



Mieux comprendre  
**Les marées noires**



Dossier pédagogique



Édition : *Cedre*, 29200 Brest - Juin 2006

Dépôt légal à parution

ISBN : 2-87893-079-7

Achevé d'imprimer sur les presses de Cloître Imprimeurs, 29800 Saint-Thonan



J'ai vécu ma première marée noire en mars 1978, celle de l'*Amoco Cadiz*. J'ai connu la puanteur et l'horreur des vagues noires que nous avons tenté sans succès d'arrêter avec un barrage dérisoire. J'ai cru sincèrement les peuplements marins et littoraux détruits à jamais. J'ai maudit ceux qui avaient fait ça. J'ai grimacé aux vacances de Pâques en entendant des « Parisiens » s'étonner que la mer ne soit plus toute noire « comme à la télé ». L'été arrivé, je me suis baigné près de Portsall, avec bien d'autres. Puis j'ai suivi avec étonnement le rétablissement progressif des peuplements et grincé des dents devant les dires des avocats d'Amoco.

La lutte contre les marées noires et les autres pollutions accidentelles des eaux est le métier des hommes et des femmes du *Cedre*. Nous sommes tous entrés dans ce métier à travers une expérience personnelle qui nous a appris à nous méfier des évidences trop simples. Nous avons tous pris conscience sur le terrain que c'est un sujet hautement conflictuel, voire passionnel. Spécialistes, nous nous devons de prendre tous les points de vue et tous les faits en compte, avec le maximum d'objectivité et de rigueur.

C'est ce à quoi nous nous sommes attachés dans ce dossier pédagogique, réalisé en partenariat avec Total mais rédigé intégralement par nous, en toute indépendance. Il fait partie d'un lot de documents pédagogiques intégrant des posters et des animations accessibles sur Internet. Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr) ou [www.planete-energies.com](http://www.planete-energies.com)

Michel Girin  
Directeur du *Cedre*





## Le pétrole

Qu'est-ce que le pétrole ? .....	8
Transport du pétrole .....	8
Pétrole au quotidien .....	11



## Les pollutions

Pollution des eaux .....	16
Marées noires .....	18
Rejets naturels .....	25



## Les sources

Rejets à terre .....	28
Accidents de pétroliers .....	30
Déversements opérationnels .....	36
Surveillance et répression .....	38
Terminaux, chantiers, plates-formes .....	40



## L'impact

Premiers effets .....	46
Devenir du pétrole .....	47
Pollution en mer .....	49
Pollution du littoral .....	50
Impact sur la faune, la flore .....	54
Facteurs de l'impact .....	59
Impact économique .....	60



## La lutte

Cadre organisationnel .....	64
Conduite de la lutte .....	69
Lutte en mer .....	74
Lutte à terre .....	80
Déchets .....	88



## La reconquête

Préoccupations .....	94
Devenir du pétrole .....	96
Retour des équilibres .....	99
Normalisation des activités .....	102
Prospective .....	106

Les mots et expressions marqués par \* dans le texte sont définis dans le glossaire, ceux définis par \* sont explicités dans la bibliographie.



Lexique .....	p.112
Bibliographie .....	p.116
Crédit photos .....	p.118





# Le pétrole

Pourquoi tant de transport d'hydrocarbures par voie maritime ?

