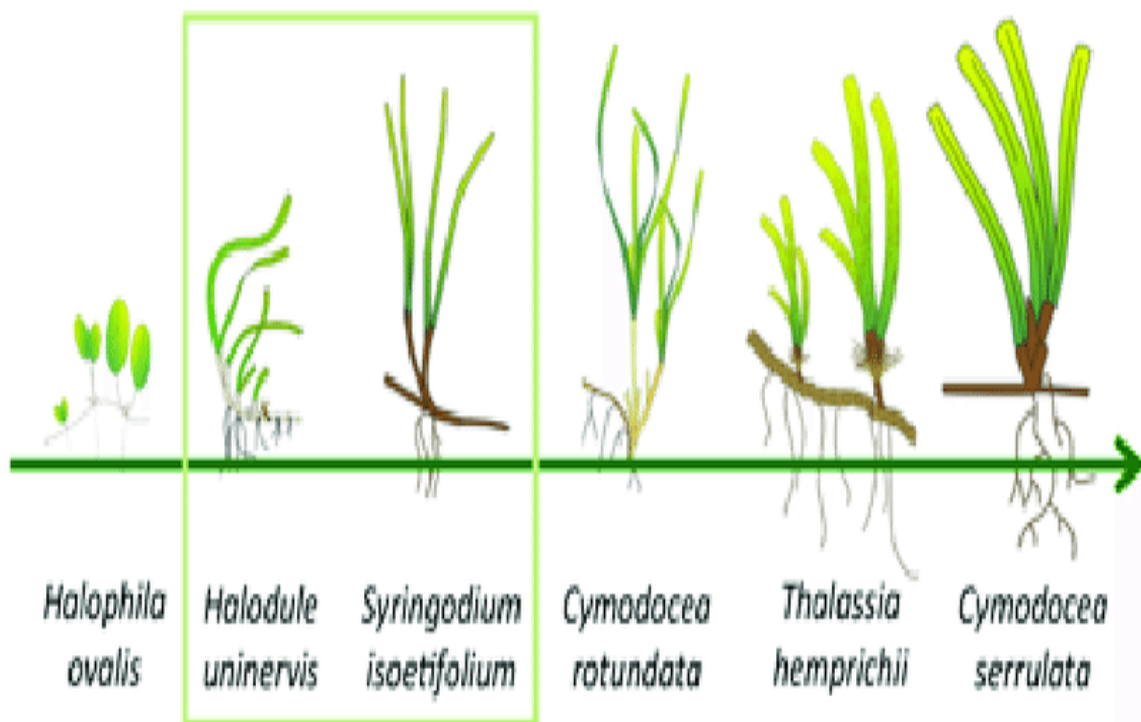


Figure 27 : Schéma théorique de succession des espèces de phanérogames marines (S. Saxby et C. Collier)



Figure 28 : Herbier marin(Wikipédia)



Figure 29 : Les algues marines

2-2- Les effets faunistiques (Animales) :

2-2-1- Les bactéries :

Le rôle des bactéries dans le milieu marin est fondamental dans la décomposition de la matière organique, et son oxydation conduit à la régénération des nutriments. Ceux-ci sont utilisés par le phytoplancton lors des mécanismes conduisant à la production primaire.

De nombreux types de bactéries habitent la colonne d'eau et l'ensemble des sédiments, contribuant à l'oxydation de la matière organique à tous les niveaux environnementaux.

Peu d'études ont traité des effets du pétrole sur la flore bactérienne naturelle. Dans certains cas, les hydrocarbures jouent un rôle dans l'inhibition du **taux de croissance** et de **l'activité enzymatique** globale des populations bactériennes dans les sédiments de zones fermées telles que les marécages. (*Vacelet et al., 1981*).

De manière générale, la présence d'hydrocarbures dans le milieu marin favorise le développement de bactéries **hétérotrophes** (leurs sources alimentaires sont le carbone), en fonction des facteurs environnementaux.

Une augmentation du nombre de bactéries hétérotrophes et une dégradation simultanée des huiles qui caractérisent la **biodégradation** ont été observées expérimentalement ou après des déversements d'hydrocarbures. Il s'agit du cas post-marée noire en mer Baltique (Suède) en Octobre 1977 (*Johanson et al., 1980*) mettent en évidence une concentration en bactéries trois fois supérieure dans les zones contaminées que dans les zones non polluées (concentration moyenne de 0 ,35. 10⁶ bactéries dans un ml).

L'augmentation de la bactérie plancton est également constatée expérimentalement par (*Lee, 1977*) après addition de pétrole et de composés hydrocarbonés dans le milieu. Il existe donc un lien entre l'apport d'hydrocarbures et l'augmentation du nombre de bactéries hétérotrophes susceptibles de dégrader les composés hydrocarbonés.

La croissance de ces bactéries est limitée par des facteurs abiotiques tels que le substrat, la solubilité, la température, l'oxygène dissous et la disponibilité de l'azote et du phosphore minéral. Par conséquent, le nombre de bactéries dans l'écosystème naturel ne peut pas dépasser les limites de concentration imposées par la disponibilité naturelle des nutriments.



Figure 30 : Exemple de bactéries marins (julien, H, 2019)

2-2-2- Organismes planctoniques :

L'abondance et la composition du plancton sont d'une grande importance en ce qui a trait à la capacité biotique des écosystèmes marins, car il occupe une place à la base de nombreux écosystèmes (*Genivar, 2013*).

Parmi les organismes planctoniques, les sensibilités varient serait plus prononcée pour les effets indirects des déversements (changements de la disponibilité de l'oxygène et des nutriments) que le pétrole lui-même (*Steen et al ., 1999*).

Les effets ressentis au niveau des populations peuvent comprendre le dysfonctionnement cellulaire et une alimentation diminuée (*Fingas, 2013*). Le zooplancton semble être plus sensible que le phytoplancton, car il peut accumuler les composés toxiques (*Genivar, 2013*). De ce fait, il peut agir à titre de bio-concentrateur, transférant des contaminants à des niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire (*Fingas, 2013*)

- **2-2-2-1 Le phytoplancton :**

Il représente le premier maillon de la chaîne alimentaire dans le milieu marin et fait partie du zooplancton et du necton, ce qui en fait un élément important de l'écosystème de l'alimentation herbivore. La croissance du phytoplancton est l'utilisation de l'énergie lumineuse (nitrates, phosphates, silicates) et se produit au printemps grâce à la présence de carbonates nutritifs dans l'environnement. Le mécanisme de la photosynthèse est à l'origine de la production primaire. La composition spécifique du phytoplancton dépend de la saison et de la situation géographique. Par exemple, dans le détroit du Royaume-Uni, les diatomées riches en nutriments (73 % du phytoplancton) émergent au printemps, suivies d'une augmentation des diatomées pauvres en nutriments (Dinophyceae, herbivores). Ce continuum d'espèces de micro algues se traduit par une séquence échelonnée d'espèces de zooplancton. La présence d'hydrocarbures dans cet environnement complexe affecte les facteurs abiotiques (liés à l'environnement) et biologiques (liés à la survie des espèces) (*Lee, 1977*)

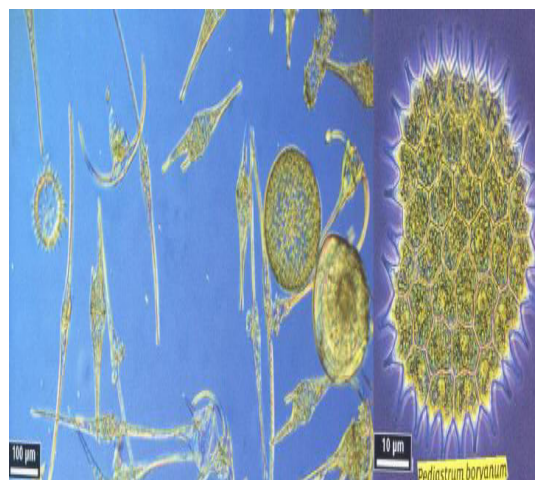


Figure 31 : Le phytoplancton = plancton végétale

• 2-2-2-2 Zooplancton :

Les animaux planctoniques sont divisés en deux classes différentes en fonction de leur durée de vie pélagique :

- ✓ **L'holoplancton, ou plancton permanent** : est composé d'organismes qui vivent dans les pélagiques de la larve à l'âge adulte. En savoir plus sur le copépode, qui représente la majeure partie de l'holoplancton.
- ✓ **le méroplancton** : (mollusques, coquillages, échinodermes, polychètes, chevreuils, larves) est limitée au stade larvaire (8 jours à plusieurs semaines). (*Vacelet et al., 1981*).



