



**UNIVERSITÉ DE  
MONTPELLIER**



**FACULTÉ DES SCIENCES  
DE MONTPELLIER**

***Diplôme d'Université Restauration Écologique des petits  
fonds marins côtiers***

**Quelles solutions de restauration des écosystèmes  
littoraux après des marées noires ?**



**Mémoire étude de cas  
Année 2024**

**Réalisé par : Hortense Wacogne Daquin  
Tuteur : Philippe Lenfant**

## **Remerciements**

Je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe pédagogique pour m'avoir donné l'opportunité de participer à ce Diplôme Universitaire et pour le temps qui nous a été accordé pour échanger autour de leurs projets.

Je tiens également à remercier les autres participants de la formation pour la convivialité et les discussions autour de leurs parcours différents. Ces discussions m'ont réellement permis de comprendre la complexité du monde de la restauration écologique des fonds méditerranéen, plus particulièrement de l'herbier de posidonie.

Je souhaite également remercier Philippe Lenfant pour son aide pour la rédaction de ce rapport et pour sa disponibilité.

Je remercie aussi Pierre Boissery pour les différents renseignements et contacts fournis pour la restauration écologique des rivières et zones humides.

## **Résumé**

Depuis les années 60, le trafic maritime mondial n'a fait qu'augmenter sur les mers et océans. Ce trafic induit le risque d'accidents ou de rejets volontaires d'hydrocarbures en mer. C'est avec l'échouage du pétrolier Torrey Canyon au large des côtes britanniques, en mars 1967, que les premières marées noires d'origine humaine débiteront.

Pour lutter contre ces marées noires ainsi que leurs effets néfastes pour l'environnement que différentes techniques de lutttes ont été imaginées en partant de la source du déversement d'hydrocarbures à l'arrivée de nappes de pétrole ou de boulettes sur le littoral.

Selon les milieux touchés, les techniques vont être différentes, prenant en compte la fragilité du milieu et l'impact d'une intervention lourde. La restauration des milieux va passer par des techniques chimiques, qui vont venir disperser les nappes de pétrole ou absorber les composants huileux, mais également par des techniques mécaniques, avec le retrait de boulettes de pétroles ainsi que de le réensemencement des crustacés (méthode de restauration en étude).

Pour lutter efficacement contre les marées noires, il faut d'abord assurer une meilleure gestion des navires autorisés à naviguer, limiter les fraudes des grands groupes pétroliers passant par de nombreux sous-traitants étrangers mais également instaurer de lourdes sanctions en cas de déversements d'hydrocarbures.

Bien que les marées noires historiques soient accidentelles, les déversements pétroliers par dégazage peuvent également être source de marées noires.

L'exemple des côtes bretonnes illustre parfaitement les origines des marées noires ainsi que les problèmes générés par ces dernières. Le littoral breton est un axe maritime primordial, avec 20% du trafic mondial, néanmoins depuis les années 70 plus d'une dizaine d'épisodes de marées noires ont été répertorié sur les côtes bretonnes, qui subissent toujours aujourd'hui d'importants déversements d'hydrocarbures au large, engluant plus de 200 oiseaux chaque année.

Il faut donc réduire les pressions subis par l'environnement (les marées noires) pour espérer restaurer les sites efficacement.

Mots clefs : Marées noires, impacts écologique, législation, restauration écologique, réduction des impacts

# **Table des matières**

<b>Remerciements</b>	<b>2</b>
<b>Résumé</b>	<b>3</b>
<b>Table des figures</b>	<b>5</b>
<b>Table des tableaux</b>	<b>5</b>
<b>Introduction</b>	<b>6</b>
<b>I - Etat de l'art des marées noires</b>	<b>8</b>
A - Explication sur l'origine des marées noires	8
B - Impacts écologiques, économiques et sanitaires	10
1 - Explication sur le phénomène de marées noires	10
2 - Les conséquences écologiques	13
3 - Les conséquences économiques et sanitaires	16
C - Historique des grandes marées noires à travers le monde	17
<b>II - Les solutions de réduction des impacts des marées noires</b>	<b>21</b>
A - La législation encadrant les marées noires	21
B - Les techniques "mécaniques" et "chimiques" de lutte contre les marées noires.	23
C - Les nouvelles techniques en développement	29
<b>III - Discussion</b>	<b>32</b>
A - Les limites auxquelles font face les solutions	32
B - La réaction du grand public	33
C- La survie des espèces après une marée noire	35
<b>Conclusion</b>	<b>37</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>38</b>
Sitographie	39
<b>Annexes</b>	<b>42</b>

## **Table des figures**

Figure n°1 : Schéma représentant les pourcentages des raisons d'une marée noire

Source : Site Mieux comprendre, CEDRE

Figure n°2 : Schéma des phénomènes physico-chimiques se produisant lors d'une marée noire.

Source : Site Mieux comprendre, CEDRE

Figure n°3 : Photographie d'une "mousse au chocolat" à la suite d'une marée noire.

Source : Photographie prise par le CEDRE, 2009.

Figure n°4 : Schéma représentant la sensibilité des espaces littoraux face à une marée noire

Source : Schéma créé par le CEDRE, données utilisées du travail d'O'Sullivan A.J et Jacques T.G, *Systèmes de références d'impacts*, 2001.

Figure n°5 : Autocollant du Comité Anti-Marées Noires

Source : Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe (EHNE)

## **Table des tableaux**

Tableau n°1 : Les effets des marées noires sur les organismes vivants, entre engluement et entrée dans les organismes, quelles réactions ?

Source : GARDAIX.J, 2005

Tableau n°2 : Tableau reprenant les 11 grandes marées noires ainsi que leurs conséquences majeures.

Source : CEDRE, Vigipol et David Goeury (2014)

## **Table des annexes**

Annexe n°1 : Des boulettes de pétrole sur la plage de Ramatuelle, dans le golfe de Saint-Tropez, le 16 octobre 2018

Source : AFP, Gérard Julien

Annexe n°2 : Schéma des effets de la concentration des hydrocarbures ( en mg/L) sur les organismes marines

Source : Schéma créé par le CEDRE avec les données issues de Hyland J.L, SCHNEIDER E.D, *Petroleum hydrocarbons and their effects on marine organisms, populations, communities and ecosystems*, 2007

Annexe n°3 : Exemples d'engluements par des nappes d'hydrocarbures de la faune.

Source : 1ère photographie, prise par la LPO en 2003 lors de la catastrophe du Prestige. 2ème photographie, prise lors de la marée noire créée à la suite de l'explosion de la plateforme offshore DeepWater Horizon, juin 2010 par le journal local Reuters.

Annexe n°4 : Carte des principales marées noires dans le monde depuis 1967

Source : le site Articque

# **Introduction**

## ***Contexte***

Recouvrant près de 70% de la surface du globe, les mers et océans représentent d'importants réservoirs de biodiversité dans le monde.

Néanmoins, ces espaces sont soumis à une exploitation intense de la part des activités anthropiques qui dégradent et déstabilisent ainsi les systèmes écosystémiques des milieux.

En voici quelques exemples pressions et dégradations sur les milieux marins :

- La pollution : Il existe plusieurs types de pollution souvent transportées par les cours d'eau comme les déchets plastiques et toxiques, les produits chimiques comme les PFAS ou encore les sulfates utilisés dans les engrais, les eaux souillées ou encore les déballastages.

- La surpêche : les pratiques de pêche non durables (le chalutage par exemple) ont épuisé les stocks halieutiques à l'image des populations de merlus dans le cas de la Mer Méditerranée.

- Le changement climatique : Causé par la hausse des émissions de gaz à effet de serres rejetés par les activités anthropiques, le changement climatique entraîne divers effets néfastes pour l'environnement avec une hausse des températures des eaux marines, une acidification des océans ainsi qu'une montée du niveau marin (avec une hausse du niveau moyen des océans de 20 centimètres entre 1981 et 2018 d'après la NASA).

- La destruction des habitats : Intimement liés aux pressions énoncés précédemment, les causes des destructions des habitats peuvent être multiple avec le passage de chaluts qui vont racler les fonds marins, l'ancrage des navires de plaisances dans les herbiers (lieu de reproduction, nurseries et d'alimentation de nombreuses espèces), l'urbanisation des espaces en front de mers (dunes, marais littoraux, mangroves ou encore les lidos) pour le tourisme par exemple, ainsi que le blanchissement des coraux causés par la hausse des températures des eaux. Il existe encore bien d'autres exemples de destruction d'habitats, il s'agit ici d'une simple liste exhaustive.

D'autres pressions sur les écosystèmes marins sont également à mettre en cause dans leurs dégradations avec par exemple l'exploitation des ressources des fonds marins et l'augmentation du flux de navires sur les axes maritimes.

En effet, ces deux activités ont connu un essor fulgurant grâce à la mondialisation et la hausse de la demande en hydrocarbures et en marchandises.

Pour donner un ordre d'idée, en 1990, le transit de marchandises (*vrac liquide comme les hydrocarbures, le vrac solide avec les céréales ou encore les conteneurs*) représentait approximativement 4 000 millions de tonnes, en 2021, ce nombre est passé à environ 11 000 millions de tonnes (d'après la Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement).

Néanmoins, le développement massif du transport de marchandises et la croissance de l'industrie pétrolière dans les fonds marins (plateforme offshore) comportent des risques sanitaires et environnementaux, plus particulièrement le risque de marée noire.

Une marée noire est un déversement de produits hydrocarbures localisé et brutal, dépassant ce que le milieu marin est capable d'assimiler de manière naturelle et dont l'excès forme une nappe poussé par le vent vers les côtes (d'après l'Encyclopédie LaRousse et le CEDRE).

L'impact de ces marées noires sur les écosystèmes est partiellement connu depuis les années 80, cependant, la prise en compte de la restauration des habitats est quant à elle bien moins étudiée.

Ainsi ce mémoire vise à répondre à une question : Quelles sont les solutions de restauration des écosystèmes littoraux existantes ?

### ***Objectifs***

Pour répondre à cette question, il faut tout d'abord comprendre le phénomène des marées noires et ses impacts sur les écosystèmes à travers l'étude de cas des différentes catastrophes qui ont marqué les 50 dernières années.

Ensuite, nous étudierons les différentes techniques et les avancées dans le domaine de la restauration des écosystèmes ayant subi une marée noire.

Pour terminer, une discussion autour des limites de ces restaurations et de l'avenir des espaces contaminés par les marées noires.

# I - Etat de l'art des marées noires

## **A - Explication sur l'origine des marées noires**

Il est important de préciser que dans ce rapport, nous étudions les marées noires, qui est donc un déversement **brutal** et **localisé** d'hydrocarbures (pétrole brut, produits raffinés, ...).

Néanmoins, il est important de mentionner qu'il existe 4 grands types de pollutions par hydrocarbures qui se retrouvent en mer :

- la pollution tellurique, industrielle ou domestique, qui représente 70%\* des rejets d'hydrocarbures se retrouvant en mer, généralement transportés par les cours d'eau.

- la pollution dite " naturelle " provenant de fissures des fonds marins, laissant échapper environ 10%\* des apports annuels d'hydrocarbures dans les milieux marins.

- la pollution des activités d'extraction pétrolière off-shore avec 10%\* des émissions d'hydrocarbures dans les mers et océans.

- la pollution de navigation des navires qui elle aussi représente 10%\* des rejets d'hydrocarbures dans l'espace maritime.

\* Les statistiques ici données datent des années 2000, d'après un rapport du CEDRE, elles sont donc à relativiser.