- Qu'est-ce que le pétrole ?
- Transport du pétrole
- Pétrole au quotidien





## QU'EST-CE QUE LE PÉTROLE ?

### Genèse du pétrole

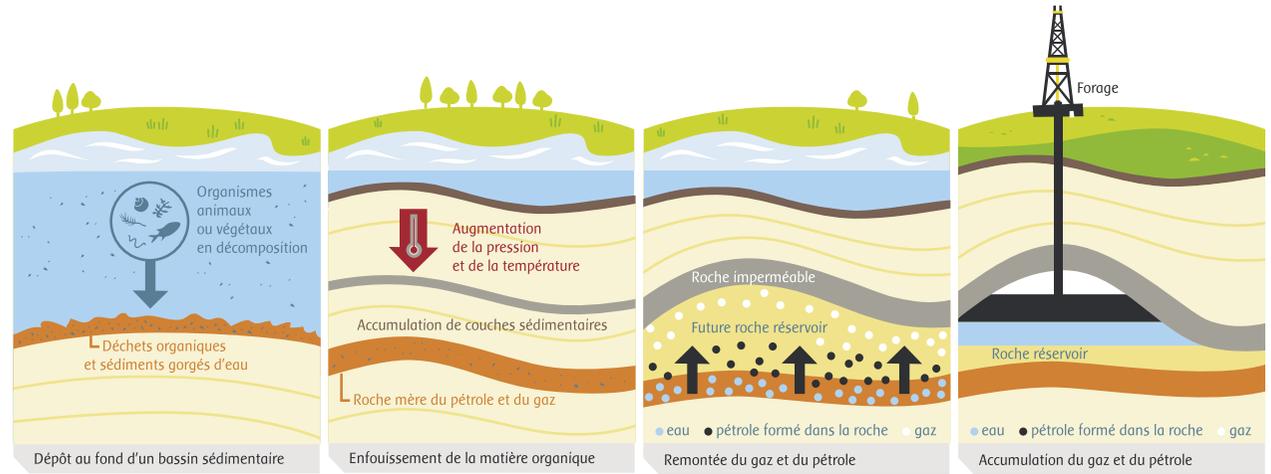
Le pétrole brut\* résulte de la transformation, sous des pressions élevées et à l'abri de l'oxygène, de débris organiques (animaux ou végétaux) des peuplements marins. Mêlés aux sédiments, progressivement enterrés par le dépôt de nouvelles couches sous les effets combinés de l'augmentation de la température et de la pression, ces déchets subissent des remaniements moléculaires. Ils deviennent alors des liquides ou des pâtes essentiellement composés d'hydrocarbures\*, molécules à base d'hydrogène et de carbone assemblées en chaînes plus ou moins complexes. À ces hydrocarbures s'ajoutent des proportions variables de soufre, d'azote, d'oxygène et des traces de multiples métaux.

Au cours des temps géologiques, le pétrole dès sa formation commence sa migration vers la surface de la terre. Il va rencontrer sur sa route des roches poreuses appelées roches réservoirs dans lesquelles il va s'accumuler et former des gisements pétroliers.

Chaque pétrole brut est un mélange unique de milliers d'hydrocarbures, variable non seulement d'un gisement à l'autre, mais aussi au sein d'un même gisement. Les hydrocarbures sont, pour la plupart, des liquides plus légers que l'eau, à pression atmosphérique et aux températures habituelles de la vie humaine. ■

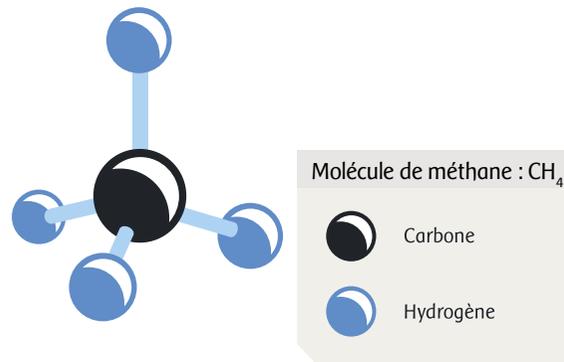
➔ Le mot pétrole vient du latin *petra* (pierre) et *oleum* (huile), c'est-à-dire « huile de pierre ».

### Genèse du pétrole



### \* en savoir plus

Pour tout connaître sur la chaîne du pétrole et du gaz, visitez le site [www.planete-energies.com](http://www.planete-energies.com).



## TRANSPORT DU PÉTROLE

### Quantités et modes de transport

La presque totalité du pétrole brut\* et des quantités importantes de produits raffinés font l'objet de transports sur de longues distances. Tout transport, qu'il soit par voie terrestre ou maritime, implique des risques d'accident.