Figure 32 : Exemple des zooplanctons

2-2-3- Invertébrés marins :

Tous les invertébrés marins sont sensibles aux grandes marées noires et tous sont exposés à la pollution à court terme, mais les plus vulnérables sont les organismes benthiques, sessiles et larvaires (*Genivar, 2013*). Leur mort est possible après l'affaissement des produits pétroliers. D'autre part,

CHAPITRE III : LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE

l'ingestion de composés contenus dans la colonne d'eau présente également un risque important de survie. La population, la densité, le déclin de la biodiversité, ainsi que des problèmes de croissance et de reproduction sont attendus après une grave pollution (*Fingas, 2013*).

À cet effet, les espèces moins tolérantes en eau douce comprennent des crustacés tels que *Daphnia* (*Steen et al., 1999*). En revanche, les organismes mobiles ont l'avantage de pouvoir se déplacer, évitant ainsi de fortes concentrations de contaminants et leur permettant de se repeupler ailleurs (*Fingas, 2013*). Enfin, comme le plancton, les invertébrés sont à la base de la chaîne alimentaire et peuvent également accumuler des contaminants et transférer des contaminants à d'autres individus de la chaîne

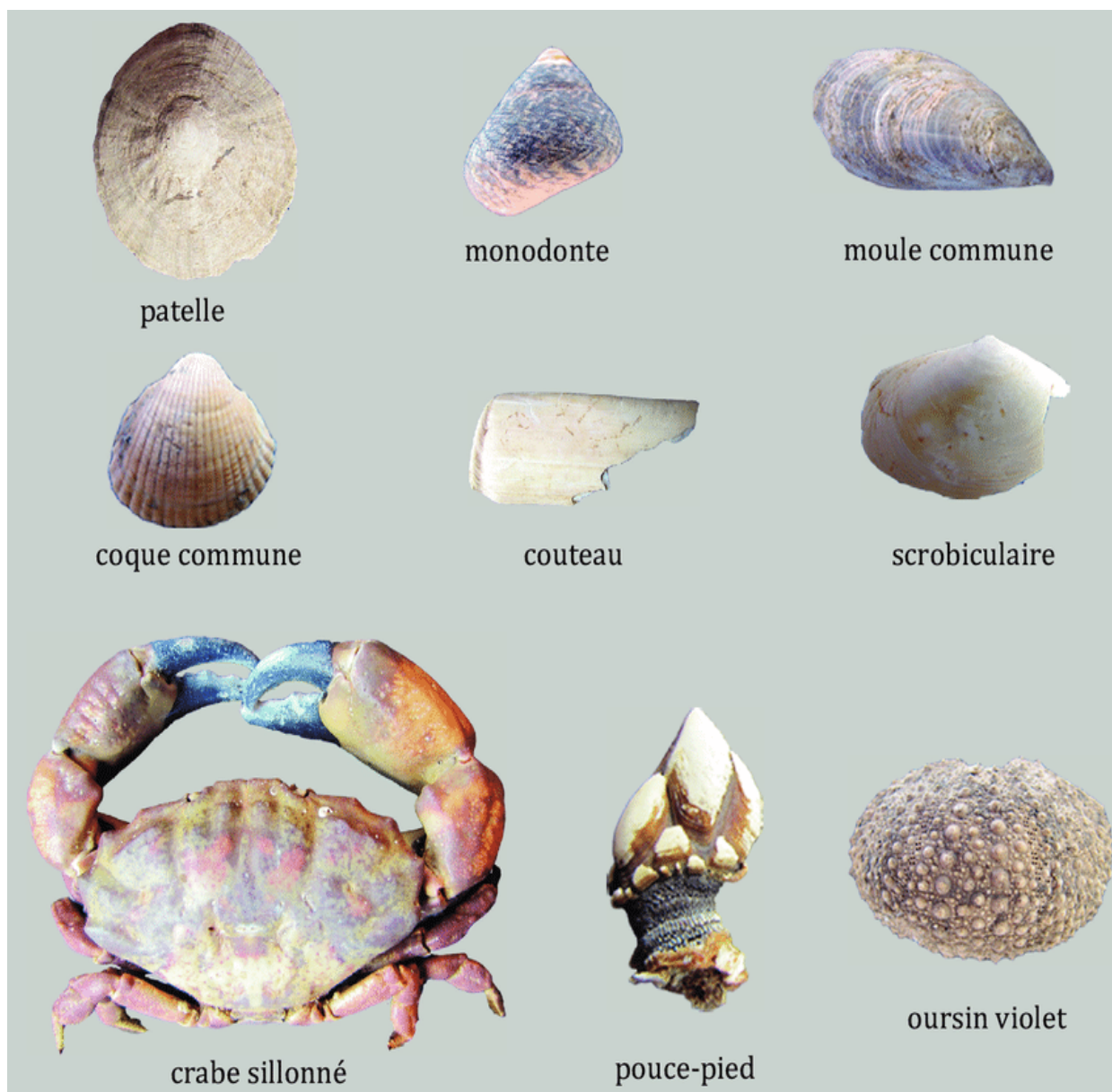


Figure 33 : Quelques espèces d'invertébrés marins



Figure 34 : Invertébré marin, crustacé : *Daphnia magna*

2-2-4- Les Poissons :

L'impact sur les populations de poissons est particulièrement intéressant en raison de son importance écologique et commerciale. Les poissons augmentent ou diminuent généralement la concentration de HAP et d'autres aromatiques solubles présents dans la colonne d'eau par les branchies (*Genivar, 2013*). Dans des environnements tels que les baies, les estuaires et les plans d'eau confinés, les populations de poissons sont plus vulnérables et peuvent atteindre des niveaux mortels et sensibles (*Fingas, 2013*). En revanche, les poissons en surface ou au fond de la colonne d'eau sont les plus vulnérables (*Fingas, 2013*). Les individus juvéniles, ainsi que les larves et les œufs, déjà sensibles, sont davantage vulnérables s'ils se retrouvent au fond de la colonne d'eau ou en surface (*Genivar, 2013*). De plus, les tests sur le saumon montrent que les adultes sont 100 fois moins sensibles que les petits, qui sont 70 fois moins sensibles que les œufs (*Fingas, 2013*). De plus, les poissons au stade adulte peuvent se déplacer et éviter les lieux contaminés (*Genivar, 2013*).

Les effets varient et peuvent inclure des changements physiologiques et pathologiques tels que des changements **respiratoires** (fonction branchiale anormale), **reproductifs et cardiaques** (*EPA, 2013a*). Ceux-ci ne sont généralement pas permanents ou dangereux pour la survie des poissons, car les données scientifiques recueillies jusqu'à présent ne fournissent pas de preuves de l'accumulation in vivo de composés pétroliers dans les poissons. En fait, les poissons ont tendance à se nettoyer (*Genivar, 2013*) ce processus enzymatique peut se prolonger plus ou moins sur une longue période, selon la concentration de toxicité trouvée dans la colonne d'eau (*Fingas, 2013*). Cependant, l'EPA souligne que l'exposition chronique à des composés chimiques et toxiques dans les produits pétroliers

peut provoquer des anomalies génétiques ainsi que des cancers chez les poissons (EPA, 2013a), d'où l'importance d'une intervention adéquate à la suite d'un déversement



Figure 35 : Marée noire, des poissons victime du pétrole

2-2-5- Oiseaux marins :

Les oiseaux de mer sont les animaux les plus menacés en haute mer, car ils peuvent mourir en grand nombre dans des accidents graves. En particulier, Les canards marins (macreuses, eiders), et les alcides (guillemots, pingouins) qui vivent en essaim à la surface de la mer sont menacés. Cependant, la mortalité élevée des oiseaux de mer peut également résulter de causes non liées telles que les tempêtes et la perte de ressources alimentaires et d'habitat. Finalement, une autopsie peut être nécessaire pour déterminer la cause du décès et s'il est dû à un accident particulier. La pollution par les hydrocarbures a un effet néfaste sur les plumes d'oiseaux. Les plumes aident à piéger l'air chaud dans la peau, offrant à la fois flottabilité et isolation. Le revêtement d'hydrocarbure forme une couche protectrice sur les plumes, réduisant l'isolation thermique et permettant un contact direct avec la peau pour permettre à l'eau de mer de pénétrer. La perte de chaleur qui en résulte peut entraîner la mort de l'oiseau par

hypothermie. Dans les climats froids, l'application d'une petite quantité d'huile sur les plumes d'un oiseau peut être suffisante pour provoquer la mort de l'oiseau. De nombreuses espèces ont une couche de graisse sous la peau, qui agit comme une couche supplémentaire d'isolation et de stockage d'énergie. *(ITOPF, 2013a)*

Cette réserve peut être rapidement épuisée par les efforts de l'oiseau pour se protéger du froid. Les oiseaux souffrant de rhumes, de malaises et d'incapacité à nager qui peuvent les noyer. De plus, les plumes huileuses réduisent la capacité des oiseaux à voler à la recherche de nourriture et à échapper aux prédateurs.