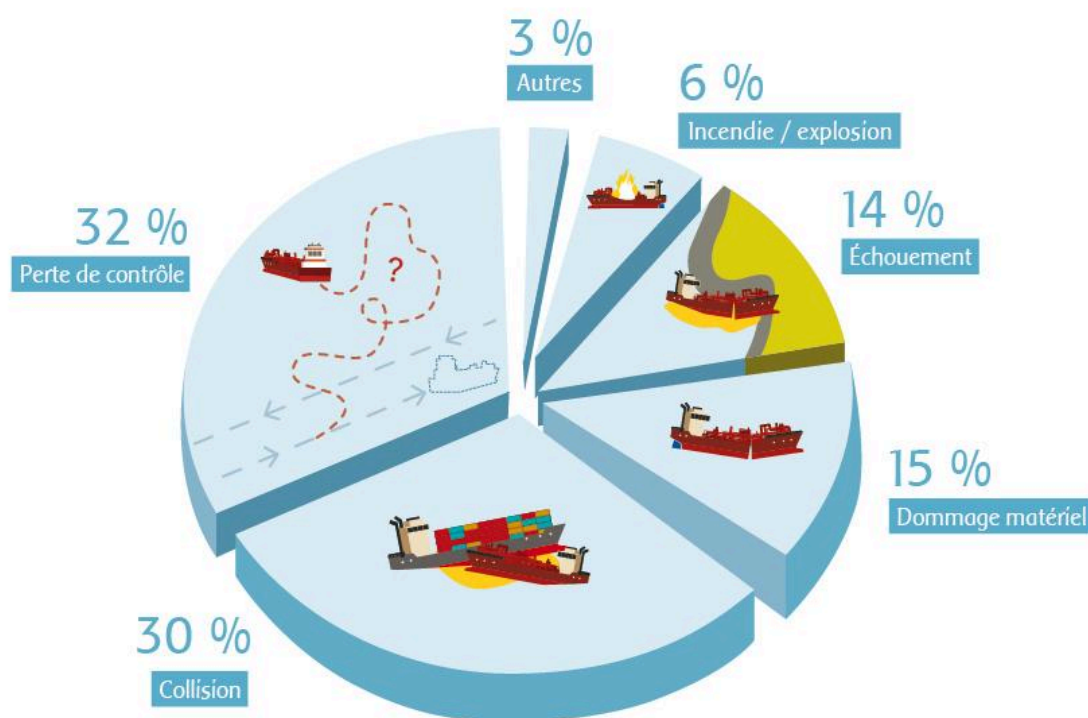
Le caractère soudain et localisé des marées noires ne prend donc en compte que les deux dernières pollutions qui sont l'exploitation pétrolière off-shore et la navigation des navires.

Les marées noires ont différentes origines, elles peuvent survenir lors :

- d'événements maritimes :
  - un accident sur une plateforme pétrolière avec l'installation de forage (exemple avec l'explosion de la plateforme DeepWater Horizon - 2010)
  - un naufrage d'un navire pétrolier ou d'un cargo causé par des intempéries ou par un incident à bord
  - une collision entre deux navires (par exemple la collision entre deux super-pétroliers l'Atlantic Empress et l' Aegean Captain - 1979)
  - Rejets volontaires d'un navire lors d'un **dégazage** ou d'un **déballastage (illégal)**.
  
- d'événements terrestres à proximité du littoral :
  - un accident de transport de l'hydrocarbure (Fuite de pétrole d'un oléoduc en Russie - 1994)
  - conflits armées entraînant des bombardements ou le sabotage de réservoirs d'hydrocarbures (Liban - 2006 / Koweït - 1991)



- un accident industriel en bord de mer avec les dépôts pétroliers



*Figure n°1* : Schéma représentant les pourcentages des raisons d'une marée noire

Source : Site Mieux comprendre, CEDRE

Définition des termes dégazage et déballastage :

Le dégazage est le fait d'évacuer les gaz contenus dans les cuves de transports d'hydrocarbures en diluant les gaz puis ventiler et rincer les cuves avec de l'eau. Contrairement au dégazage, le déballastage consiste à remplir les ballasts d'eau de mer puis à évacuer cette eau chargée en hydrocarbure directement

Contrairement au déballastage qui lui a consisté à remplir les ballasts d'eau de mer puis à évacuer l'eau dans le but de nettoyer les cuves.

Environ un million de tonnes de pétrole est ainsi retrouvé dans les océans chaque année de part ces deux pratiques.

Ainsi nous avons pu identifier les principales causes de marées noires.

Néanmoins, dans certains cas, ces événements se produisent avec une succession d'éléments menant à ces catastrophes.

D'après le Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (CEDRE) et les données statistiques des assurances, près de 80% des accidents de pétroliers causant des marées noires résultent d'erreurs humaines : un défaut de la structure ou d'entretien négligé du navire pouvant entraîner une fissure dans la coque ou une défaillance en salle des machines, manoeuvre mal exécutée entraînant une collision ou un échouage, contrôle défectueux, incompréhension entre les membres d'équipage, fatigue due à de longues périodes en mer, le manque de formation ou encore la réponse inadéquate à un incident mineur se dégradant en accident.

Cependant, il faut prendre en considération que ces statistiques rejettent la faute sur des équipages, alors que les armateurs et les groupes gérant les navires pétroliers ont généralement une optique d'économies en prenant par exemple des bateaux en battant un pavillon de complaisance (Malte, Panama, Vanuatu,..) ce qui permet de profiter d'avantages : en réduisant leurs responsabilités en cas d'accident ou encore de lancer des équipages sur des bateaux qui seraient classés comme épave par certains pays où la législation est plus stricte.

## ***B - Impacts écologiques, économiques et sanitaires***

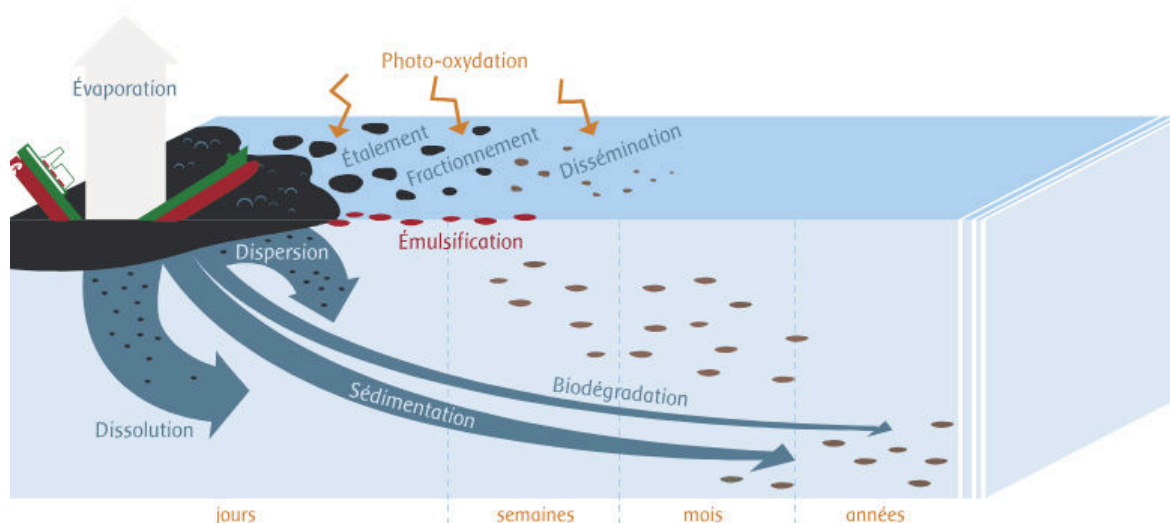
Réelles traumatismes pour les régions touchées, les marées noires sont de véritables catastrophes pour la biodiversité ainsi que pour les activités anthropiques. Ici, nous allons décliner les effets néfastes sous trois grandes catégories : l'écologie, l'économie et les impacts sanitaires.

### **1 - Explication sur le phénomène de marées noires**

Pour comprendre les effets néfastes sur l'écosystème marin, il faut d'abord expliquer le processus de dispersion des nappes de pétrole.

Le pétrole est composé d'un mélange de milliers de molécules d'hydrocarbures qui sont plus légers en termes de masse que l'eau et en majorité insolubles.

Lors de déversements en grandes quantités de produits pétroliers en mer, ces derniers vont flotter à la surface de l'eau et former une sorte de film huileux en s'étalant en couches plus ou moins épaisses qui peuvent varier entre plusieurs millimètres de hauteur. A titre d'indication, un litre de pétrole peut couvrir une surface égale à la moitié d'un terrain de foot (Walker J. et Malwet D-P, 1995).



**Figure n°2** : Schéma des phénomènes physico-chimiques se produisant lors d'un marée noire.

Source : Site Mieux comprendre, CEDRE

Se trouve ci-dessus, un schéma du CEDRE, illustrant les différents processus naturels ayant cours lors d'une marée noire. En effet, comme illustré dans la figure n°2, plusieurs processus naturels vont intervenir dans le devenir de la marée noire. Ces processus naturels vont tour à tour casser les molécules d'hydrocarbures et faire disparaître au fur et à mesure du temps, la pollution.

Tout d'abord, suite à l'étalement du film huileux, le mouvement de l'eau (houle) va venir casser le film en nappes (séparation du film huileux) puis en gouttelettes qui se dispersent sur les premiers mètres de la colonne d'eau. En fonction de la houle et l'épaisseur du film huileux, ce processus de dispersion peut prendre de quelques heures à quelques semaines.

Un autre processus lié à la houle va se mettre en place : l'émulsification entre l'eau et "l'huile pétrolière". Selon la viscosité du pétrole et les conditions météorologiques (vents forts, pluie, ...), la houle va venir brasser les nappes de pétrole et incorporer de l'eau au pétrole en quelques heures ou jours.

Cette incorporation de l'eau au polluant va ainsi augmenter de manière considérable le volume de polluant à récupérer.

Ce phénomène d'émulsification s'appelle la "mousse au chocolat" de part son aspect (figure n°3).



*Figure n°3*: Photographie d'une "mousse au chocolat" à la suite d'une marée noire.

Source : CEDRE, 2009.

Cette mousse au chocolat va se dissoudre et subir une dégradation chimique pour se transformer quelques semaines plus tard en boulettes de pétrole (annexe n°1) qui se retrouvent sur les plages.

L'évaporation va quant à elle affecter les composés volatils gazeux comme le méthane, le propane ou le butane ainsi que les solvants présents dans le pétrole. A noter que plus les températures sont élevées alliés à un vent assez fort, l'évaporation des gaz sera plus rapide. Cette évaporation des gaz intervient quelques heures après le déversement des hydrocarbures, jusqu'à la moitié du volume déversé peut partir dans l'atmosphère sous forme d'aérosols ou de gaz. Néanmoins, ce processus d'évaporation n'est pas sans risque. La disparition des gaz tend à rendre les masses d'hydrocarbures beaucoup plus denses. La dispersion des gaz dans l'atmosphère peut également engendrer une pollution atmosphérique. Il est important de noter que l'évaporation va être plus ou moins importante en fonction de la légèreté des produits pétroliers, allant de 10% d'évaporation du déversement en mer pour du fioul lourd à 40% pour du pétrole brut (chiffres du CEDRE.)

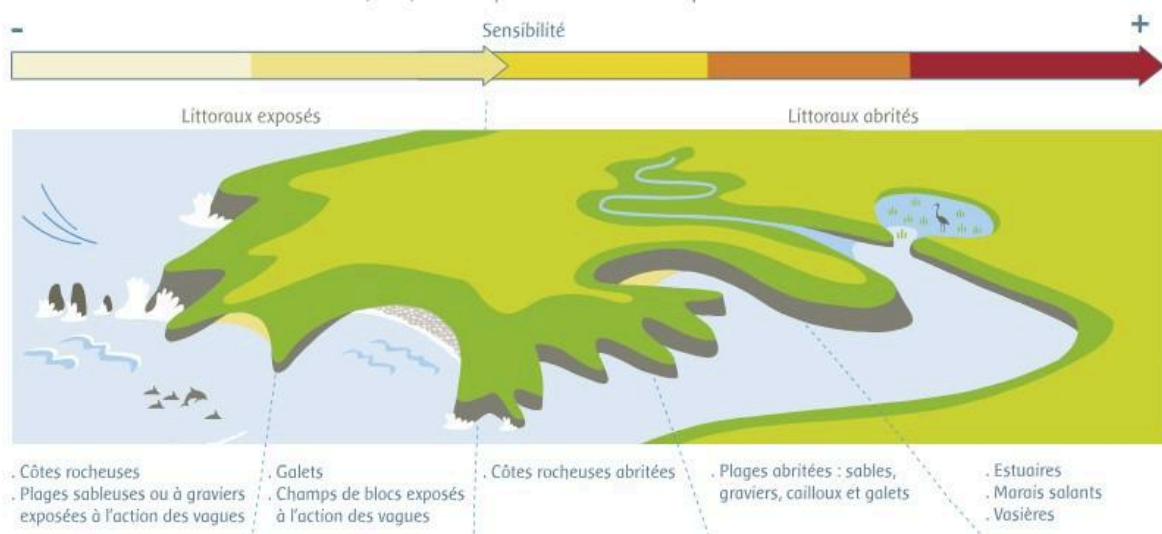
La sédimentation, l'oxydation et la dégradation biologique ou biodégradation ne représentent qu'une proportion des hydrocarbures répandus en plus d'être des phénomènes de longues durées. Néanmoins, il est important de noter que la biodégradation peut représenter un risque de déséquilibre écologique avec la propagation de bactéries

(*Alcanivorax borkumensis*, 1998) se nourrissant de molécules de pétroles (M. PRASAD et al., 2023).