Le transport par oléoducs\* (pipelines\*) des zones d'exploitations vers les zones de consommations, certes plus sûr que le transport par navire, train ou camion, n'est pas pour autant exempt de tout risque : les cas de fuites dues à des négligences, des imprudences ou même des attentats sont nombreux. De plus, les oléoducs ne peuvent pas satisfaire tous les besoins : leur implantation n'est ni physiquement, ni politiquement possible partout.

La moitié du pétrole brut consommé à travers le monde circule pour ces raisons par voie maritime. En 2003, 1 700 millions de tonnes de pétrole brut et près de 500 millions de tonnes de produits raffinés (ex : essence, kérosène\*, fioul\*, bitume\*) ont ainsi transité par voie maritime, grâce à une flotte pétrolière dont l'effectif s'élevait à 3 550 navires. En retenant une capacité moyenne de transport de 100 000 tonnes d'hydrocarbures\* par pétrolier\*, cela représente 22 000 trajets entre les pays producteurs et les pays consommateurs, sur des distances considérables, avec en moyenne deux semaines de route par voyage et un à plusieurs passages dans des zones à risques.

Par ailleurs, de nombreux caboteurs, barges et péniches sillonnent en permanence une multitude de routes côtières et fluviales, avec plusieurs centaines ou milliers de mètres cubes de produits raffinés à bord. Enfin, de multiples produits chimiques d'origine pétrolière (ex : benzène) sont transportés par voies maritimes et fluviales dans des navires-citernes spécialisés (chimiquiers), dans des conteneurs et dans des barges.

→ Sur une production mondiale de pétrole brut\* voisine de 3,5 milliards de tonnes par an, environ la moitié est exportée par voie maritime depuis le Moyen-Orient, l'Afrique et l'Amérique latine vers l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie du Sud-Est.

## Production et consommation

Depuis la fin des années 1970, la consommation mondiale de pétrole brut\* ne cesse d'augmenter. Elle avoisine maintenant 3,5 milliards de tonnes par an, représentant 40 % de l'énergie consommée par l'homme. Cette consommation est essentiellement le fait des pays industrialisés et dépasse très largement leurs ressources propres. L'industrie du pétrole est, de ce fait, construite sur deux grandes composantes répondant à une logique géographique, économique et technique :

- l'exploration et la production, étroitement liées aux régions du monde où la nature a placé les principaux gisements ;
- le raffinage\* et la distribution, fortement liés à la localisation géographique des zones de consommation.

### Évolution du tonnage de pétrole transporté dans le monde

Sources : réalisé à partir de BAUQUIS P.-R., BAUQUIS E. *Comprendre l'avenir : pétrole et gaz nature\** et de Catastrophes maritimes. *Sciences Ouest*, 2002. n°185, p.20