Les oiseaux mazoutés coupent instinctivement leurs ailes et courent le risque de répandre des contaminants sur des parties non contaminées du corps. L'ingestion de contaminants est très probable et peut avoir de graves conséquences, notamment : la congestion pulmonaire, intestinale ou hémorragique, les pneumonies, des lésions hépatiques et rénales. À son retour au nid, l'huile peut être transférée des plumes d'oiseaux aux plumes de poussins. *(ITOPF)*

La contamination des œufs par les hydrocarbures peut réduire l'épaisseur de la coquille, empêcher l'éclosion et retarder le développement des câlins. Il n'y a pas de lien clair entre la quantité de pétrole déversé et l'impact potentiel sur les oiseaux marins. De petits déversements pendant la saison de reproduction ou dans des zones où vivent de grandes populations d'oiseaux de mer peuvent causer des dommages bien plus importants que de grands déversements à des moments différents ou dans des environnements différents. Certaines espèces réagissent à une réduction de la taille de la colonie en pondant plus d'œufs, en se reproduisant plus fréquemment ou en adoptant des individus plus jeunes au début du groupe reproducteur. Ces processus peuvent accélérer le rétablissement, mais le rétablissement peut prendre des années et dépend de la disponibilité de la nourriture et de l'habitat ainsi que d'autres facteurs. Les observations de pertes à court et à moyen terme ne sont pas rares, mais les mécanismes de récupération décrits ci-dessus peuvent réussir à prévenir les effets à long terme au niveau de la population. Cependant, dans certaines circonstances, les marées noires peuvent entraîner un déclin permanent des colonies marginales. *(ITOPF)*

Bien que les oiseaux mazoutés puissent être nettoyés et tentés de se réhabiliter, pour de nombreuses espèces, seuls quelques oiseaux traités survivent généralement proprement. Une plus petite proportion d'oiseaux relâchés survit dans la nature et réussit à se reproduire. *(IPIECA 2004)*

Les pingouins sont souvent une exception et sont généralement plus élastiques que de nombreuses autres espèces. Avec une bonne gestion, dans la plupart des cas, ils peuvent survivre à la purge et

CHAPITRE III : LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE

rejoindre la colonie de reproduction. Même les manchots ont un taux de succès reproducteur plus faible pour les oiseaux nettoyés que pour les oiseaux contaminés. Néanmoins, le développement et la diffusion des meilleures pratiques en matière de nettoyage des oiseaux permettront d'améliorer les résultats. (ITOPF)



Figure 36 : Marée noire, des oiseaux victime du pétrole

2-2-6- Les mammifères marins :

Les baleines, les dauphins et autres cétacés peuvent être exposés à la menace des hydrocarbures flottants s'ils nagent à la surface de l'eau et respirent ou sautent hors de l'eau. On suppose que les tissus du nez et les yeux sont endommagés par l'huile.

Les grands mammifères marins tropicaux tels que les sirènes herbivores (Manates et Dagon) peuvent être considérés comme en voie de disparition, mais les rapports faisant état de dommages causés par des déversements d'hydrocarbures à ces animaux sont extrêmement rares.

Cependant, lorsque les phoques, les loutres otaries, phoques, Pinnipèdes, morses, vaches marines (dugong), marsouins et autres mammifères marins sortent de l'eau ou passent du temps sur terre, ils sont plus susceptibles de rencontrer et d'être affectés par les hydrocarbures. Les espèces qui ont une fourrure pour réguler la température corporelle présentent le risque le plus élevé d'être contaminés par l'huile. En effet, selon les saisons, les animaux peuvent mourir d'hypothermie ou de surfusion si la fourrure est mélangée à des hydrocarbures (*Fisher et wild, 2004*)

Certains mammifères marins vivent et migrent en petits groupes, tandis que d'autres vivent en grandes colonies locales.

Ces différences de comportement et de régime alimentaire signifient que les marées noires ont divers effets saisonniers, affectant un petit nombre d'individus ou de grandes colonies.

La peau rugueuse, les cheveux et les habitudes de toilettage de certaines espèces augmentent la probabilité de contact avec l'huile, d'ingestion et d'effets toxicologiques associés.

Les effets du pétrole sur les mammifères marins varient d'une espèce à l'autre, mais comprennent :

- l'hypothermie due à des modifications de la conductance cutanée entraînant un choc métabolique
- des effets toxiques et un dysfonctionnement des organes secondaires en raison de l'absorption de pétrole
- de la congestion pulmonaire, de la vapeur d'emphysème interstitiel due aux gouttelettes d'huile et inhalation
- ulcères gastro-intestinaux et saignements dus à la consommation d'huile pendant les soins et l'alimentation
- lésions oculaires et cutanées dues à une exposition continue à l'huile
- poids dû à une exposition diététique stricte à l'exposition à l'huile Diminution de et changement de comportement. (1)



Figure 37 : Quelques exemples sur les victimes de la marée noire de mammifère marin

2-2-7- Les reptiles et les tortues de mer:

La dérive du pétrole peut menacer les reptiles marins tels que les tortues, les iguanes marins et les serpents de mer, en particulier pendant la saison de reproduction. Les œufs et les petits fraîchement éclos peuvent être perdus si l'huile est lavée sur la plage ou si le nid est dérangé pendant le processus de nettoyage. Chez les adultes, une inflammation des muqueuses se produit, les rendant plus sensibles aux infections. Cependant, il existe de nombreux exemples de tortues mazoutées nettoyées et relâchées dans la mer. Toutes les espèces de tortues marines sont principalement menacées par l'activité humaine, y compris les prises accessoires de la pêche, la chasse délibérée de la viande et des carapaces et la perte d'habitat. **(ITOPF)**

Les tortues marines sont particulièrement préoccupantes car le nombre de tortues marines diminue dans le monde. L'huile affecte leurs yeux et endommage les voies respiratoires et les poumons. Les tortues marines sont également concernées par la contamination par ingestion ou par voie cutanée. Les tortues sont extrêmement menacées dans la nidification sur la plage pendant la saison de reproduction. Les sites de nidification se trouvent généralement sur des plages de sable et peuvent causer les

CHAPITRE III : LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE

problèmes suivants lorsqu'ils sont exposés au pétrole : Absorption d'huile due à une contamination alimentaire ou à un contact physique direct. Il endommage le tube digestif et d'autres organes. (1)

L'inflammation des muqueuses (nez, gorge, yeux, etc.) provoque des inflammations et des infections. Les œufs peuvent être contaminés parce que le sable contient de l'huile ou parce que les tortues adultes sont contaminées sur leur chemin vers le site du nid. Huiler les œufs peut entraver leur croissance, Les tortues nouvellement écloses se dirigent de la plage vers l'eau et peuvent être victimes de pétrole lors de cette migration. (1)