## 2 - Les conséquences écologiques

Comme nous avons pu le comprendre précédemment, les milieux touchés par une marée noire ne se limitent pas qu'à la zone de déversements et l'aspect de la marée se transforme aussi.

Les milieux littoraux sont ainsi plus ou moins exposés et sensibles à la pollution des marées noires.



**Figure n°4 :** Schéma représentant la sensibilité des espaces littoraux face à une marée noire

Source : Schéma créé par le CEDRE, données utilisées du travail d'O'Sullivan A.J et Jacques T.G, *Systèmes de références d'impacts*, 2001.

Ci-dessus, ce schéma réalisé par le CEDRE représente le niveau de sensibilité des différents milieux littoraux. Une importante différence dans la sensibilité de ces espaces est à noter.

En effet, les littoraux exposés comme les côtes rocheuses ou les plages de sable fin sont moins sensibles aux pollutions d'hydrocarbures que les marées maritimes ou les vasières qui sont des espaces abrités.

Cette différence de sensibilité s'explique par :

- le degré de contamination
- les services éco-systémiques rendus et de la saisonnalité
- la difficulté à éliminer la pollution
- la recolonisation du milieu plus ou moins longtemps après la pollution.

Pour donner une dimension plus concrète à cette différence de sensibilité entre les milieux, une explication plus détaillée est nécessaire.

Les milieux exposés :

- Les côtes rocheuses (falaises ou non): ne retiennent pas les hydrocarbures.
- Les côtes sableuses (sable fin) : boulettes de pétrole et "nappes" de pétrole à la surface du sable qui s'enlèvent facilement.
- Les plages constituées de galets, de sables grossiers ou de graviers : boulettes de pétrole et "nappes" de pétrole qui s'enlèvent avec plus de difficulté, le polluant s'immisce entre les cailloux et contamine en profondeur les plages ce qui rends le retrait ou l'élimination naturel plus complexe.

Les milieux abritées:

- Les vasières, les marais maritimes, mangroves et les estuaires constituent un véritable enjeux de protection avec leurs biodiversités et leurs diversités d'habitats, ces milieux sont d'autant plus sensibles qu'ils permettent à de nombreuses espèces de se reproduire, de s'alimenter et de se reposer (services écosystémiques). De plus, ces milieux prennent beaucoup plus de temps à se régénérer à la suite de marée noire.

En effet la recolonisation naturelle; grâce à l'apparition d'espèces colonisatrices et d'espèces comparables à celles du milieu avant une marée noire va également varier :

- 2 à 6 ans pour les zones faiblement sensibles (pointes rocheuses, ...)
- 5 à 15 ans pour les zones moyennement sensibles (plages, ...)
- 10 à 25 ans pour les zones fortement sensibles (marais littoraux, ...)

La faune est aussi un élément de la biodiversité à prendre en compte quant aux conséquences d'une pollution d'hydrocarbures.

Les nappes d'hydrocarbures vont affecter toute la chaîne alimentaire et de manière générale la faune et la flore de l'estran, en passant par les microorganismes comme le plancton (premier élément de la chaîne alimentaire), les végétaux, les algues puis les crustacés, les poissons, les oiseaux et les mammifères marins. Néanmoins, les oiseaux marins et les mammifères sont susceptibles d'être plus marqués.

Les effets d'une marée noire sur la faune peuvent être directs; avec la mort des individus, une bioaccumulation\* des molécules d'hydrocarbures chez les survivants ainsi qu'une altération du goût et de l'odeur présent dans la chair des poissons consommés par l'homme; et indirects avec des perturbations des interactions entre espèces après l'élimination ou l'affaiblissement de l'une d'entre elles (déséquilibre), la mort des individus mangeant eux-même des espèces polluées ou encore le prolifération massive d'organismes (déséquilibre dans l'écosystème).

*\*La bioaccumulation est l'accumulation progressive d'une substance spécifique (comme un contaminant) dans le corps d'un organisme vivant (définition de la Commission Scientifique Européenne). Comme montré dans le schéma situé en annexe n°2, les premiers éléments de la chaîne alimentaire, les phytoplanctons, vont être les premiers affectés par la pollution pétrolière avec une faible concentration en hydrocarbures dans l'eau.*

Les pollutions issues des marées noires vont engluées la biodiversité (voir exemple en annexe n°3) et se dispersent à l'intérieur des organismes. Ci-dessous se trouve un tableau reprenant les deux phénomènes et les réactions produites sur les organismes vivants.

Tableau n°1 : Les effets des marées noires sur les organismes vivants, entre engluement et entrée dans les organismes, quelles réactions ?

Source : GARDAIX.J, 2005, Anneli Bohne-Kjersem et al.2009

<b>Causes</b>	<b>Engluement ou mazoutage</b> <i>(portés sur les oiseaux, les mammifères marins, les poissons et les crustacés)</i>	<b>Entrée dans l'organisme</b> <i>(tout type d'espèces)</i>
<b>Réactions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étouffement ou asphyxie (mort de l'individu)</li> <li>- Perte de l'isolation thermique du plumage ou de la fourrure</li> <li>- Problème de flottabilité</li> <li>- Portance à la surface de l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effets au niveau métabolisme (des acides gras) et des génomes</li> <li>- Changements dans les protéines du sang</li> <li>- Baisse de la fécondité</li> <li>- Système immunitaire défaillant</li> <li>- Changement des comportements (migratoire, alimentaire,...)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritation (yeux, narines)</li> <li>- Difficulté ou impossibilité de déplacement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dégénérescence tissulaire dû à une accumulation des particules de pétrole</li> <li>- Augmentation du stress oxydatif</li> <li>- Trouble de la mobilité cellulaire</li> <li>- Augmentation du taux de protéines associés à l'apoptose (mort des cellules)</li> <li>- Protéines du plasma : biomarqueurs d'une exposition à la pollution pétrolière</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Les milieux marins et littoraux, les habitats de la faune et la flore vont se dégrader par l'asphyxie causé par les nappes de pétrole et détruire ces milieux sensibles.

### 3 - Les conséquences économiques et sanitaires

Les marées noires ont également un impact sur le plan économique.

En effet, lors de ces phénomènes, les plages et les eaux côtières sont interdites d'accès pour les pêcheurs, les plaisanciers ainsi que les touristes.

Cette interdiction conduit à une baisse d'activité pour les commerces comme les restaurants, les cafés mais aussi pour les fournisseurs alimentaires comme les aquaculteurs ou les criées qui se retrouvent sans clients de part la contamination des produits pêchés.

Cependant, les impacts négatifs des marées noires ne se limitent pas qu'aux premiers acteurs économiques. Toutes les chaînes de fournisseurs, alimentaires ou matériels, subissent également des retombées sur leurs chiffres d'affaires, plus ou moins intenses selon Il faut également prendre en compte que les salaires sont suspendus par l'impossibilité de travailler. Les cotisations sociales ne sont donc plus payées et les employés peuvent prétendre à un versement d'indemnités chômage.

De plus, il est important de mentionner que ces pertes de chiffres d'affaires, tant pour le secteur touristique que pour le secteur agroalimentaire (pêche et aquaculture), que la clientèle perdue lors de l'épisode de marée noire va se tourner vers d'autres zones épargnées par la marée noire pour satisfaire leurs besoins. Ce phénomène de perte de clientèle s'étend également à des zones périphériques à la pollution qui n'ont donc pas été touché par la marée noire. Ceci peut-être imputé aux médias qui diffusent des cartes ou des schémas simples et qui ne retranscrivent pas les limites exactes des secteurs touchés.

Une fois la situation environnementale stabilisée, une phase de reconquête de la clientèle perdue doit être engagée avec d'importantes dépenses en matière de communication, de



qualité sanitaire avec des équipements qui détectent la présence d'hydrocarbures par exemple (sécurité alimentaire et sanitaire), d'aménagements pour retrouver un aspect naturel sain.

En effet, la sécurité sanitaire est aussi un élément à prendre en compte. Le pétrole et certains de ses dérivés peuvent représenter un danger pour la santé humaine. Certains des composés chimiques du pétrole sont déterminés cancérigènes par l'OMS, de plus le pétrole est lui-même un solvant qui peut dissoudre et absorber d'autres polluants. Ces différents composés du pétrole peuvent être inhalés et causer des nausées après un certain temps exposés aux composés volatils, peuvent être ingérés via les poissons ou crustacés consommés (bioaccumulation des microplastiques et des molécules d'hydrocarbures) après une marée noire et peuvent causer des brûlures lors d'un contact avec la peau.

Le coût précis des différents dommages est un problème complexe à résoudre. Il faut établir les dépenses nécessaires pour rétablir la situation à ce qu'elle était à l'origine et déterminer le montant des pertes pour les commerçants, il faut également réaliser des dossiers et des études pour déterminer si les pertes de revenus contractées pendant la période de remise en état sont bel et bien liées à la pollution. Les demandes d'indemnisation de la part des victimes se retrouvent généralement devant les tribunaux.

### ***C - Historique des grandes marées noires à travers le monde***

Ci-dessous, se trouve un tableau reprenant les 11 grandes marées noires causées par l'homme depuis mars 1967, date historique de l'échouage du pétrolier Torrey Canyon. Les marées noires reprises dans ce tableau ont été choisies pour leurs impacts dans les mémoires des victimes, la quantité d'hydrocarbures déversée, l'impact sur les écosystèmes ainsi que pour les causes de ces catastrophes. De plus, en annexe n°4 se trouve une carte illustrant les différentes grandes marées noires ainsi que leurs répartitions géographiques.

Tableau n°2: Tableau reprenant les 11 grandes marées noires ainsi que leurs conséquences majeures.