volume global  
x 6



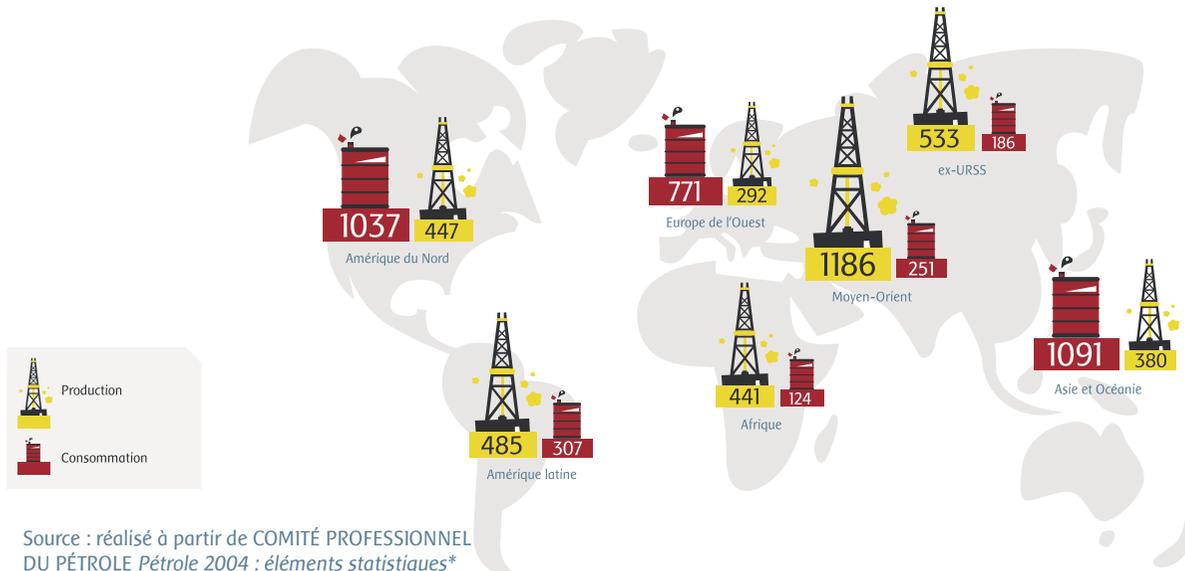
1952

2002



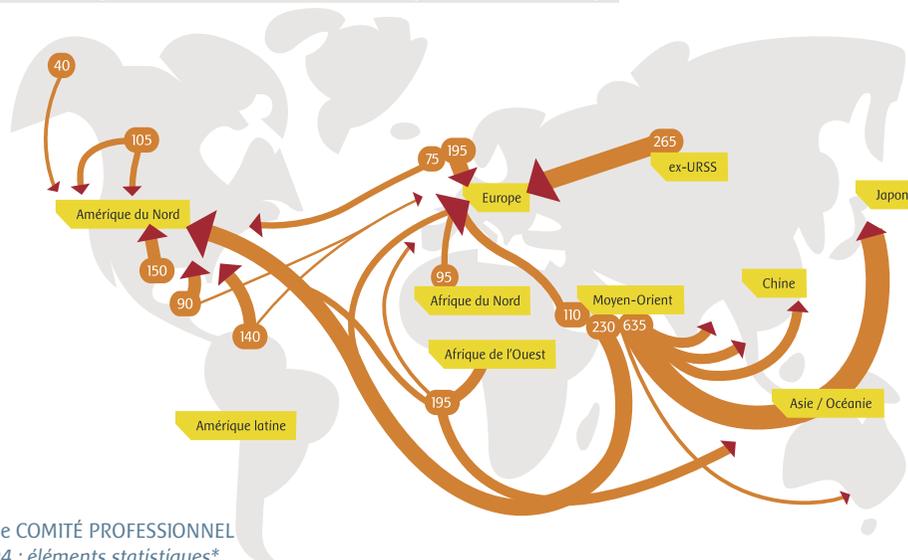
volume d'hydrocarbures  
x 10





Source : réalisé à partir de COMITÉ PROFESSIONNEL  
DU PÉTROLE *Pétrole 2004 : éléments statistiques\**

Production et consommation du pétrole dans le monde en 2004 (millions de tonnes)



Source : réalisé à partir de COMITÉ PROFESSIONNEL  
DU PÉTROLE *Pétrole 2004 : éléments statistiques\**

Principaux flux du transport de pétrole dans le monde en 2004 (en millions de tonnes)

## Zones à risques

Les zones à risques sont les caps et les détroits où plusieurs flux de navires se concentrent.

Chaque jour, plus de 300 navires passent ainsi dans un sens ou un autre à la pointe de la Bretagne transportant plus de 600 000 tonnes de produits dangereux (hydrocarbures\*, produits chimiques, radioactifs ou explosifs). Cette zone, une des plus dangereuses du globe, détient le triste record mondial des tonnages d'hydrocarbures déversés lors d'accidents de navires.

Le Pas-de-Calais, le détroit de Gibraltar, le détroit de Malacca, le Bosphore sont d'autres zones de dangers. La croissance de l'exportation du pétrole russe à travers la mer Baltique crée là un fort trafic, donc des risques.