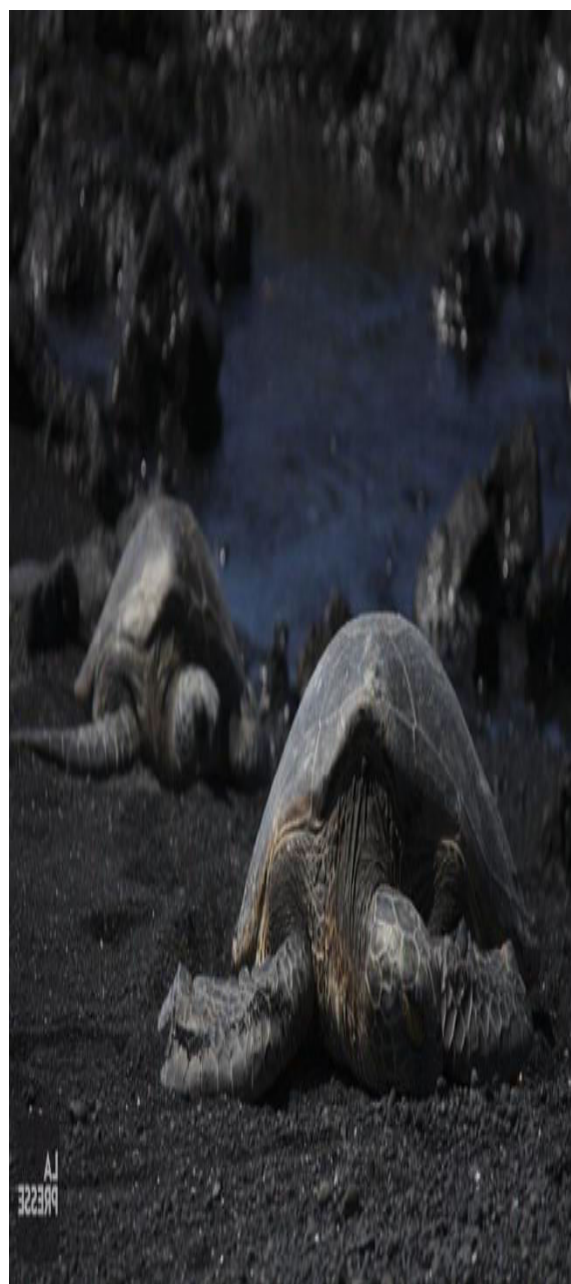


Figure 38: Victime des marées noires : tortues et reptiles

CHAPITRE III : LES EFFETS DE LA MAREE NOIRE SUR LA FAUNE ET LA FLORE

- ✚ Les effets et les conséquences de la fuite d'huile de marée noire ne touchent pas seulement les espèces faunistiques et floristiques, mais ont aussi une incidence sur la santé physique chez les personnes amenées à intervenir dans les opérations et aussi des impacts sur la pêche, le tourisme la vie sociale et économique.

CHAPITRE IV : LES
PROCEDES DE
DEPOLLUTION DE
LA MAREE NOIRE



Introduction :

La réponse aux déversements d'hydrocarbures nécessite le déploiement de ressources critiques selon des décisions stratégiques qui tiennent compte de la nature du déversement, du lieu de l'accident, des conditions météorologiques et des caractéristiques environnementales.

La conduite de la réaction comprend la création d'un plan Polmer (stockage, distribution et maintenance des véhicules de réaction en mer et à terre, l'identification de la confidentialité en tant que zone protégée définie, l'identification des gisements).

Mener des exercices de contrôle de la pollution qui permettent d'évaluer l'efficacité des actions coordonnées pendant la dépollution. (ITOPF)

1- Moyens de lutte contre la marée noire :

1-1- Les procédés de dépollution on générale les plus utilisées dans les marées noires :

1-1-1- Sur les côtes :



Figure 39 : Les procédés de dépollution au niveau des côtes et au niveau de la mer

CHAPITRE IV : LES PROCÉDES DE DEPOLLUTION DE LA MAREE NOIRE

Lorsque le littoral est menacé, il faut empêcher au maximum la nappe phréatique d'atteindre les zones les plus vulnérables. Pour ce faire, on doit réduire le limon en utilisant des produits chimiques (dispersants) ou en l'enflammant. Ces deux mesures ne servent qu'à prévenir pour ne pas causer plus de dégâts.

Les dispersants décomposent plus facilement les nappes d'hydrocarbures par les micro-organismes, les transformant en microgouttelettes moins dangereuses pour les grands organismes marins (oiseaux, baleines, etc.).

Si la surface de la nappe n'est pas trop importante et que les conditions le permettent, un barrage flottant est mis en place pour ralentir la progression de la nappe et concentrer le pétrole avant le pompage. Le pétrole lourd flotte entre les deux plans d'eau, il faut donc compter sur les chaluts pour récupérer les hydrocarbures.

Si tout cela n'est pas suffisant, la dernière ligne de défense finira par se former avec des barrières flottant sur la côte et les zones sensibles. Il reste à nettoyer la plage et s'occuper des animaux mazoutés. Ce nettoyage nécessite un grand nombre de personnel équipé de drague, pelle, seau, détergent, aspiratoire et dés émulsifiant pour séparer l'hydrocarbure de l'eau de mer et l'enlever de la roche. (2)

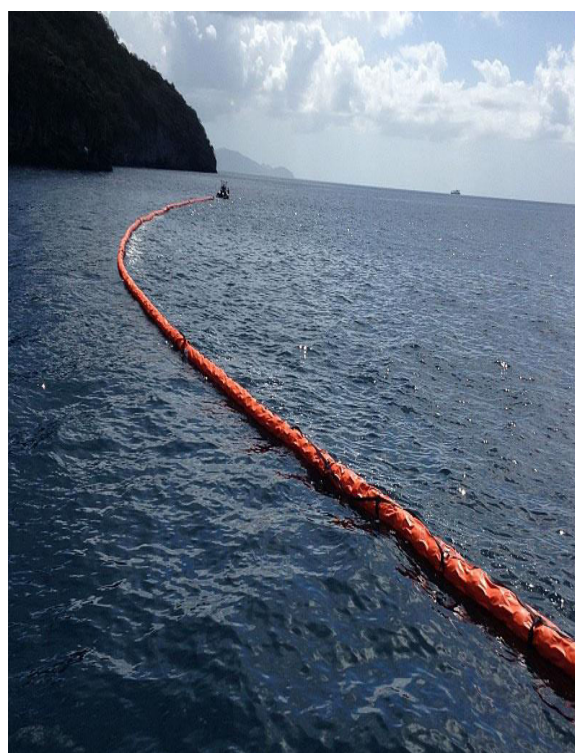
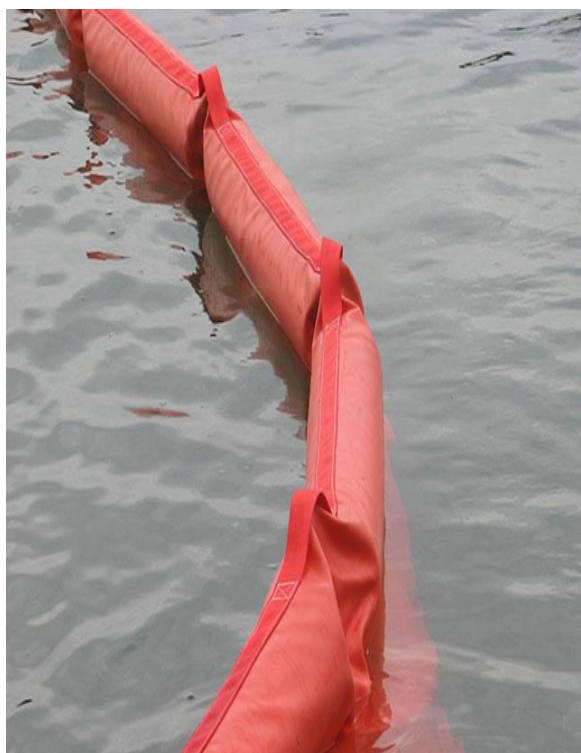