Source : CEDRE, Vigipol et David Goeury (2014)

Origine et causes de la catastrophe	Date	Lieu touché par la marée noire	Conséquences majeures
Erreur d'opération de manoeuvre qui a mené à l'échouage du pétrolier Torrey Canyon	18 mars 1967	Côtes de Cornouaille britannique puis sur les côtes de Bretagne Nord	Première grande marée noire d'origine humaine. 30 000 tonnes de pétrole se sont échappés  Selon les estimations de l'association d'ornithologie Aves, 100 000 oiseaux ont été tués dont les espèces concernées sont : les Petits Pingouins ( <i>Alca torda</i> ), les Guillemots de Troïl ( <i>Uria aalge</i> ), les Macareux moines ( <i>Fratercula arctica</i> ), les Cormorans huppés ( <i>Phalacrocorax aristotelis</i> ), les Fous de Bassan ( <i>Sula bassana</i> ) et les Goélands ( <i>Larus sp.</i> )
Avarie technique du gouvernail lors d'une tempête qui a mené à l'échouage du pétrolier Amoco Cadiz	16 mars 1978	350 km de côtes bretonnes et sur un très large secteur de la Manche occidentale.	La plus grande marée noire par échouement de pétrolier jamais enregistrée 223 000 tonnes de pétrole brut libéré  - Mortalité massive et foudroyante de la faune vivant sur l'estran et dans un rayon de 5 kilomètres autour de l'épave avec des points d'accumulation parfois situés à 100 kilomètres de l'accident. - La flore et la faune marine sont touchées. - D'après le CEDRE estime que la marée noire a tué par engluement ou effets toxiques plus de 260 000 tonnes d'animaux marins toutes espèces confondues.
Explosion puit de pétrole Ixtoc Uno	Juin 1979	Situé dans le Golfe du Mexique à 100 km au nord de Ciudad del Carmen.	- entre 470 000 tonnes et 1 500 000 tonnes de pétrole s'échappent. - Un tiers de ce pétrole se retrouve dans l'atmosphère et crée une importante pollution atmosphérique - Le reste se répand à travers dans le Golfe du Mexique sous forme de nappes dérivantes

Collision entre l'Atlantic Empress et l'Agean Captain	19 juillet 1979	Mer des Caraïbes, au large de l'île de Tobago	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 287.000 tonnes de pétrole qui seront perdues en mer</li> <li>- 26 marins qui procédaient aux opérations de sauvetage sont décédés lors des explosions en mer, causées par le pétrole.</li> <li>- Ne sont jamais arrivés sur les côtes selon France Télévision</li> <li>- Aucune étude d'impacts menés par les pays ou par la communauté internationale, par manque de sensibilité à cette pollution et une autre catastrophe d'une ampleur plus importante se produisait dans la région : l'explosion du puit de pétrole Ixtoc I.</li> </ul>
Embrassement du pétrolier Castillo de Bellver	Août 1983	64 kilomètres au large de Table Bay (Afrique du sud)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 150 000 à 160 000 tonnes de pétrole brut léger.</li> <li>- Faible pollution côtière grâce à la poussée des nappes de pétrole vers le large par le vent.</li> <li>- Analyses menées sur des prélèvements de sédiments, plancton et eau qui ne présentent aucune présence anormale d'hydrocarbures.</li> <li>- Les impacts sur la pêche et les effets environnementaux sont négligeables.</li> </ul>
L'Odyssey, un super tank américain se brise en deux suite à une tempête	Novembre 1988	Au large de la Nouvelle-Ecosse, Canada, Atlantique Nord	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6<sup>ème</sup> plus gros déversement accidentel de pétrole en mer par pétrolier</li> <li>- 132 000 tonnes pétrole brut de Mer du Nord</li> <li>- 27 membres d'équipage disparus en mer</li> <li>- Nappe de pétrole de 5 kilomètres de large et sur 16 kilomètres de long dérive vers l'Est en s'éloignant des côtes puis dispersée naturellement par la mer agitée.</li> <li>- Aucun dépôt sur le littoral</li> <li>- Aucune action de lutte mis en place</li> </ul>
Pris dans une tempête et collision avec des blocs de glace, le pétrolier Exxon Valdez s'échoue	24 mars 1989	Détroit du Prince William, Alaska	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus grande marée noire connue des Etats-Unis</li> <li>- 38 500 tonnes pétrole brut d'alaska libéré en mer</li> <li>- Choc psychologique pour le pays et pour le groupe Exxon</li> <li>- 11 000 personnes embauchés par le groupe pour nettoyer au mieux les dégâts en 1989</li> <li>- Des dizaines de milliers de volontaires et des moyens sans précédent sont mobilisés (1 400 navires, 85 hélicoptères et 1 100 personnes) pour sauver oiseaux et mammifères marins et nettoyer le littoral plage à plage.</li> <li>- Dix ans après l'échouage de l'Exxon Valdez, le taux de mortalité de certaines espèces restent anormalement élevés. Le taux de reproduction chez ces espèces y est également très faible. Néanmoins, aucun rapport n'est clairement établi par les scientifiques entre ces taux anormaux et le naufrage.</li> <li>- Persistance de poches de pétrole enfouies dans les sédiments qui retardent le retour d'espèces pionnières sur sites.</li> </ul>

Guerre du Golfe (sabotage et bombardement)	Janvier 1991	Golfe Persique (zone littorale)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La plus grande marée noire de l'histoire humaine</li> <li>- Entre 700 000 et 1 500 000 tonnes d'hydrocarbures vont se répandre</li> <li>- Effets tout de suite observable sur les coraux, les poissons, les coquillages</li> <li>- Environ 30 000 oiseaux marins tués par exposition au pétrole</li> <li>- 50 % des coraux sont touchés ainsi que des centaines de kilomètres carrés de forêts d'algues, inondées par les nappes de pétrole.</li> <li>- Stress sévères des coraux et surmortalités</li> <li>- Tortues marines qui se reproduisent sur les îles du Golfe se sont retrouvées engluées dans le pétrole.</li> <li>- L'eau de mer reste polluée par les métaux, sans savoir là aussi si ce sont les restes de pétrole ou d'une pollution nouvelle.</li> <li>- Un contrôle régulier et à long, voire très long, terme est indispensable pour suivre le rétablissement de la faune et de la flore aquatique comme côtière de la région touchée.</li> </ul>
Le pétrolier Erika coule lors d'une tempête	12 décembre 1999	Golfe de Gascogne (France) polluent 400 kilomètres de côtes, du Finistère à la Charente-Maritime	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 19 000 et 20 000 tonnes fioul lourd (n°2)</li> <li>- Entre 150 000 et 300 000 oiseaux ont péri</li> <li>- Véritable désastre écologique</li> <li>- Des mois de travaux ont été nécessaires pour nettoyer les côtes bretonnes et vendéennes de toute pollution.</li> </ul>
Le pétrolier Prestige coule suite à une collision avec un objet lors d'une tempête (création d'une brèche d'une 50 aine de m sur la coque)	19 novembre 2002	La côte de Galice en Espagne, l'Aquitaine (Arcachon), la Vendée et le sud de la Bretagne.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Troisième grande marée noire vécue par la Galice,</li> <li>- 64 000 tonnes Fioul lourd (n°2, M100) moins toxique que l'essence ou le diesel</li> <li>- Les pêcheurs, mareyeurs et cueilleurs galiciens sont sans travail. Des dizaines de kilomètres de côtes sont souillées.</li> </ul>
Explosion de la plateforme DeepWater Horizon	Avril 2010	Golfe du Mexique, 66 km au large de la Louisiane	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entre 700 000 et 860 000 tonnes de pétrole brut</li> <li>- Pendant cinq ans, 75 % des grossesses chez les dauphins ont échoué, c'est-à-dire qu'ils ont fait des fausses couches ou que les bébés sont mort-nés.</li> <li>- La population de rorquals de Bryde, l'une des espèces de baleines les plus menacées, a diminué de 22 %.</li> <li>- Jusqu'à 170 000 tortues de mer sont mortes, des centaines de milliers d'oiseaux – certaines estimations parlent de 800 000 oiseaux tués –, 8,3 millions d'huîtres...</li> <li>- Certaines populations de poissons, de crevettes ou de calamars ont baissé de 50 % à 85 %.</li> </ul>

## **II - Les solutions de réduction des impacts des marées noires**

La restauration écologique des petits fonds côtiers, abordée au cours de ce diplôme universitaire, est une politique relativement récente qui se décline sous deux aspects : la lutte contre la pollution et la non dégradation des habitats côtiers.

Ainsi pour restaurer et maintenir les habitats côtiers, il faut tout d'abord diminuer les facteurs de pression écosystémique donc des différentes pollutions.

Nous traitons dans ce rapport de la restauration écologique des sites suite à un épisode de marée noire, ainsi les autres types de pollution ne seront pas abordés.

### ***A - La législation encadrant les marées noires***

Les lois et réglementations encadrant les réparations des atteintes à l'environnement sont un sujet vaste et complexe. Il faut prendre en compte les notions d'indemnisation, de remplacement (*compensation en finançant la protection d'un site naturel*) et de restauration.

Selon les pays, ces différentes notions peuvent être mises en place ou non. C'est notamment le cas de la France, à la différence d'autres pays de l'Union Européen, qui ne dispose à l'heure actuelle d'aucune législation sur les dommages environnementaux.

Néanmoins, notre pays est adhérent aux Fonds Internationaux d'Indemnisation pour les dommages dus à la Pollution par les hydrocarbures (FIPOI), ce qui rend possible d'obtenir des remboursements d'études d'impacts environnementaux et de restauration écologique.

De plus, plusieurs conventions et coopérations à différents niveaux existent : de niveau international, régional et national.

#### **- Conventions internationales :**

1973 : Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL) signée par les pays membres de l'Organisation Mondiale Maritime (OMI)

1995 : Convention internationale sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures (OPRC)

#### **- Coopérations régionales :** engagement à mettre en place des systèmes nationaux et régionaux de préparation à la lutte contre les marées noires

1976 : Convention de Barcelone (Méditerranée)

1984 : Accord de Bonn (mer du Nord)

2007 : Accord de Lisbonne (Atlantique Nord-Est)

D'autres conventions et accords régionaux existent pour les zones maritimes d'Outre-Mer

- **Organisation européenne de l'Environnement** : harmoniser les pratiques de surveillances et les standards de luttés en facilitant les échanges et les assistances mutuelles entre pays

2000 : Comité de Gestion des Pollutions Marines accidentelles et intentionnelles (CGPM) recherche, expérimentations, stages de formation

2000 : Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM)

- **Organisations à échelle nationales** :

1970 : Création de l'organisation française POLMAR, à la suite de la marée noire du *Torrey Canyon*.

1978: Création du **CEDRE** : assistance technique, documentation, recherche, expérimentations

2001-2005: Réseau RITMER aide à la recherche et l'innovation sur le thème des pollutions marines accidentelle

2005: Programme PRECODD (Programme Écotechnologie et Développement Durable) : Suite du réseau RITMER, géré par l'Agence Nationale de la Recherche.

Pour la lutte en mer : Préfecture maritime et officiers supérieurs de la marine nationale

Pour la lutte sur le littoral : Mairie, EPCI et préfecture.

Concernant les rejets volontaires d'hydrocarbures par dégazage et déballastage en mer, dans le cadre de la loi Barnier de 1985, le principe de "pollueur-payeur" s'est inscrit dans la législation française, les navires ayant recours à ces pratiques sont ainsi susceptible de payer des amendes en fonction de la pollution engendrée.

Passons maintenant à la notion d'indemnisations et de restauration. Le naufrage de l'Amoco Cadiz, le 16 mars 1978, marque un tournant dans la responsabilité des sociétés pétrolières. L'Amoco Cadiz et ses 220 000 tonnes de pétrole déversés sur les côtes bretonnes ont uni les collectivités locales bretonnes sous la forme d'un *Syndicat Mixte de protection et de conservation du littoral Nord-Ouest de la Bretagne* (maintenant Vigipol), réunissant 92 communes, les départements des Côtes-du-Nord et du Finistère. Ces différentes instances locales, avec le soutien de la LPO et de Bretagne Vivante (anciennement Société pour l'Étude et la Protection de la Nature en Bretagne) ont engagé un procès contre la société américaine Amoco au tribunal de Chicago. Long de quatorze années de procédure, le 24 janvier 1992, les sociétés Amoco International, Amoco Transport, Standard Oil of Indiana et les chantiers espagnols « Astilleros » de Cadix sont déclarés responsables de la catastrophe et sont condamnés à verser 1 257 millions de francs aux plaignants (État Français et membre du Syndicat), environ la moitié des

préjudices estimés. C'est la première fois qu'une entreprise est condamnée à payer pour ce genre de catastrophes.

Un autre exemple de marée noire ayant obtenu une compensation financière pour les victimes : l'explosion de la plateforme pétrolière DeepWater Horizon dans le Golfe du Mexique, le 20 avril 2010.

Un an et demi après la catastrophe, les autorités fédérales américaines ont présenté leurs rapports ainsi que les conclusions sur l'origine de l'explosion, jusqu'alors floue. D'après les investigations, un défaut dans le coffrage en ciments du puits, qui a pour but premier d'empêcher la remontée du pétrole, est déterminé comme cause principale de l'explosion, bien que d'autres facteurs ont joué dans l'ampleur de la catastrophe. Diverses entreprises sont engagées et utilisent la plateforme, comme le groupe Halliburton et Transocean, néanmoins BP, un géant britannique est déterminé responsable de l'incident, en tant que propriétaire du puits. Dans une volonté de gagner du temps et de réduire les coûts, les supérieurs de l'équipage de BP, ont fait des choix dans ce sens mais sans prendre en compte les conséquences de ces choix. La société BP a ainsi été condamnée à verser 65 milliards de dollars en frais judiciaires, de nettoyage et de dédommagements des victimes.