Toutes ces concentrations de navires sont sources potentielles de déversements d'hydrocarbures par défaillances de la structure du bateau, abordages\*, échouements\* ou naufrages.

Le risque ne serait ni supprimé, ni même sensiblement réduit, si le raffinage\* était entièrement effectué dans les pays producteurs. La consommation restant inchangée, il faudrait transporter sur les mêmes distances des dizaines de produits raffinés, dont certains sont plus délicats à manipuler et plus dangereux pour l'environnement que le pétrole brut\*.

## Transport des produits raffinés

Le transport des produits raffinés est déjà considérable. Les routes empruntées varient en fonction des fluctuations de l'offre et de la demande, les principaux volumes circulant d'un pays industrialisé à l'autre. Les produits varient aussi, des essences les plus légères totalement évaporables, aux fiouls lourds évaporables à moins de 10 %.

Les fiouls lourds pour centrales thermiques, très demandés par les pays qui, comme l'Italie, ont rejeté l'électricité nucléaire, sont des polluants redoutés. Ainsi, la plus grave marée noire que le Japon ait connue à ce jour a été provoquée par le naufrage, le 2 janvier 1997, d'un pétrolier russe, le *Nakhodka*, transportant de Shanghai (Chine) à Vladivostok (Russie) une cargaison de fioul lourd. Les marées noires de l'*Erika* (France, 1999) et du *Prestige* (Espagne, 2002) sont aussi le résultat d'accidents de transport de fioul lourd.



Proue retournée du *Nakhodka*

## Gestion des risques

Les risques sont variés en termes de nature et de localisation géographique. Les routes principales du pétrole brut sont statistiquement les lieux où un accident majeur peut avoir lieu. Mais n'importe quel transport occasionnel peut être la source d'une catastrophe.

Il faut donc, tout au long des routes mondiales du pétrole, de l'extraction du brut à la distribution des produits raffinés, mesurer les risques et mettre en place la meilleure prévention possible. Il est indispensable de s'organiser pour lutter efficacement contre l'accident et faire cesser tous les déversements liés à la négligence. ■



## ● PÉTROLE AU QUOTIDIEN

### Produits du raffinage

Le raffinage consiste à séparer les hydrocarbures en familles de produits aux points d'ébullitions comparables (on parle ici de coupe pétrolière). Les essences s'évaporent à la température ambiante. Les huiles et fiouls lourds ne se vaporisent qu'au-dessus de 400°C. Les différentes fractions de la coupe pétrolière ainsi réalisée sont débarrassées des impuretés présentes dans le pétrole brut.

Les composés intéressants pour l'industrie chimique, en particulier les solvants et les matières plastiques, sont isolés. La consommation globale de produits pétroliers et leur répartition entre le transport, le chauffage, la production d'électricité et d'autres usages sont très variables d'un pays à l'autre.



Vue de nuit de la raffinerie de la Mède (Provence, France)