Figure 40 : Marée noire, Barrage flottant anti-pollution

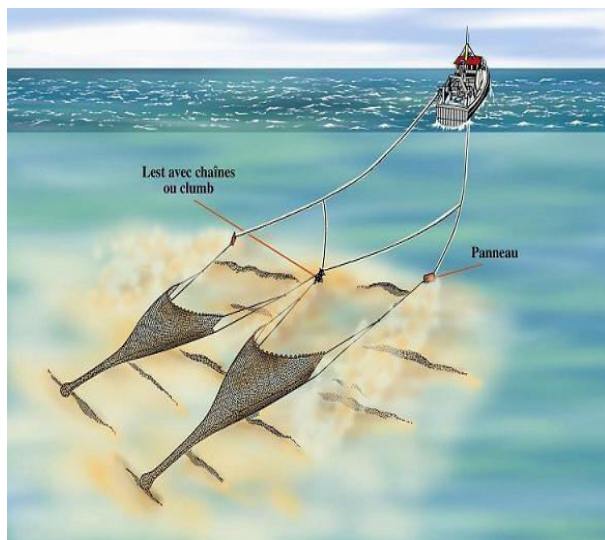


Figure 41 : Chalut de fond pour récupérer les hydrocarbures



Figure 42 : Barrières flottantes anti-pollution



Figure 43 : Nettoyage nécessaire de la marée noire avec des dragues,seau

1-1-2- Au niveau de la mer :

En cas de fuite d'hydrocarbures dans le milieu marin, toutes les mesures nécessaires doivent être prises dans les meilleurs délais pour réduire les effets de la pollution, y compris les effets à long terme, avant que la situation ne s'aggrave. En mer, le personnel d'intervention a quatre options très importantes pour l'intervention :

- ✚ *la récupération*
- ✚ *le brûlage in situ*
- ✚ *la dispersion*
- ✚ *ou ne rien faire.* (François ,2009)

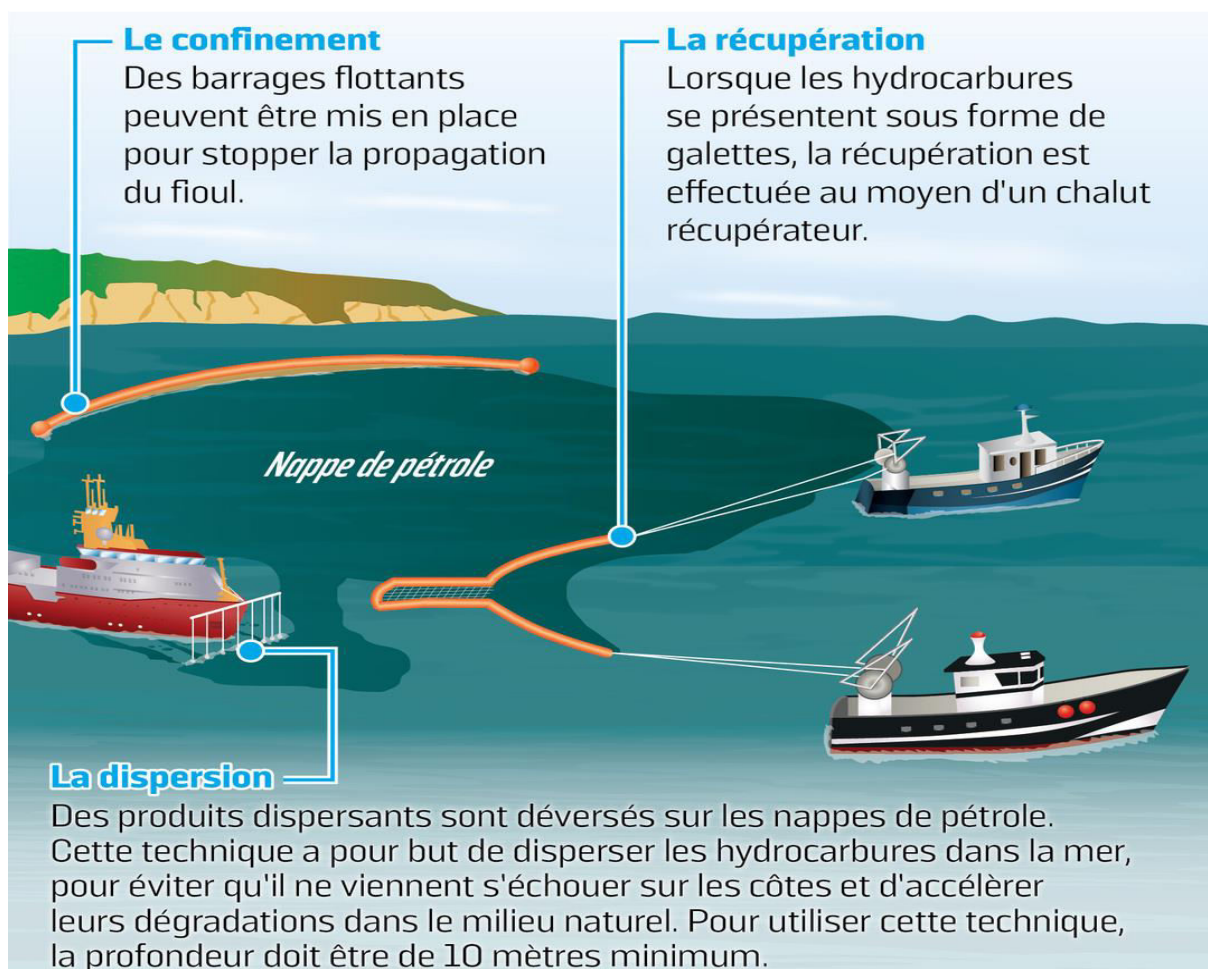


Figure 44 : Les méthodes de lutte anti-pollution les plus utilisés au niveau de la mer

1-1-2-1- bloquer le robinet de pétrole :

En cas d'épave, d'accident de pipeline ou d'accident d'établi marin, les efforts d'intervention se concentrent sur la source de pétrole pour la contenir d'une part et sur le pétrole naufragé déjà déversé dans la mer d'autre part. Si la rive est éloignée, le navire sera remorqué au large pour éviter la contamination de la rive. Parallèlement à cette opération, les équipes d'intervention tentent souvent de colmater des fuites difficiles et de vider le réservoir (2)

1-1-2-2- Agir à la source :

C'est un principe important qui peut être traduit en différentes actions. Alléger un navire en effectuant des travaux de transport de marchandises d'un navire avarié à un autre navire est la première option qui nécessite des moyens de pompage importants. L'amortissement de l'épave complète est une option sa mise en œuvre sert à éviter l'amortissement continu à long terme.

L'épave d'un remorqueur vers certains ports est une opération potentiellement réussie (par exemple Tanio) ou infructueuse (par exemple Erica). Le dernier principe à respecter est l'épuration de la source engloutie en général. L'opération est souvent délicate et nécessite de gros moyens techniques qui peuvent être réalisés avec deux épaves ou Erica à bord à une profondeur de 100 à 200 mètres. (Marchand, 2003)

1-1-2-3- Confiner et récupérer les hydrocarbures :

Tout d'abord, il faut essayer de contenir la nappe de pétrole et de récupérer le pétrole. Cette double opération de confinement des hydrocarbures à l'aide d'un barrage et la récupération par un récupérateur nécessite l'interconnexion des moyens logistiques de stockage des hydrocarbures. Les moyens sont déployés en mer par des navires appropriés et des équipages entraînés à ce type d'opération, en coopération européenne (Accord de Bonn) ou en accord bilatéral avec le Royaume-Uni (Plan Manche), l'Espagne (Plan Biscaye) et l'Italie.

Si les conditions de mer sont trop agitées, les opérations de sauvetage en mer seront limitées. Les performances restent modestes et un taux de récupération de 10% est considéré comme réussi. (François, 2009)

Dans le cas d'Erica, sur les 20 000 tonnes de fioul qui se sont déversées en mer, environ 1 000 tonnes ont été récupérées dans des conditions de mer extrêmement difficiles pour les navires et l'équipage. Pour les pollutions moins importantes (ex : déversements en milieu portuaire), des

adsorbants enfermés dans des panneaux, rouleaux ou barrages peuvent être envisagés. (Marchand, 2003)



Figure 45 : Confiner et récupérer les hydrocarbures de la manière la plus possible avant la propagation rapide

1-1-2-4- La combustion in situ :

Vous pouvez envisager de brûler et d'enlever l'huile sur le terrain.