Suite à cette catastrophe, des mesures ont été mises en place par le gouvernement américain, sous le mandat de Barack Obama, pour améliorer la sécurité des forages en mer. Néanmoins ces mesures ont été annulées avec l'arrivée au pouvoir de Donald Trump, qui a favorisé les intérêts des industries pétrolières et proposant même d'aller plus loin dans l'exploitation des ressources pétrolières des fonds marins, en ouvrant la quasi-totalité des eaux côtières à l'exploitation pétrolière et gazière.

## ***B - Les techniques “mécaniques” et “chimiques” de lutte contre les marées noires.***

Bien que l'évolution de la réglementation évolue dans le but de diminuer les marées noires, le risque 0 n'existe pas. Il faut donc prévoir des solutions pour lutter contre les effets néfastes des marées noires et limiter leurs arrivées dans les milieux côtiers.

Dans un premier temps, il faut pouvoir être informé en temps réel de l'évolution du déversement d'hydrocarbures.

Plusieurs outils et méthodes vont aider à suivre cette pollution, la première étape est de localiser précisément la pollution grâce à la télédétection, ensuite il est nécessaire de prévoir à l'aide de logiciels, l'évolution de la pollution en rentrant différentes données comme la quantité d'hydrocarbures présents à bord du navire ainsi que leurs viscosités, les conditions climatiques (températures, force du vent et du courant) et ainsi que d'autres paramètres comme les raisons précises de ce déversement en mer ou la distance entre le déversement

et la côte. Les prévisions évolutives de ces pollutions ainsi que leurs localisations permettent de déterminer des périmètres d'action prioritaires qui vont permettre de déployer différentes techniques de lutte contre les nappes de pétrole.

Dans un second temps, il faut agir à **la source du déversement** d'hydrocarbures, pour cela plusieurs solutions existent avec plus ou moins de réussite selon l'avancement de la marée noire :

- Allègement du navire (vraquier, porte-conteneurs,...) pour éviter au navire de se casser en deux ou de couler dans le fond avec sa cargaison.
- Confiner les cuves de pétroles présentes à bord du navire et pomper le reste de pétrole grâce à l'aide de pompe et de bateaux.
- Calfeutrer les fuites de pétrole et remorquer le navire si possible

La lutte à la source de la pollution est associée à **la lutte au large** qui consiste en plusieurs techniques :

- Dispersion des polluants par épandage de produits dispersants en dissociant les nappes en gouttelettes fines pour accélérer le processus naturel, *méthode qui se révèle peu efficace sur du pétrole visqueux alimentant généralement les moteurs des navires.*
- Brûler les grandes nappes pour limiter leurs étalements et leurs arrivées sur le littoral, seulement si cela ne représente aucun danger pour les équipes en action et si cela n'aggrave pas la situation (pollution atmosphérique).
- Confinement des nappes de pétroles par des barrages ou des filets tractés puis récupération du polluant par bateaux (épuisettes et pompes)
- Epandage d'absorbants sur les nappes et récupération par pompage

Les hydrocarbures restants vont alors subir une troisième phase de lutte, **la lutte située à proximité du littoral**, la dernière phase avant leurs arrivées sur les littoraux, cette dernière se décompose sous plusieurs actions par niveaux de d'urgence :

- Protection des zones les plus sensibles comme les marées maritimes à l'aide de barrage
- Intervention de récupération sur les nappes les plus proches
- Déviation des nappes vers des zones peu sensibles
- Confinement et récupération des polluants par bateaux

Enfin la dernière étape se produit lorsque le polluant est arrivé sur le littoral (plages de sable ou de gravier, vasières, estuaires, marais maritimes, mangroves, ...). Cela signifie que les actions de lutttes précédentes et les processus naturels n'ont pas suffi à endiguer complètement la marée noire, il faut donc mettre en place des actions de retrait des polluants sur les espaces.

- Présence d'engins de travaux publics, camions d'assainement et cribleuses (chantier de nettoyage grossier, accessibilité compliqué pour ces engins sur les sites sensibles).



- Travail manuel pour enlever les boulettes de pétrole et les nappes en surface du sable.
- Nettoyage plus fin : projection d'eau froide à basse pression et eau chaude à haute pression ainsi que de produits de lavage, dépend des milieux.
- Pour le pétrole enfoui sous le sable ou les graviers, il faut saturer en eau les nappes enfouies avec de l'eau froide en basse pression.
- Les milieux sensibles comme les vasières et marais vont avoir des interventions moindres sans outils de gros travaux, de plus les actions de restauration dépendent des caractéristiques écologiques des zones concernées et de la nature du polluant, l'état de la mer ainsi qu'une étude pour juger si les interventions de lutte dans ces milieux sensibles ne causeraient pas plus de dégâts.

Plusieurs produits chimiques sont testés et validés par le CEDRE pour leurs efficacités, leurs toxicités et leurs biodégradabilités dans le cadre de la lutte contre les marées noires, ces derniers ont plusieurs propriétés chimiques :

- Les produits absorbants : produits solides pour les hydrocarbures par imprégnation pour faciliter la récupération des polluants, ces produits sont déclinés sous forme de feuilles, de composés et sont également présents dans les barrages ou filets de rétention. La liste des produits dispersants autorisés par le CEDRE est disponible en [sitographie](#)
- Les produits dispersants : ce sont des produits liquides utilisés pour mettre le pétrole en suspension, accélèrent la biodégradation dans le but d'éviter que le polluant n'arrive sur le littoral. Néanmoins, ces produits ont une image négative, ils sont accusés de déplacer la pollution dans les fonds marins et d'y constituer un tapis d'hydrocarbures mortels et d'être plus toxique que le pétrole. Lors de l'utilisation de ces produits une hausse temporaire de la toxicité du pétrole est constatée, ce dernier va ensuite se disperser dans des volumes d'eau plus importants et devenir inoffensif pour la biodiversité. De nos jours de type de dispersants existe : les *conventionnels* de deuxième génération qui sont des anciens produits à faible teneur en solvants pétroliers et les *concentrés* de troisième génération qui sont désormais les plus utilisés, avec une plus forte teneur en solvants dissipatifs, ils sont solubles contrairement aux produits conventionnels et facilement émulsionnables.
- Les produits désémulsifiants : ce sont des produits liquides qui vont briser les mousses au chocolat (émulsion de l'eau de mer et des hydrocarbures). Comme vu précédemment, les mousses au chocolat vont accroître la viscosité du polluant pétrolier en incorporant de l'eau ce qui rend les opérations de pompage plus compliquées. C'est pour cela que les produits désémulsifiants existent, ils vont permettre de séparer l'eau des polluants, en facilitant les opérations de pompes et de transfert des polluants. L'eau ainsi décantée de toutes traces de polluants peut être ensuite rejetée en mer.
- Les produits de lavage : comme le nom l'indique ce sont des produits destinés à aider le nettoyage des rochers, des ouvrages portuaires ainsi que des différents milieux, ils sont généralement associés à un changement de température et de pression des eaux utilisées pour le nettoyage.
- Les produits biodégradants : projeter sur les déchets issus de la pollution d'hydrocarbures comme les boulettes ou les nappes présents sur les sites littoraux

pollués, ces produits ont pour but de contribuer à la restauration des sites, en favorisant la biodégradation des hydrocarbures.

Ces différentes techniques et produits utilisés sont utilisés dans le cadre de réduction de la marée noire, néanmoins, il faut aussi prendre en compte les aides et les soins apportés à la faune lors de ces épisodes.

En effet, comme nous avons pu le comprendre précédemment, la faune marine fait également les frais de ces marées noires, que ce soit par mazoutage ou absorption des molécules de polluants.

Ici, nous allons observer les techniques de démazoutage des oiseaux marins, qui sont le plus susceptibles d'être touchés.

Ceci est un protocole de démazoutage, en 8 grandes étapes, des centres de soin de la Ligue de Protection des Oiseaux, qui s'est perfectionné avec les nombreuses marées noires liées à un accident pétrolier ou par dégazage illégal. Environ 200 oiseaux sont ainsi accueillis chaque hiver dans ces centres.

La première grande étape est la récupération de l'oiseau trouvé (généralement par des promeneurs), il faut attraper l'oiseau avec précaution à l'aide d'un tissu ou d'un vêtement pour ainsi avoir une plus grande aisance à le tenir correctement (ailes maintenus le long du corps et tête cachée pour éviter le stress), il faut ensuite le déposer dans une boîte en carton disposant d'un papier journal dans le fond et de trucs d'aération au dessus de la boîte. Il est important de noter sur une feuille collé au carton le lieu, la date ainsi que les conditions de découverte de l'oiseau pour faciliter le travail des équipes de la LPO, qui se rendront sur la place pour déterminer s'il s'agit d'un cas isolé ou si d'autres oiseaux s'y trouvent.

Une deuxième étape consiste à prodiguer les premiers soins d'urgence. En effet, les animaux mazoutés montrent des signes de détresse avec comme principaux symptômes : la fatigue, l'hypothermie, le stress, la déshydratation ainsi qu'une perte importante de poids.

Lors de ces soins, les équipes vont d'abord nettoyer les voies respiratoires et les yeux à l'aide de coton tiges et les parties très mazoutés du corps à l'aide de papier absorbant pour enlever le maximum de traces d'hydrocarbures. Ensuite, une phase de réhydratation rapide par voie orale à l'aide de solution salines et glucosés, l'administration d'un mélange de charbon actif et d'argile pour lutter contre les intoxications liées à l'ingestion de pétrole et la pose d'un pansement intestinal pour limiter les infections. Une injection de fer et d'antibiotique est aussi prodigué pour lutter contre l'anémie, combattre une atteinte des reins et du foie et détruire les germes contaminant les oiseaux affaiblis. Pour terminer avec ces phases de premiers soins, l'état de santé de l'oiseau et sa possibilité à l'alimenter est évalué et suivi d'une tentative de nourrissage.

La troisième étape est la remise en forme de l'oiseau, il s'agit de nourrir l'oiseau pour lui faire retrouver un peu de poids. Cette étape est cruciale, les oiseaux sont encore affaiblis et sensibles aux maladies et aux germes, il faut donc rester vigilant et autopsier les individus n'ayant pas survécu pour adapter les traitements pour lutter contre ces maladies. De plus, les lésions cutanées et les plaies sont également traitées à l'aide de gels et de pommades antiseptiques et protecteurs. L'objectif de ces différents soins est de stabiliser l'individu pour leur permettre de retrouver un poids correct et d'affronter le stress du démazoutage. 4 grandes méthodes de nourrissage sont mises en place en fonction de l'état de santé de l'oiseau : le gavage à l'aide d'une sonde placée dans l'oesophage, le gavage manuel, la sollicitation avec des poissons entiers tenus devant le bec de l'oiseau puis l'autonomie avec la mise à disposition de poissons dans des récipients de faible hauteur.

La quatrième étape est le démazoutage ou le lavage des oiseaux, ce démazoutage est pratiqué à la main. Les oiseaux sont lavés par jet d'eau et plongés dans des cuvettes d'eau à 40°C pour empêcher une hypothermie, le plumage est lavé jusqu'au duvet à l'aide de détergent à usage vétérinaire.

Cette étape passe par une sélection pour savoir si les oiseaux sont assez remis sur pied pour supporter le stress de la manipulation. 5 critères sont ainsi déterminants pour juger de la remise en forme de l'oiseau :

- Son comportement social (toilettage, cris,..), sa réaction aux stimuli, sa tonicité (comportement général)
- L'alimentation autonome
- Son état de santé (aucun problème de santé particulier remarqué)
- Son poids : si son poids suit une courbe en augmentation
- Les prises de sang : permet de réaliser un bilan de santé complet

Associé à l'étape de nettoyage, le rinçage avec un jet d'eau à 40°C permet de s'assurer que toute trace d'hydrocarbures ait disparu du plumage de l'oiseau et d'éliminer les produits de lavage. Ce rinçage ne s'effectue pas dans le même espace de soin que le lavage pour être sûr de ne pas contaminer le plumage de l'oiseau. A la fin de cette période de rinçage, le plumage de l'oiseau reprend un peu d'imperméabilité néanmoins il faut encore un peu de temps et de soin pour que le plumage reprenne totalement son imperméabilité.