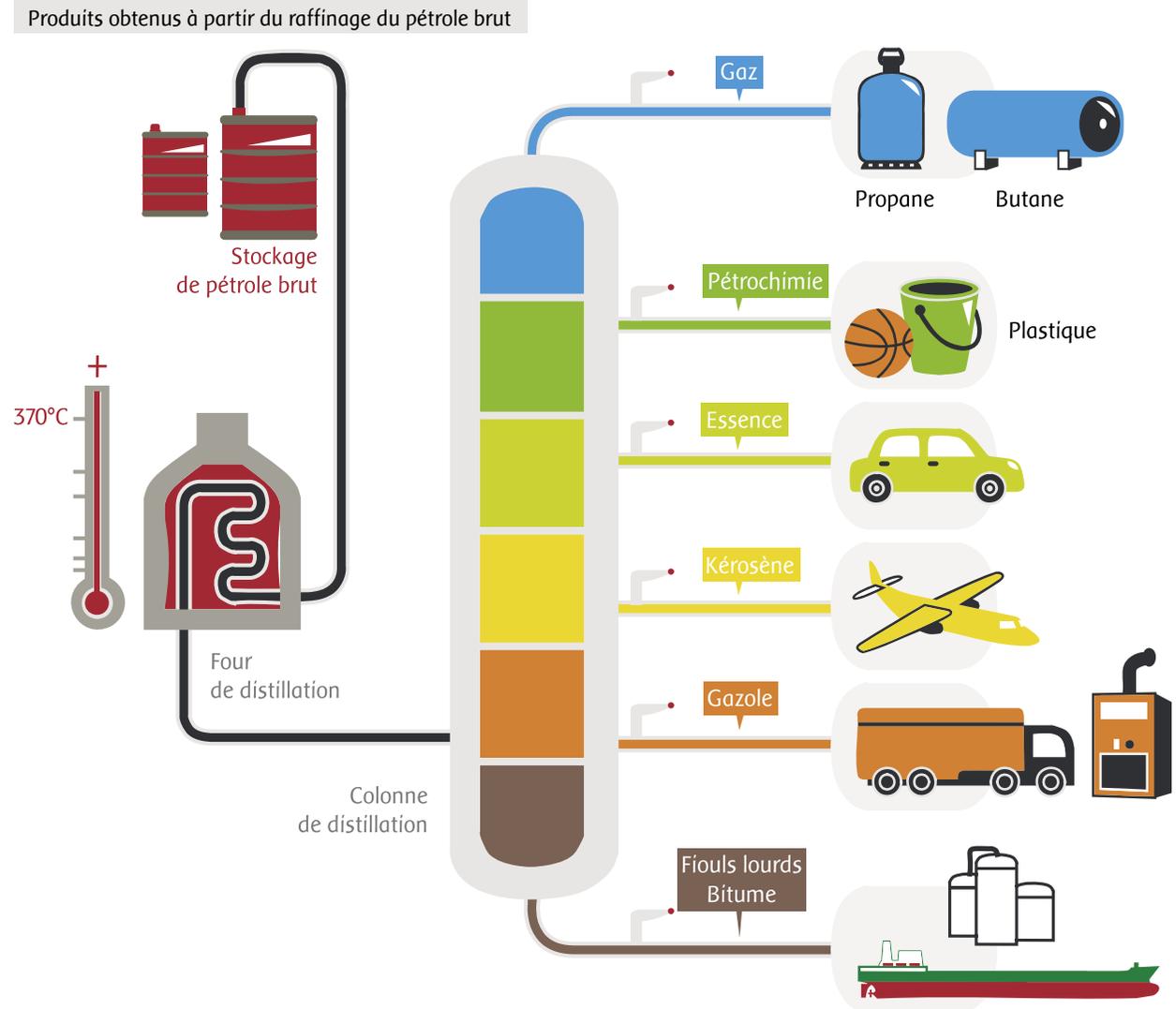
## Consommation

Plus de la moitié des produits consommés en France sont destinés aux véhicules à moteur : tout ce qui roule, vole ou navigue est animé par l'énergie issue des hydrocarbures\*, à l'exception des trains (électriques), des rares navires à propulsion nucléaire et des voiliers. Le transport est le premier utilisateur du pétrole importé par la France. Les produits pétroliers constituent sa source d'énergie majoritaire. Ils sont donc difficilement remplaçables pour cet usage et la consommation continue à augmenter, en particulier pour le gazole et le kérosène\*.

L'usage des produits pétroliers comme énergie de chauffage et de génération d'électricité a diminué considérablement ces vingt dernières années. Le fioul\* domestique (mazout\*), qui représentait le tiers des ventes d'hydrocarbures en 1979, n'en représentait plus que le cinquième en 2001. Les produits pétroliers ne sont plus aujourd'hui qu'une source d'énergie thermique parmi d'autres (gaz, nucléaire), alors que se développent d'autres utilisations plus nobles.