Le pétrole doit contenir suffisamment de composés légers et inflammables pour brûler facilement. De plus, cette technologie soulève des préoccupations environnementales et de sécurité en raison de l'abondance de fumées qu'elle produit. Par conséquent, il n'est utilisé que dans des endroits très éloignés des zones fréquemment utilisées, comme le cercle polaire arctique. (François, 2009)

1-1-2-5-Traiter la pollution :

L'utilisation de produits liquides (comme la craie) pour la dépollution n'est plus utilisée. Un tel traitement était un simple transfert de pollution de la surface vers le fond marin. Il ne reste plus qu'à traiter la contamination avec des produits dispersants. Ceux-ci n'ont aucun lien avec les premiers dispersants toxiques utilisés dans l'accident de Tory Canyon. La procédure d'approbation des dispersants est suffisamment rigoureuse pour obtenir l'approbation d'un organisme de conservation.

Cependant, l'utilisation de dispersants est soumise à des restrictions liées à la nature du déversement, au comportement en mer et aux caractéristiques de profondeur du milieu concerné. Si la viscosité

initiale du produit n'est pas trop élevée, le produit peut être dispersé dans la mer (la limite généralement acceptée est de 2000 cSt, la limite d'eau est de 1 cSt). L'huile Amoco Cadiz avait une viscosité initiale suffisamment faible (10 cSt) pour être dispersible, contrairement à l'huile lourde Erica (> 2000 cSt). Le temps de traitement des sols dispersants est très limité. En effet, le processus d'émulsification de l'huile forme une émulsion (jusqu'à 80% d'eau), ce qui augmente considérablement la viscosité (> 10 000 cSt pour l'huile d'émulsion Amoco Cadiz). La troisième limite à prendre en compte lors de l'utilisation de produits décentralisés et la fenêtre d'exploitation est la surveillance superficielle de la zone de traitement.

Si la profondeur est trop faible, la diffusion des hydrocarbures dans la colonne d'eau sera insuffisante et la concentration pourra être toxique pour les espèces pélagiques. Initialement, les dispersants étaient interdits dans les zones côtières à moins de 50 mètres de profondeur. Actuellement, les cartes d'exclusion de la diffusion des dispersants sont basées sur des études peu profondes et des déversements d'hydrocarbures (1, 10 ou 100 tonnes et plus). (*Marchand, 2003*)

1-1-2-6- La dispersion :

Il y a une option qui a été privilégiée par les responsables de la lutte contre les marées noires au cours des trois dernières décennies : c'est distribué.

Le principe est le suivant : grâce à l'utilisation de tensioactifs et au mouvement naturel de la mer, on tente de faire flotter les polluants dans la colonne d'eau. L'important n'est pas de cacher la pollution, mais de sauver le rivage en soustrayant la pollution à l'action du vent qui y est impitoyablement transporté s'il reste en surface. De plus, la mise en suspension des polluants sous forme de fines gouttelettes augmente significativement la surface d'échange eau-huile, accélérant la dégradation des polluants dans le milieu naturel. (*François, 2009*)

+ Difficultés et limites de la technique de dispersion en mer :

En effet, l'utilisation de dispersants peut présenter un risque pour le milieu marin.

En transformant le pétrole flottant à la surface en un grand nombre de fines gouttelettes de pétrole dispersées dans la colonne d'eau, il favorise le contact entre les organismes marins (organismes qui habitent l'eau de mer) et le pétrole. En effet, la dispersion augmente la toxicité de l'huile. Cet effet ne s'atténue que lorsque les mouvements naturels de l'océan (flux et turbulence) sont bien dispersés et que les gouttelettes d'hydrocarbures dispersées sont "diluées".

CHAPITRE IV : LES PROCÉDES DE DEPOLLUTION DE LA MAREE NOIRE

Par conséquent, la propagation n'est pas applicable dans les zones côtières ou écologiquement sensibles et lorsque les conditions de dilution sont inadéquates (pas de mouvement, faible profondeur, etc.)

De plus, les techniques de dispersion ne sont pas faciles à mettre en œuvre et leurs performances dépendent de la qualité de l'huile. Les propriétés physiques et chimiques des huiles dépendent de leur origine. Par exemple, plus l'huile est lourde, plus elle est difficile à disperser. De plus, le pétrole qui s'est déversé dans la mer vieillit et sa composition change. Les parties les plus légères s'évaporent et deviennent progressivement plus lourdes. Cela rend plus difficile de travailler de manière distribuée dans le temps. Par conséquent, il est souvent possible de se disperser au début de la contamination, mais les huiles fraîches peuvent ne pas être en mesure de se disperser immédiatement après des heures ou des jours. La "fenêtre de propagation" fait également référence à la période pendant laquelle aucune huile particulière n'est nécessaire dans certaines conditions environnementales (vent, température).

Enfin, d'un point de vue pratique, la variance est une technique délicate. Des quantités appropriées de dispersant pulvérisées sur des boues d'hydrocarbures pétroliers plus ou moins séparées dans des conditions difficiles (vent, conditions de mer) doivent être appliquées correctement, mais doivent être rapides, en particulier le contrôle. Cette étape est destinée à être effectuée avant que l'huile ne devienne résistante au traitement. (François, 2009)

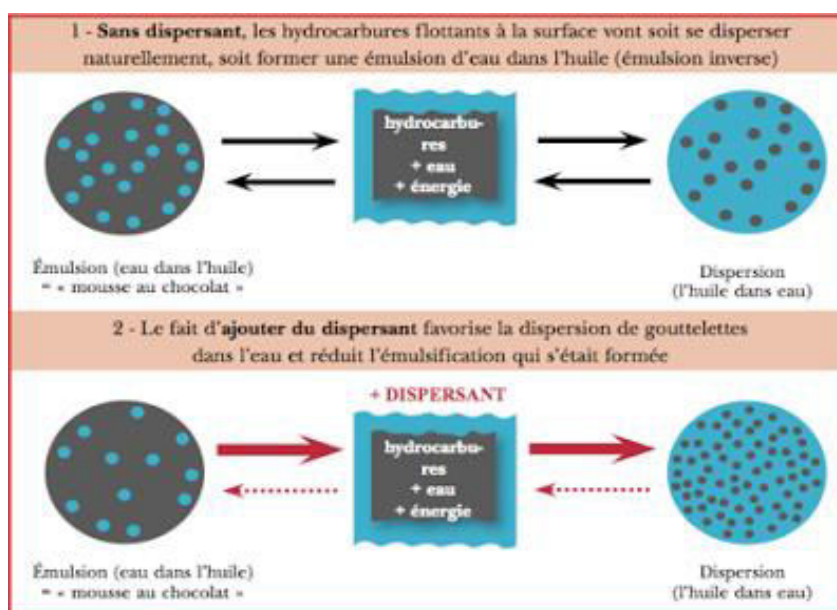


Figure 46 : Gouttelettes (d'eau + pétrole) avant et après l'ajout des dispersant

1-1-2-7- Suivre et ne rien faire :

Une autre option est de ne rien faire. Par conséquent, décidez s'il n'y a pas d'autres solutions. (François, 2009)

2- Nouvelles techniques de dépollution :

2-1- Utilisation de produits plus efficaces :

Depuis la malheureuse expérience du Torrey Canyon, les chimistes ont amélioré à la fois les produits et les façons de les mettre en œuvre. Aujourd'hui, on est passé à des dispersants de « troisième génération », sans solvants aromatiques et plus concentrés en tensioactifs.

Ces produits sont maintenant contrôlés et sélectionnés au travers de tests de laboratoire normalisés pour être plus performants, efficaces et également moins toxiques. Toutefois, ces procédures d'essais diffèrent d'un pays à l'autre. (François, 2009)

2-2- Des techniques d'application performantes :

Par l'amélioration des conditions d'application et de déploiement depuis les navires et les avions (équipements, logistique).

Les avions et les hélicoptères peuvent traiter rapidement de grandes surfaces, quelles que soient les conditions de mer, mais il y a toujours une perte de produits pulvérisés à une certaine hauteur (10-30 mètres). Le développement de la technologie de pulvérisation aérienne a été réalisé grâce à des essais au sol où la pulvérisation à partir d'un avion ou d'un hélicoptère a été quantifiée à la fois à la vitesse de traitement (litres / hectares), à la taille de la pulvérisation et aux gouttelettes (taille optimale 700 µm)

Les améliorations apportées à la combinaison des performances du produit, des épandeurs et des méthodes de montage ont permis de réduire le dosage du produit utilisé. La taille actuelle de cette quantité est de 5% de la masse d'huile traitée. On utilise l'avion Hercules C130, capable de déployer 20 tonnes de dispersant.