Suivant les étapes de lavage et de rinçage, le séchage. Le séchage de l'individu se passe en 2 étapes : la phase de séchage à haute température et la phase de réadaptation à température ambiante. Durant la première phase de séchage, les oiseaux sont placés dans des box ventilés à une température d'environ 25°C (la température des box peut varier). La durée du séchage peut varier selon la densité du plumage et l'espèce entre 1 demi-journée à une journée entière, les oiseaux ne sont pas nourris durant cette phase pour éviter des souillures sur le plumage.

Ensuite intervient la phase de réadaptation à la température ambiante. Cette phase permet d'éviter les chocs thermiques à l'arrivée des oiseaux en piscine, ils restent dans les box sur une durée de 2 heures à une journée.

Suivant la phase de réadaptation à la température, les oiseaux qui ont survécu aux étapes précédentes sont envoyés dans des piscines pour être réhabilité à vivre sans intervention de l'homme pour ensuite être relâché. Ils resteront de quelques jours à quelques semaines dans ces piscines pour surveiller l'évolution de l'imperméabilisation de leur plumage. Cette avant-dernière étape avant d'être libéré se déroule donc en deux phases : le suivi de l'imperméabilité des oiseaux et le nourrissage. L'imperméabilisation du plumage va se faire naturellement avec la glande uropygienne située au dessus des croupions des oiseaux, cette glande va libéré de la graisse qui sera répartis sur l'ensemble du plumage par l'oiseau à l'aide de son bec ou de sa tête, ce qui va former une fine couche huileuse et imperméable. Le nourrissage quant à lui va être surveillé, les poissons sont disposés dans des bassines sur des espaces de repos pour que les oiseaux puissent se nourrir seuls et pouvoir chasser avec des poissons vivants, ce qui permet une meilleure rééducation musculaire.

La huitième et dernière étape : le relâchage des oiseaux. Cette étape est la plus importante pour l'oiseau puisque cela signifie qu'il est apte à reprendre sa vie en mer. Pour cela, les vétérinaires passent par les mêmes critères que pour la phase de démazoutage : le comportement, l'état de santé, le poids, les prises de sang ainsi que la flottabilité (imperméabilité à 100%). La veille du relâcher, les oiseaux sont bagués avec des bagues de métal, afin de suivre leurs migrations et leurs survies suite à la pollution de marée noire, et subissent des mesures biométriques. Une surveillance après ce lâcher sera effectuée sur la côte le jour même ainsi que le lendemain pour s'assurer qu'aucun des oiseaux ne se soient échoués de nouveau.

Comme nous avons pu le voir, les techniques mises en place pour restaurer les habitats ainsi que pour sauvegarder la faune sont bien développées, bien que encore lacunaires sur certains points notamment dans les espaces sensibles.

Néanmoins, des recherches sont en train d'être réalisées pour combler le manque de connaissances et de techniques.

## ***C - Les nouvelles techniques en développement***

De nos jours, de nouvelles techniques de lutte contre la pollution sont découvertes que ce soit dans le domaine de la pollution plastique avec des bactéries mangeuses de plastiques ou encore dans le domaine de la pollution chimique.

Néanmoins, quant est-il des innovations dans le domaine de la lutte contre les pollutions liées aux hydrocarbures ?

Pour répondre à cette question, commençons tout d'abord par les innovations sur les techniques de récupération des hydrocarbures en mer.

Le projet qui m'a paru le plus concret est un projet monté par l'Université de Toronto en 2018, soutenue par le gouvernement canadien. Ce projet a pour idée principale de mettre au point un collecteur d'hydrocarbures à base de sorbants d'huile, appelé "système de filtration in situ à filtre en mousse". Les sorbants sont des matériaux insolubles conçus pour ramasser et retenir les liquides chimiques qui vont gonfler une fois remplis de ces liquides, contrairement à un absorbant qui va permettre aux liquides d'adhérer à sa surface.

Ce système de filtration va donc directement pomper les hydrocarbures sur site en étant disposé directement sur une nappe d'hydrocarbure et servir de filtre.

L'idée ici est donc de récupérer directement les hydrocarbures présents dans l'eau (émulsionné, dispersé, libre ou dissous) au lieu de les pomper à la surface d'un produit absorbant. Ce processus permettrait de gagner un temps considérable qui est compté dans ce genre de situation d'urgence ainsi qu'une récupération sécuritaire et durable des hydrocarbures. Ce projet a pour mission de renforcer la préparation aux déversements d'hydrocarbures, l'anticipation d'accidents et développer des techniques rapides et peu coûteuses de restauration des milieux dans l'hypothèse d'une possible ouverture du Golfe du Saint Laurent aux plateformes pétrolières.

Dans le même esprit, le Laboratoire national d'Argonne du Ministère Américain de l'Energie (DOE) a inventé une mousse absorbante cette fois-ci, en 2020, nommée Oléo Sponge (en français éponge Oléo). Cette éponge serait réutilisable et absorberait les hydrocarbures et les huiles présents dans l'eau, tout en les préservant et le rendant utilisable même après s'être retrouvé dans les milieux marins. Ce qui représente une chance pour les grands groupes financiers si ce produit vient à être validé et autorisé comme produits de luttés officiels des marées noires. Selon ces inventeurs, cette éponge serait constituée de polyuréthane et d'éléments permettant au pétrole de se fixer. Cette éponge serait donc capable d'enfermer les molécules d'hydrocarbures et de les libérer seulement une fois pressé. Néanmoins, pour moi cette invention révèle le lobbyisme des grands groupes pétroliers américains, il n'existe aucune certitude quant au fait qu'une fois disposé

en mer ces éponges ne soient pas pressées par des mouvements de houle, par des mammifères marins ou autres phénomènes.

Ensuite, passons aux innovations touchant à la restauration des écosystèmes.

Comme nous avons pu le comprendre précédemment avec la présentation des produits chimiques utilisés, certains d'entre eux ont une mauvaise image ainsi qu'un impact négatif sur les milieux, c'est notamment le cas des dispersants. En effet, il existe plusieurs générations de dispersants, ces derniers ont comme réputation d'aggraver la marée noire et d'élargir les zones touchées par les pollutions d'hydrocarbures. Néanmoins, de nouvelles générations (troisième) de dispersants se sont développées dans le but d'émettre moins de polluants et d'être plus actif à faible doses.

Produit par l'entreprise française "Enzynov", le produit dispersant **DPW-5** de troisième génération, qui se présente comme une solution enzymatique novatrice permettant de nettoyer le pétrole, les hydrocarbures et les dérivés de produits pétroliers, à l'aide de plusieurs enzymes.

Ces enzymes permettent d'accélérer le découpage en particule de pétrole, ce qui permet un nettoyage plus facile et une dispersion plus rapide. Étant un dispersant de troisième génération, le DPW-5 s'utilise dilué dans l'eau et agit comme un dissolvant biologique permettant ainsi de fluidifier toutes sortes de déversements d'hydrocarbures. De part la forte concentration du produit, les clients pourraient bénéficier d'une importante économie, tant sur le produit utilisé que sur le volume d'eau utilisé.

Selon l'entreprise, le DPW-5 ne représente aucun danger pour la faune et la flore marine et sans risque pour la santé humaine, néanmoins ce dernier ne figure pas dans les listes du CEDRE comme dispersant testé et approuvé pour une utilisation à grande échelle. Bien que la démarche et les promesses de l'entreprise Enzynov soit très alléchante dans le domaine de la réduction des hydrocarbures, il faut aussi se questionner sur le réel impact du produit sur l'environnement et se renseigner auprès du CEDRE pour savoir si ce produit est conforme à son utilisation.

Une autre solution touchant à la restauration des écosystèmes est aussi imaginée : le réensemencement des crustacés et des plantes pionnières.

Cette solution serait idéale et permettrait au site touché par les marées noires de se restaurer plus rapidement. Néanmoins, ces techniques sont soumises à plusieurs problématiques comme le prélèvement d'individus sains, n'ayant pas vécu d'épisodes de marées noires, qui représente un risque important de mortalité parmi les individus déplacés mais également pour le site de prélèvement. De plus, ces techniques ne sont pas encore opérationnelles, étant en étude ou inexistantes, il n'est donc par encore possible de

réensemencer un site avec des crustacés ou des plantes pionnières. Cependant, des solutions existent pour quelques milieux, c'est notamment le cas des coraux et des herbiers de posidonie. En effet, quelques sites pilotes ont permis de réaliser ces expériences, notamment dans le bassin méditerranéen, utilisée dans le cadre de dégâts causés par l'échouage de navire, la technique de reconstruction de récifs coralliens et bouturage des plantes sous-marines pourraient à l'avenir faire l'objet d'une application plus large en cas d'accident.

Une dernière solution, cette fois-ci plus anecdotique; les habitants de l'île Maurice ont innové avec les moyens disponibles sur l'île pour créer des boudins filtrants pour limiter l'arrivée des hydrocarbures, dispersés par l'échouage du Wakashio le 15 août 2020, sur le littoral. Ces boudins filtrants sont constitués de fibre de feuilles de cannes ou de cheveux. Considérés comme des déchets, ces deux éléments ont pourtant des propriétés absorbante qui pourraient à l'avenir apporter de nouvelles solutions en matière de réduction des effets négatifs des marées noires.

### **III - Discussion**

#### ***A - Les limites auxquelles font face les solutions***

De par les mesures réglementaires ainsi que la prise de conscience environnementale, l'incidence et l'ampleur des marées noires, ses événements se dirigent vers une nette tendance à la baisse. Il ne faut tout de même pas relâcher les efforts en matière de législation, de progrès technique dans la restauration des sites et sur la surveillance des navires

Néanmoins, les déversements pétroliers ont causé des dégâts durables sur l'environnement et sur les populations victimes de ces marées qui évoluent avec les conséquences de ces marées noires.

Bien que les événements provoquant ces marées noires peuvent être anciens, les vestiges des navires pétroliers gisent dans les fonds marins et peuvent continuer à émettre des nappes de pétrole bien après avoir sombré.

C'est notamment le cas du "Tanio", un pétrolier malgache dont la partie avant a sombré à 80 mètres de profondeur au large des côtes du Finistère (France), le 7 mars 1980 à la suite d'une avarie. Transportant près de 28 600 tonnes de pétrole, le Tanio s'est brisé en deux, libérant 10 000 tonnes le jour de l'incident contaminant 200 kilomètres de littoral. Cependant, en 2018, soit 38 ans plus tard, une trentaine d'oiseaux marins sont retrouvés morts mazoutés sur les plages bretonnes.

D'après les analyses du CEDRE, les traces d'hydrocarbures retrouvés sur les oiseaux correspondent avec le fioul lourd transporté par le pétrolier Tanio lors de son naufrage. Une fois la certitude de la provenance de ces rejets pétroliers, la préfecture maritime de l'Atlantique a déployé des moyens logistiques et techniques pour localiser la partie avant du Tanio. Ces recherches ont permis de conclure que des fuites au niveau des orifices créés dans la coque lors du naufrage pour extraire et limiter la marée noire en 1980. La préfecture, une fois les résultats donnés, a ainsi décidé de monter une étude pour définitivement clore le chapitre de la marée noire du Tanio.

Bien que les techniques pour limiter les marées noires aient évolué, les épaves de pétrolier peuvent donc, bien des années plus tard, revenir polluer les écosystèmes.

De plus, l'ouverture de nouveaux couloirs maritimes imaginés dans la calotte glaciaire d'Antarctique suite à la fonte des glaces et l'ouverture du Golfe du Saint Laurent aux plateformes pétrolières sont des éléments qui portent à réflexion dans la réduction des marées noires.



Avec l'utilisation de ces nouveaux espaces, comment encadrer l'utilisation des voies maritimes sur des espaces qui n'étaient jusqu'à lors non praticables pour éviter des naufrages ou des collisions avec des blocs de glace par exemple ? Comment former les équipages aux conditions extrêmes du cercle polaire pour éviter les avaries ou les erreurs de manœuvre ? L'ouverture du Golfe du Saint Laurent aux plateformes pétrolières off-shore, doté un écosystème et une biodiversité à protéger, est-ce une bonne idée en prenant en compte l'aspect financier, technologique et écologique dans une logique actuelle de diminution des gaz à effets de serres et d'une transition vers l'électrique pour les véhicules thermiques ?