## Utilisations nobles

Plutôt que d'être simplement brûlé, le pétrole fait de plus en plus l'objet d'utilisations nobles, à travers la pétrochimie\*. Associé à du gaz naturel, il permet de produire des matières plastiques, des fibres, des caoutchoucs et des détergents synthétiques, des engrais, des solvants, des pesticides, des médicaments et bien d'autres produits générateurs d'une valeur ajoutée sans commune mesure avec l'usage pour la combustion.



Ces produits couvrent une très large gamme d'usages allant de la vie quotidienne (récipients en plastique, mobilier, revêtements) à la haute technologie (films informatiques, matériaux de l'industrie spatiale), en passant par les travaux publics (feutres perméables, films d'étanchéité), la santé humaine et animale (seringues), le transport (pneus, carrosseries) et bien d'autres secteurs.

Certains produits comme les anti-adhérents ou les dispersants peuvent même servir à lutter contre des pollutions par hydrocarbures ou produits chimiques. Mais d'autres, comme les pesticides, peuvent être eux-mêmes sources de pollution des eaux en cas d'usage inadéquat. Les sacs et bouteilles en plastique, peuvent devenir aussi des polluants lorsqu'ils sont abandonnés, par négligence dans la nature ou encore déversés accidentellement en rivière ou en mer.



Ce qu'il faut éviter : objets en plastique abandonnés dans la nature

## Bon usage et recyclage

Les pétroles bruts ou raffinés transportés sur les mers sont sources de pollution, mais chacun d'entre nous peut aussi être à l'origine de pollution par des produits pétroliers. En effet, les produits fabriqués par l'homme peuvent être plus ou moins bien utilisés et plus ou moins bien recyclés. Les sacs et bouteilles en plastiques, dont la commodité a fait le succès, sont ainsi devenus ces dernières décennies une véritable nuisance pour avoir été trop souvent jetés sans précaution, n'importe où.

L'industrie contribue au bon usage des produits nobles issus de la pétrochimie par des recommandations aux utilisateurs. Elle contribue aux frais de recyclage des emballages à travers une cotisation sur ses ventes, la cotisation éco-emballages. ■

- Le plastique, produit dérivé du pétrole, lorsqu'il est recyclé permet de fabriquer des emballages non alimentaires, des montres, des tuyaux, des vêtements d'hiver...  
Il faut 10 bouteilles d'eau en plastique pour fabriquer un pull en laine polaire.



Produits pétroliers à haute valeur ajoutée

## Tri sélectif : collecte en apports volontaires

Le point vert est organisé et dimensionné pour réceptionner différents types de déchets (verre, papier, carton, journaux...). Pour être acceptés, tous les déchets recyclables doivent être correctement triés.







# Les pollutions

D'où vient ce qui s'échoue sur les plages ?

- Pollution des eaux
- Marées noires
- Rejets naturels



## POLLUTION DES EAUX

### Définitions



Les définitions de la pollution des eaux se focalisent principalement sur les déversements dus à l'homme. Elles excluent les suintements naturels d'hydrocarbures\*, les éruptions au fond des mers proches des côtes, les coulées de boue sur le talus continental, les apports de sédiment par les crues des fleuves. Les phénomènes naturels n'entrent pas dans le champ du mot pollution tel qu'il est utilisé ici.

### \* en savoir plus

**Pollution de l'eau** : introduction de déchets industriels et institutionnels ou d'autres matières nocives ou nuisibles, en quantité suffisante pour entraîner une dégradation mesurable de la qualité de l'eau.

(Source : dictionnaire en ligne de Environnement Canada. Reproduit avec la permission du ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux, 2006).

**Pollution des mers** : introduction par l'homme dans l'environnement marin, directement ou non, de substances ou d'énergie générant des effets néfastes pour l'environnement ou susceptibles d'affecter la santé humaine, les activités halieutiques, les sites, les aménagements, l'utilisation de l'eau de mer.

(Source : Organisation Maritime Internationale).

L'océan mondial est l'objet de nombreuses pollutions directes en provenance des activités humaines qui s'exercent à sa surface, dans ses eaux et sur ses rives. Le transport maritime, la pêche, l'aquaculture, le tourisme, l'exploitation des sables et graviers, les forages sous-marins, les industries littorales, les activités de défense nationale... apportent des quantités plus ou moins grandes de rejets minéraux, organiques, chimiques ou radioactifs, sous des formes solides, liquides ou gazeuses.