Les avions sont moins réactifs, tandis que les navires sont plus précis (la dose de dispersant peut être ajustée en ajustant la vitesse et la vitesse en fonction de l'épaisseur de la nappe d'hydrocarbures à traiter). Ils offrent également l'avantage que la vague d'étrave fournit le mouvement nécessaire pour amorcer la dispersion et favorise ainsi la propagation de la nappe de pétrole. (François, 2009)



Figure 47 : La lutte de la marée noire (utilisation des avions et des hélicoptères) pour pulvériser les dispersants

2-3- Des procédures d'intervention :

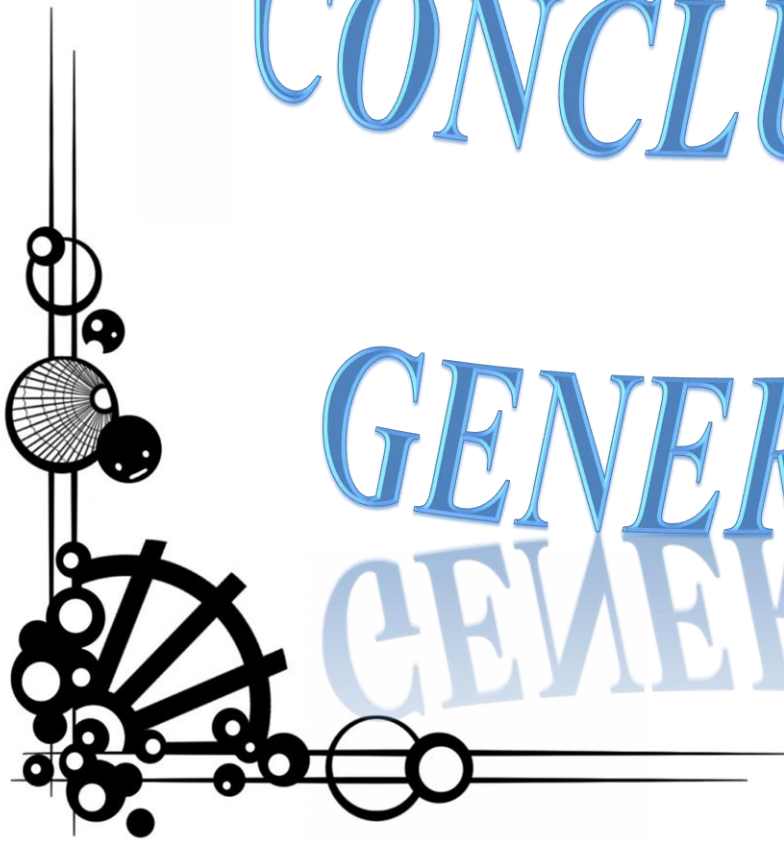
La procédure de traitement est établie compte tenu de la direction du vent (qui peut affecter la pulvérisation), il nous indique la zone où l'application de dispersant doit être concentrée.

Ces méthodes fournissent également des conseils pour les grains glissants. Celui-ci distingue plus ou moins les nappes à traiter que si le niveau d'eau est trop bas. Ce guidage par des avions volant à des altitudes plus élevées permet de mieux diriger le produit dispersif vers la zone à traiter. (*François, 2009*)

CONCLUSION

GENERALE

GENERALE



CONCLUSION GENERALE :

Le développement du commerce international du pétrole brut et des produits raffinés au cours des deux dernières décennies a entraîné une augmentation des mouvements maritimes de cargaisons pétrolières et un risque accru d'accidents pour les transporteurs pétroliers.

Des accidents se sont produits pendant ces derniers temps et la marée noire qui en a résulté a rendu célèbres des navires tels que « TORREY CANYON », « TANIO », « AMOCO CADIZ », « EXXON VALDEZ » et « DEEPWATER HORIZON »...etc.

Sur la base de tout ce dont nous avons discuté dans les chapitres précédents, nous avons conclu que les conséquences de la marée noire sont très graves, surtout leurs effets sur la faune floristique et faunistiques sans oublier bien sûr les autres conséquences.

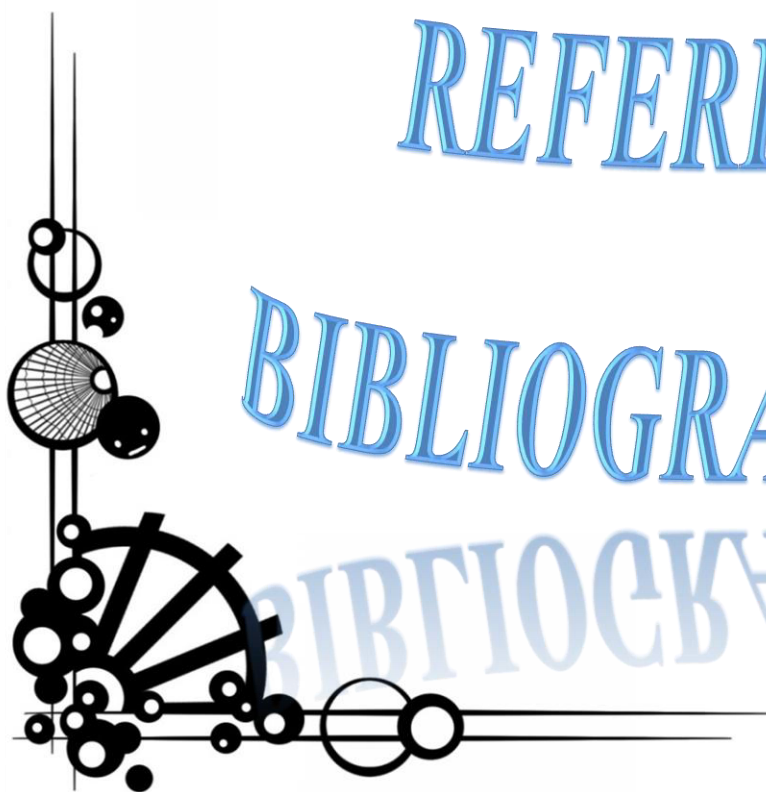
Et malgré toutes les méthodes utilisées et les méthodes avancées, et les moyens de lutte pour réduire les déversements d'hydrocarbures, en plus des conventions internationales et des commissions mais le contrôle total de la marée noire reste presque impossible.

Le seul moyen d'éviter les marées noires est 'la prévention' c'est : contrôler l'état des pétroliers et empêcher les navires en mauvais état de prendre la mer.

Il est également possible de transporter le pétrole autrement que par des bateaux, par oléoduc ou pipelines sur la terre ou sous l'eau ; mais cette solution coûte chère.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES



LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

A

01- Anonyme., 1999 -most spills near Gulf, most spillages inland, most was acid. Hazardous, Substances Spill Report, vol II (8), April 1999.

B

02- Baillache. J, Duclaux. X ,1974- Les pétroliers à ballast séparés. Editions Nouveautés techniques maritimes. 92 pages

03- Bauquis, P.-R., E. Bauquis, and H. Reeves., 2003- Comprendre l'avenir: pétrole et gaz naturel, Hirlé 2003.

04- Bertrand A., 1981 -"La banque de données de l'Institut Français du Pétrole (1955- 1980)". Revu. Inst. Franc. Du Pétrole, 36, ~, 229-239pages

D

05- DECC., 2011- Guidance Notes Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations and Pipelines under the Petroleum Act 1998. Produced by Offshore Decommissioning Unit Department of Energy and Climate Change. Version 6, March 2011

06- Djerbaoui Amina Nesrine., 2011- Utilisation de souches bactériennes autochtones dans la production de bio surfactant et la bio remédiation des sols de Hassi Messaoud contaminent par les hydrocarbures.

E

07- EPA., 2013a -Types of oil. In EPA. (Page consultée le 4 janvier 2014).