Ces nombreuses questions sont à développer, d'autant qu'il faut penser que ces événements sont récents dans l'histoire humaine. Il y a 6 ans seulement, en janvier 2018, une collision entre un vraquier et le "Sanchi" un pétrolier transportant près de 110 000 tonnes de produits pétroliers dérivés, en mer de Chine, a entraîné une marée noire dans cette mer dont l'écosystème est fragilisé par la surpêche et la pollution provenant des rejets dans les fleuves.

Cet exemple permet également de soulever une importante question autour des collisions : dans ces espaces où le trafic maritime mondial a une place importante, comment améliorer les systèmes de vigilance et de prévention pour limiter ces collisions accidentelles?

## ***B - La réaction du grand public***

Une différence notable est à noter quant à la perception du grand public face à des catastrophes environnementales de cette ampleur. En effet, l'impact de ces pollutions n'était pas connu dans les années 60-80. Néanmoins, lors de la catastrophe du pétrolier Exxon Valdez en mars 1989 au large de côte de l'Alaska dans le détroit du Prince Williams, a été un véritable choc psychologique pour les Etats-Unis et pour le groupe pétrolier Exxon pour qui une telle catastrophe était impensable sur les côtes américaines.

Bien que cette catastrophe fut la plus grande marée noire connue des Etats-Unis avec 38 500 tonnes de pétrole brut libérés en mer, la volonté d'aider à limiter les dégâts écologiques à contribuer grandement à la restauration des côtes avec des dizaines de milliers de volontaires mobilisés pour sauver les oiseaux marins et nettoyer le littoral des traces des hydrocarbures.

Les médias ont également leur rôle à jouer dans la perception des marées noires, avec l'exagération des limites des marées noires qui peuvent pousser les clientèles à ne plus venir dans les zones périphériques d'un site soumis au apport d'une marée noire ou

encore dans les images / reportages qui incitent les personnes à devenir solidaire et venir aider à nettoyer et sauver la faune victime de mazoutage par exemple.

La solidarité et l'envie de participer aux actions de dépollution du grand public est également

En mars 1978, se produit l'échouage du pétrolier Amoco Cadiz au large des côtes bretonnes. C'est l'événement de trop pour la population bretonne dont la colère éclate après une série de 6 marées noires en 10 ans. Selon Ouest-France, le 27 mars 1978, à Brest, 20 000 manifestants ont défilé en criant "Mazoutés aujourd'hui, radioactifs demain".



Figure n°5: Autocollant du Comité Anti-Marées Noires

Source : Encyclopédie d'histoire numérique de l'Europe (EHNE)

Ce slogan sera ensuite repris sous forme d'autocollants avec un emblème d'oiseaux mazoutés. Des associations se forment comme signe de lutte contre les marées noires comme le Comité Anti-Marées noires ou encore des syndicats de protection et de lutte contre ces événements polluants.

Certains cinéastes prennent l'occasion d'illustrer cette révolte "écologique" des victimes ainsi que les impacts causés par la marée noire de l'Amoco Cadiz dans des films et des documentaires : "*Marée noire, colère rouge*" de René Vautier et "*Mazoutés aujourd'hui...*" réalisé par le couple Le Garrec. Il est important de souligner que le littoral breton est un axe stratégique du commerce maritime avec 20% du trafic mondial, ce qui représente chaque jour environ 285 000 tonnes de pétrole et 90 000 tonnes de produits dangereux et que le risque 0 n'existe pas.

La marée noire causée par l'Amoco Cadiz signe les prémices d'une idée politique de l'écologie en France, un principe qui n'a émergé que très tardivement au cours des années 70 dans des discours scientifiques. De plus, en 1980, les sinistrés ont été soutenu par leurs communes devant le tribunal de Chicago, où se tenait le procès contre l'entreprise Amoco dans le but d'obtenir des indemnités à hauteur des pertes financières selon le secteur d'activités, c'est le premier cas dans l'histoire où une entreprise pétrolière est reconnue responsable de la pollution et payer pour les conséquences écologiques et humaines d'une marée noire.

Un autre cas de médiatisation du phénomène de marée noire : celui de l'explosion de la plateforme pétrolière DeepWater Horizon.

En avril 2010, dans le Golfe du Mexique, la plateforme pétrolière DeepWater Horizon a explosé suite à une avarie dans le puit de pétrole. Cette explosion a coûté la vie à 11 personnes présentes à bord de la plateforme et a engendré un important déversement de pétrole dans le Golfe du Mexique ainsi que la mort d'un grand nombre d'oiseaux et mammifères marins.

Un film retraçant plus ou moins fidèlement les événements qui se sont produits à bord de la plateforme est sorti en octobre 2016 portant le même nom que la plateforme. Ce film permet d'aborder un sujet de premier abord complexe sous l'angle cinématographique en simplifiant et en transmettant un message à destination du grand public. Sorti en salle, 3 ans après les procès contre BP et les autres exploitants de la plateforme, le film DeepWater Horizon met en avant les nombreux dysfonctionnements pouvant entraîner une telle catastrophe.

Les mentalités concernant les catastrophes pétrolières ont évolué grâce à la sensibilisation promue par les comités anti-marées noires et les syndicats de protection des milieux marins mais également grâce aux différents médias de nos jours disponibles. Néanmoins, ce regard du grand public quant aux marées noires peut rapidement se diriger vers d'autres centres d'intérêts concernant leurs situations personnelles, celle du pays en cas d'élection, de guerre par exemple ou si une plus grosse catastrophe se produit, catastrophe qui pourrait notamment coûter des vies humaines ou déstabiliser l'économie du pays.

### ***C- La survie des espèces après une marée noire***

Cette dernière sous-partie se base sur l'article du Nouvel Obs, intitulé "Oiseaux mazoutés : « Tuez-les, ne les nettoyez pas »" publié le 15 juin 2010.

Cette publication fait suite à des propos tenus par la biologiste allemande Silvia Gauss du Wattenmeer National Park suite à la marée noire produite dans le Golfe du Mexique lors de l'explosion de la plateforme pétrolière DeepWater Horizon. D'après les propos avancés par la scientifique, le taux de survie des oiseaux mazoutés ne serait que d'1% à moyen terme ce qui serait largement insuffisant par rapport à la durée des procédures de démazoutage et de soins apportés aux oiseaux touchés. Toujours d'après elle, ces actions sont inefficaces et il faudrait mieux euthanasier les oiseaux que de "perdre du temps" et des ressources en vain.

En réponse à ces propos, Alain Beaufils, responsable du centre de sauvegarde du Chêne à Allouville-Bellefosse en Haute, explique que les techniques retenues par la biologiste sont obsolètes et que les résultats de l'étude sont donc faussés.

En effet, la technique retenue par la biologiste est l'utilisation du charbon actif comme absorbants d'hydrocarbures dans l'estomac et l'œsophage des oiseaux, qui d'après elle laisse des lésions permanentes aux foies et aux reins des individus.

Cette technique a été remplacée par des pansements gastriques beaucoup plus performants par manque d'efficacité du charbon actif d'après Alain Beaufile.

Une autre intervenante du même avis qu'Alain Beaufile, contredit l'avis d'euthanasier les oiseaux atteints de mazoutage, il s'agit d'Anne-Laure Dugué, responsable du programme "Oiseaux en détresse" de la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO). Cette dernière met en avant le taux de contamination des oiseaux, il faut traiter au cas par cas et ne pas faire une généralité. Néanmoins, Anne-Laure Dugué reconnaît que pour certains individus les chances de survies sont réduites à néant lors d'une atteinte majeure et d'une trop forte exposition aux polluants mais l'euthanasie systématique relève de la facilité.

Cependant, Alain Beaufile estime que 90% des oiseaux mazoutés sont relâchés suite à des soins en centre et que la différence entre les individus soignés pour mazoutage et les autres n'existent pas.

De plus, un aspect est aussi évoqué ne relevant pas des soins des oiseaux, par Frédéric Jiguet, ornithologue et biologiste au Muséum National d'Histoire Naturelle, est la capacité des centres de soins à sensibiliser les publics aux impacts des catastrophes sur l'environnement.

En effet, lors de l'échouage des nappes de pétrole sur les littoraux, les populations locales peuvent se mobiliser pour venir en aide aux animaux ainsi qu'aux équipes chargées de nettoyer les traces d'hydrocarbures. Ici les centres de soins représentent une importante source de sensibilisation, notamment à travers des actions de lâcher des oiseaux précédemment contaminés.

Bien que cet article commence à être ancien au vu des avancées techniques et sociétales, il met en avant le manque d'études des comportements des oiseaux suite à une marée noire ainsi que d'un manque de temps pour soigner les oiseaux touchés. Néanmoins, un argument de la part d'Anne-Laure Dugué met en perspective la nécessité de prendre le temps de soigner ces oiseaux avec des relâchés pouvant s'étendre jusqu'à 5 ans après une marée noire. De plus, il est important de dialoguer entre les différents centres de soins mondiaux, en effet, dans cet article on peut observer une différence de résultats sur le taux de survie des oiseaux qui est visiblement lié à des techniques différentes quant aux soins apportés.

## **Conclusion**

Au cours des recherches pour ce rapport, plusieurs éléments importants sont apparus dans la problématique de la restauration des écosystèmes suite à une marée noire. Tout d'abord, un point essentiel a été abordé : la multitude de causes pouvant conduire à un épisode de marée noire ainsi que les différentes sources de pollution d'hydrocarbures dans l'océan.

En effet, dans le processus de restauration écologique, il y a une phase de diminution des pressions. Cependant, dans le cas des marées noires, le cadre est plus large et a été étudié au cas par cas. Néanmoins, les efforts quant à la réduction des phénomènes conduisant à ces marées noires ne sont pas à négliger et sont à poursuivre.

En effet, il est important de rappeler que les marées noires font l'objet d'un meilleur encadrement que dans les années 70/80 avec des réglementations en vigueur pour limiter les accidents à l'origine de ces catastrophes écologiques

De plus, bien que la Nature fait une grande partie du travail de réduction des déversements accidentels pétroliers avec les différents processus d'évaporation et de dispersion des nappes d'hydrocarbures, une partie de ces déversements va se retrouver sur des milieux littoraux plus ou moins sensibles à ces pollutions pétrolières nécessitant l'intervention humaine pour faciliter le retour de l'équilibre écosystémique dans les sites touchés.

Les techniques humaines de restauration ne sont pas infaillibles, comme nous avons pu le voir dans ce dossier, les milieux vont avoir une sensibilité plus ou moins accrue à une pollution pétrolière. L'intervention humaine dans ces milieux comme les marais maritimes peut causer plus de dommages environnementaux que la pollution elle-même. D'ailleurs il est important de rappeler que ces milieux vont prendre plusieurs années avant de retrouver leurs états initiaux avant la marée noire.

La restauration des écosystèmes marins suite à un épisode de marée noire passe donc par la diminution des accidents potentiels par l'innovation technologique ainsi qu'un renforcement des lois et réglementations internationales mais également par l'élaboration de nouvelles techniques qui ont pour but de détruire les nappes de pétrole n'étant pas nocif pour la biodiversité déjà atteinte par la pollution pétrolière. Néanmoins à ce jour, aucun site n'a été sujet à une "réelle" restauration avec une implantation de mollusques ou de plantes pionnières trop sensibles dans certains milieux.

## **Bibliographie**

Marcheur, T. ; Adebambo, O. ; Feijoo, M. ; Elhaimer, E. ; Hossain, T. ; Edwards, S. ; Morrison, C. ; Romo, J. ; Sharma, N. ; Taylor, S. ; Zomorodi, S. (2019). Effets environnementaux du transport maritime. Dans *Les mers du monde : une évaluation environnementale (deuxième édition) Volume III : Problèmes écologiques et impacts environnementaux* (pp. 505-530). Elsevier SA.

Gardaix Julien, Da Ros Emilie. Problèmes et enjeux de la marée noire du Prestige : l'exemple du risque de marée noire et de ses conséquences sur la Côte Aquitaine. In: *Travaux du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée*, n°23, Mai 2005 2004. pp. 27-48.

Claire Bouteloup. Agir pour la reconnaissance du dommage écologique des marées noires : attachements, stratégies et justification. Cas de l'Amoco Cadiz et de l'Erika. Gestion des risques [q-fin.RM]. AgroParisTech, 2015. Français. ffnNT : 2015AGPT0062ff. fftel-01755714f

PIOCH Sylvain, HAY Julien, LEVREL Harold, « Faraway, so close : les enjeux de la marée noire DeepWater Horizon vus depuis la France », *Natures Sciences Sociétés*, 2010/3 (Vol. 18), p. 305-308. URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2010-3-page-305.htm>

Samuel Robert. L'urbanisation du littoral : espaces, paysages et représentations. Des territoires à l'interface ville-mer. Géographie. Université de Bretagne Occidentale (UBO), Brest, 2019. fftel02350064f

Manoj Prasad, Nozomu Obana, S.-Z. Lin, Ken Sakai, Carles Blanch-Mercader, Jacques Prost, Nakao Nomura, Jean-François Rupprecht, Jacques Fattaccioli, A. S. Utada, Alcanivorax borkumensis Biofilms Enhance Oil Degradation By Interfacial Tubulation, paru le 18 août 2023 dans *Science*.

Brussaard, C., Peperzak, L., Beggah, S. et al. Effets écotoxicologiques immédiats des marées noires de courte durée sur le biote marin. *Nat Commun* 7 , 11206 (2016). <https://doi.org/10.1038/ncomms11206>

Paul Fattal, « Pollution des côtes par les hydrocarbures », *Cahiers Nantais* [En ligne], 2 | 2008, mis en ligne le 25 janvier 2021, consulté le 09 mai 2024. URL : <http://cahiers-nantais.fr/index.php?id=660>

Longo Mégan, "Le transport maritime de produits pétroliers" . Droit. 2011. ffdumas-01628287

Anneli Bohne-Kjersema, Arnfinn Skadsheim, Anders Goksøyra & Bjørn Einar Grøsvika, ; *Candidate biomarker discovery in plasma of juvenile cod (Gadus morhua) exposed to crude North Sea oil, alkyl phenols and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)* ; doi:10.1016/j.marenvres.2009.06.016

WALKER J., MAWET D.-P. Les marées noires : leurs origines et leurs effets sur l'environnement et l'homme. Paris: Gamma, 1995. 32 p. (Catastrophes Naturelles).

David Goeury. Les principales marées noires dans le monde depuis 1967 et les FIPOL.. France. 2014. (medihal-01091775)

### Sitographie

Définition déballastage et dégazage

<https://www.geo.fr/environnement/connaissez-vous-le-degazage-des-navires-210453>

<https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/deballastage-degazage>

Liste des marées noires

<https://www.notre-planete.info/environnement/eau/maree-noire.php>

<https://www.aa.com.tr/fr/monde/les-dix-plus-grandes-mar%C3%A9es-noires-de-lhistoire-infographie/1038945>

Ressources des fonds marins et exploitations des ressources

<https://www.un.org/fr/chronicle/article/lautorite-internationale-des-fonds-marins-et-lex-ploitation-mini%C3%A8re-des-grands-fonds-marins#:~:text=Ils%20contiennent%20une%20grande%20vari%C3%A9t%C3%A9,de%20titane%20et%20de%20niobium.>

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/petrole-et-gaz-offshore#:~:text=Une%20exploitation%20d'hydrocarbures%2C%20p%C3%A9trole,au%20fond%20de%20la%20mer.>

<https://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/economie/4-1-les-conditions-de-vie/les-ressources-des-grands-fonds.html>

Enseignements érika

<https://enseignants.lumni.fr/fiche-media/00000000827/le-nauffrage-du-petrolier-erika.html>

Informations du CEDRE sur les plus importantes marées noires

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Atlantic-Emress-Aegean-Captain#:~:text=Le%2019%20juillet%201979%2C%20%C3%A0,de%20l'%C3%AEle%20de%20Tobago.>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Odyssey>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Exxon-Valdez>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Guerre-du-Golfe>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Prestige>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Accidentologie/Accidents/Deepwater-Horizon>

Listes des produits chimiques étant autorisés par le CEDRE à être utilisé dans le cadre de la lutte anti-marée noire

[https://wwz.cedre.fr/content/download/3064/file/04\\_2023\\_internet\\_absorbants-flottants.pdf](https://wwz.cedre.fr/content/download/3064/file/04_2023_internet_absorbants-flottants.pdf)

[https://wwz.cedre.fr/content/download/3070/file/04-2023-internet\\_dispersants\\_mer.pdf](https://wwz.cedre.fr/content/download/3070/file/04-2023-internet_dispersants_mer.pdf)

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Dossiers/Produits-de-lutte/Produits-biodegradants>

<https://wwz.cedre.fr/Ressources/Dossiers/Produits-de-lutte/Desemulsifiants>

[https://wwz.cedre.fr/content/download/3063/file/07\\_2020\\_produit\\_lavage.pdf](https://wwz.cedre.fr/content/download/3063/file/07_2020_produit_lavage.pdf)

Source de discussion

<https://www.leparisien.fr/environnement/finistere-un-petrolier-coule-en-1980-peut-etre-a-l-origine-d-une-pollution-26-11-2019-8202792.php>

<https://www.ledevoir.com/environnement/437775/5-ans-apres-l-explosion-de-deepwater-horizon-des-lecons-a-tirer-rapidement-pour-le-saint-laurent>

<https://actu.epfl.ch/news/les-dessous-du-petrole-de-deepwater-horizon/>

<https://www.rts.ch/info/sciences-tech/environnement/9259363-les-marees-noires-sont-de-moins-en-moins-frequentes-et-devastatrices.html>

<https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2018/03/maree-noire-en-mer-de-chine-le-petrole-a-atteint-les-iles-du-japon#:~:text=11%20janvier%202018%2C%20le%20p%C3%A9trolier%20est%20toujours%20en%20proie%20aux%20flammes.&text=De%20par%20sa%20composition%2C%20le.de%20ce%20genre%20d'%C3%A9v%C3%A9nements.>

<https://archives.finistere.fr/histoires-animees/expositions-numeriques/aff-mar-la-une/nauffrage-de-lamoco-cadiz#:~:text=Le%2016%20mars%201978%20%C3%A0.000%20tonnes%20de%20p%C3%A9trole%20brut.>

<https://france3-regions.francetvinfo.fr/nouvelle-aquitaine/charente-maritime/la-rochelle/nauffrage-du-grande-america-demazoutage-oiseaux-processus-complexe-qui-ne-s-improvise-pas-1639916.html>

<https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20100615.RUE7051/oiseaux-mazoutes-tuez-les-ne-les-nettoyez-pas.html#:~:text=D%C3%A9mazouter%20un%20oiseau%20est%20une.argile%20directement%20dans%20l'estomac.>



Sites internet reprenant certaines solutions de restauration

<https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/agir-pour-la-faune-en-detresse/reponse-aux-catastrophes/soigner-un-oiseau-mazoute2/soigner-un-oiseau-mazoute#:~:text=Plusieurs%20cycles%20de%20lavage%20sont,%C3%A9viter%20tout%20risque%20de%20noyade.>

<https://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20100615.RUE7051/oiseaux-mazoutes-tuez-les-ne-les-nettoyez-pas.html#:~:text=D%C3%A9mazouter%20un%20oiseau%20est%20une%20argile%20directement%20dans%20l'estomac.>

<https://ressources-naturelles.canada.ca/le-bureau-de-la-scientifique-principale/financement-et-partenariats/occasions-financement/mise-au-point-dun-systeme-de-filtration-situ-filtre-en-mousse-pour-la-recuperation-de/mise-au-point-dun>

<https://www.enzynov.fr/blog/eliminer-le-petrole-des-plages-avec-des-solutions-enzymatiques>

## **Annexes**

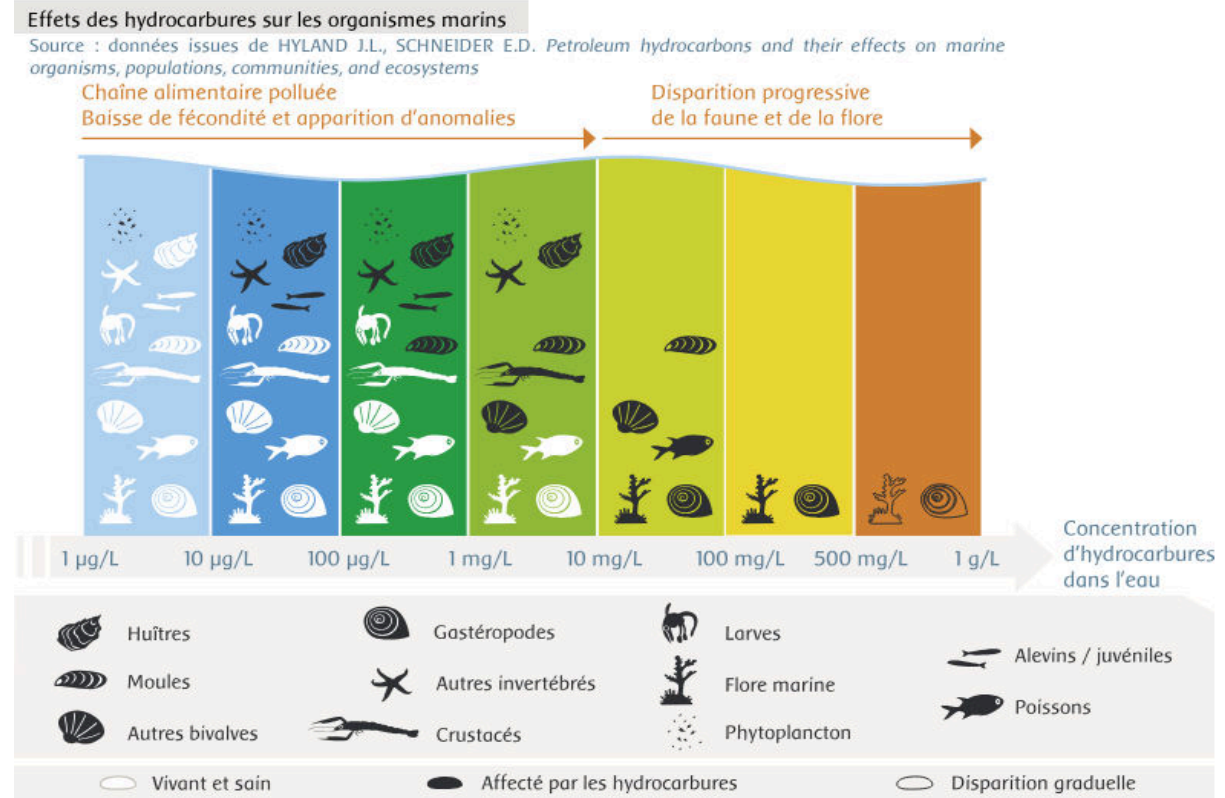
Annexe n°1 : Des boulettes de pétrole sur la plage de Ramatuelle, dans le golfe de Saint-Tropez, le 16 octobre 2018

Source : AFP, Gérard Julien



**Annexe n°2:** Schéma des effets de la concentration des hydrocarbures ( en mg/L) sur les organismes marins

Source : Schéma créé par le CEDRE avec les données issues de Hyland J.L, SCHNEIDER E.D, *Petroleum hydrocarbons and their effects on marine organisms, populations, communities and ecosystems*, 2007



**Annexe n°3:** Exemples d'engluements par des nappes d'hydrocarbures de la faune.

Source : 1ere photographie, prise par la LPO en 2003 lors de la catastrophe du Prestige. 2ème photographie, prise lors de la marée noire créée à la suite de l'explosion de la plateforme offshore DeepWater Horizon, juin 2010 par le journal local Reuters.



Annexe n°4 : Carte des principales marées noires dans le monde depuis 1967

Source : le site Articque



Les principales marées noires dans le monde depuis 1967