F

08- Farah, M. M., & Abdelaziz., 2011, M. S. 2 en management Faculté des sciences économiques, des sciences de gestion, et des sciences Commerciales - « Les instruments financiers de protection de l'environnement contre les pollutions en Algérie: Cas de la pollution marine par les hydrocarbures » ; 204 pages

09- Fingas, M., 2013- The basics of oil spill cleanup. Troisième édition, Boca Raton. CRC Press, 266 pages

10- Fisher U.S- Wildlife Service, 2004- Effects of Oil Spills on Wildlife and Habitat. (Page consulté le 4 mars 2014).

11- François-Xavier Merlin., 2009- La chimie et la mer « La lutte physico-chimique contre les marées noires : trente ans d'expérience » EDP Sciences, 2009, ISBN : 978-2-7598-0426-9, .165pages

G

12- Genivar. ,2013 - *Évaluation environnementale stratégique des bassins de la baie des chaleurs, d'Anticosti et de Madeleine (EES2). In Portail Québec. (Page consultée le 6 janvier 2014).*

13- Goeury D., 2014- *"La pollution marine", in Woessner Raymond, Mers et océans, Paris : Atlante, Clefs concours*

H

14- Hadjarab ., 2011-2012 - *Cours de 4ème année ingénieur - Raffinage 1-, Institut National des Hydrocarbures (INH) Boumerdes 2011-2012*

I

15- IPIECA. (2004). *Manuel de planification de la prise en charge de la faune polluée. In IPIECA. (Page consultée le 13 janvier 2014).*

16- ITOPF (« *International Tanker Owners Pollution Federation* »)

17 ITOPF ; *guide d'informations techniques - l'effet de la pollution par les hydrocarbures sur l'environnement ; 12 pages*

18- ITOPF., 2013a - *Effets de la pollution par les hydrocarbures sur l'environnement. In ITOPF. Ects of oil Pollution on the Environment.pdf. (Page consultée le 16 janvier 2014).*

J

19- Jacobsson, M., 1987 - *The notion of "pollution damage," with particular regard to damage to the marine environment. In International Oil Spill Conference (Vol. 1987, No. 1, pp. 555-557). American Petroleum Institute.*

20- Jean-Claude Van Duysen., 2008 - *Le développement durable, Paris, le Harmattan, 1er mars 2008, 173 p. (ISBN 978-2-296-05248-2),.56pages*

21- Jean-Daniel Troyat. , 2006 - *« Pollution par hydrocarbures et transport maritime », (consulté le 2 novembre 2011)*

22- Jean-Daniel Troyat., 2004 - *« Pollution par hydrocarbures et transport maritime », Association française des capitaines de navires, 2004 (consulté le 27 novembre 2010)*

23- Johansson, S., Larsson, V., Boehm, P., 1980 - *The TSEIS oil spill: impact on the pelage ecosystem.*

L

24- Lee R.F., 1977- *Accumulation and turnover of petroleum hydrocarbons in marine organisms. In: "Fate and effects of petroleum hydrocarbons in marine ecosystems and organisms."Ed: D.A. WOLFE, pergamon Press Oxford 60-70pages*

M

- 25- Marchand, M., 2003 - *les pollutions marines accidentelles. Au-delà du pétrole brut, les produits chimiques et autres déversements en mer Ifremer, Centre de Nantes, Département « Bio géochimie et Eco toxicologie » Rue de l'Ile d'Yeu, 44311 – Nantes Cedex 20pages*
- 26- Marchand, M., 2002- *Chemical spills at sea: case studies. In: The Hand book of Hazardous Materials Spills Technology, ed. M. Fingas, M.C. Grow-Hill, chap 43.*
- 27- Metcalf ET Eddy, *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4^eéd. New York, McGraw-Hill, 2003, 98pages.*

O

- 28- OMI (Organisation maritime internationale) 2018- *Classification des tankers par taille, AIE*

R

- 29- Rami Ben Rabah, Esteban Postel et IliasEzzyani., 2016 - *Les-Marees-Noires_compressed-4pages*
- 30- Romer H., H. Palle & P.H.J. Styhr., 1998 - *Exploring environmental effects of accidents during marine transport of dangerous goods by use of accident descriptions. Environmental Management, 20(5): 753-766pages*

S

- 31- Saliot, A., 1981- *Natural hydrocarbons in sea water. In: Duursma, E.K. and Dawson, R. (Eds.), Marine organic chemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 327-374*
- 32- Siungchang A., 1997- *A review of marine pollution issues in the Caribbean. Environmental Geochemistry and health 19, 45-55pages*
- 33- Soltani., 2004
- 34- Steen, A. Fritz, D. E., Stubblefield, W. et Giddings, J.,1999 - *Environmental Effects of Freshwater Oil Spills.(Page consulted le 10 janvier 2014).*
- 35- Stéphane Sainson., 2007 - *Inspection en ligne des pipelines, Principes et méthodes. Ed. Lavoisier*
- 36- Stéphane Sainson., 2010 - *Les diagraphies de corrosion : acquisition et interprétation des données. Ed. Lavoisier*
- 37- Syakti A.D., 2004 - *Biotransformation des hydrocarbures pétroliers et effets sur les acides gras phospholipidiques de bactéries hydrocarbonoclastes marines. Thèse de doctorat, Université de Droit, d'Economie et des Sciences (Aix Marseille III), Marseille, France pp*

T

- 38- Tissot, B.P. and Welte, D.H., 1984 - *Petroleum formation and occurrence.*

U

39- *UTB Chalon – Géopolitique Alain REGNIER Présentation du 09 Mars 2020 ; 16pages*

V

40- *Vacelet, E., Le Campion, T., Plante, M.R., 1981- Influence de la pollution due à l'AMOCO CADIZ sur les peuplements bactériens et microphytes des marais maritimes de l'Ile Grande. Rapport CNEXO, 1981, pp. 415-427s*

WEBOGRAPHIE :

41- (1) : *Univers nature 16 octobre 2011 Les effets des déversements d'hydrocarbures sur la faune maritime*

42- (2) : « *Golfe du Mexique : 17 000 litres de pétrole s'échappent chaque jour d'une plate-forme depuis quinze ans* », *Le Monde*, 26 juin 2019, consulté le 26 juin 2019) <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/pollution-lutter-maree-noire-1114>

Résumé:

La demande croissante de l'énergie fossile dans le monde exige des moyens de transport de plus en plus volumineux pour l'acheminement du pétrole par la voie marine. Cela a une conséquence sur l'environnement. La marée noire est l'une des pollutions qui a un effet néfaste sur l'environnement marin.

Dans ce mémoire nous faisons un bilan des marées noires dans le monde et leur impact environnementales. Nous citons les causes de la marée noire et aussi les différentes méthodes expérimentées pour éradiquer cette marée noire. Ceci après avoir passé en revue l'effet négatif de la marée noire sur la faune et la flore.

Mots clés : Marée noire, Hydrocarbures, Offshore, Navire pétrolier, Faune, Flore, Moyens de lutte.

Abstract:

The growing demand for fossil energy in the world requires more and more voluminous means of transport for the transport of oil by sea. This has an impact on the environment. The oil spill is one of the pollutions that have a detrimental effect on the marine environment.

In this thesis we make an assessment of oil spills in the world and their environmental impact. We cite the causes of the oil spill and also the different methods tested to eradicate this oil spill. This after reviewing the negative effect of the oil spill on the fauna and flora.

Keywords: Oil spill, Hydrocarbons, Offshore, Oil tanker, Fauna, Flora, Response methods.

ملخص:

يؤدي الطلب المتزايد على الطاقة الأحفورية في العالم الى استعمال المزيد من وسائل النقل الضخمة لنقل النفط عن طريق البحر, هذا له تأثير على المحيط, حيث يعتبر التسرب النفطي من الملوثات التي لها تأثير مضر على البيئة البحرية.

في هذه الرسالة نقوم بعمل تقييم لتسربات النفط في العالم وتأثيرها على البيئة. حيث يهدف بحثنا الى ذكر اهم أسباب التسرب النفطي وكذلك الطرق المختلفة التي جربت للقضاء على هذا الانسكاب البترولي, وذلك بعد مراجعة التأثير السلبي للتسرب النفطي على الكائنات الحية والنباتات.

الكلمات المفتاحية: تسرب النفط ، الهيدروكربونات ، استكشاف النفط البحري ، ناقلة النفط ، الكائنات الحية، النباتات ، طرق القضاء على التسرب النفطي .