Mais dans bien des régions côtières, ces déversements directs en mer ne représentent que des apports minimes par rapport aux pollutions prove-

nant du réseau hydrographique et des mouvements de l'atmosphère. En effet, les fumées industrielles, automobiles et urbaines, les rejets ménagers, industriels et agricoles en rivière, finissent, pour une large part, en mer, après un parcours plus ou moins long.

### Problèmes

La grande majorité des déversements fait partie de ce que l'on appelle les pollutions chroniques\* : rejets permanents ou semi-permanents, autorisés ou illicites. Les rejets autorisés obéissent à des normes conçues pour limiter leur impact sur des zones prédéfinies et à des niveaux jugés acceptables par des

### Les pollutions en route vers la mer

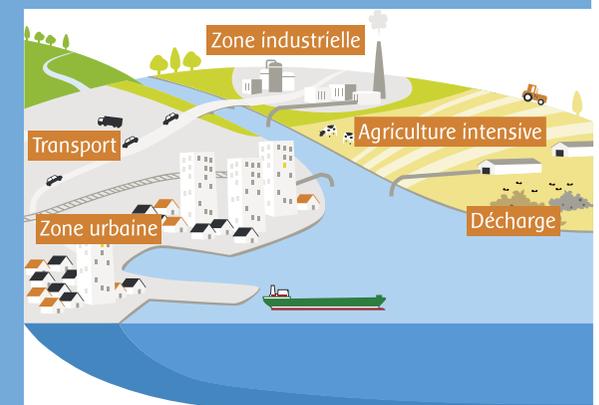
(Source : TRACQUI V. et al. *Copain des mers*)

La mer est un immense réservoir de vie et une source d'alimentation importante pour des millions d'hommes. Pourtant, nous prenons encore les océans pour des poubelles, car plus de la moitié des déchets jetés à la mer viennent des continents : par l'eau et par l'air.

Tout arrive à la mer :

De leur source jusqu'à l'embouchure, les rivières et les fleuves reçoivent les eaux de pluie. Ils emportent des tonnes de résidus ménagers, agricoles et industriels vers la mer. Les estuaires, où de nombreux

poissons viennent se reproduire, sont les premiers touchés par la pollution. Par le jeu des marées et des courants, la vase empoisonnée du fleuve est emmenée vers le large.





Rejet industriel en rivière

autorités nationales ou des commissions internationales. Les rejets illicites peuvent prendre des formes diverses : dépassement des normes, adjonction d'un produit, déversement en un lieu non autorisé.

Les capacités de contrôle et de sanction des dépassements des normes ne sont pas toujours à la hauteur des besoins. La prévention des rejets illicites est aujourd'hui plus l'apanage des pays riches qu'une réalité mondiale. Nombre de pays pauvres ont d'autres préoccupations plus urgentes que le contrôle et la prévention des rejets, à commencer par la couverture des besoins alimentaires de base de leur population et de leur sécurité physique.

Aux rejets chroniques s'ajoutent des pollutions accidentelles\* : déversements minimes ou massifs d'hydrocarbures\*, de produits chimiques, de matières organiques ou d'autres éléments. Elles résultent principalement de négligences, d'erreurs de conception,

de défauts d'entretien, de défaillances humaines ou mécaniques.

Les marées noires\* sont souvent un des premiers exemples de pollution qui vient à l'esprit, parce qu'elles sont particulièrement visibles, avec des effets immédiats dramatiques. Prévenir et lutter contre les marées noires n'est pas une action isolée. C'est une composante du combat général que nous devons mener contre toutes les formes de pollution pour nous-mêmes et pour ceux qui viendront après nous.

Cette lutte contre les pollutions n'est pas simple. Proscrire totalement le transport maritime du pétrole brut\* n'est pas réaliste et ne supprimerait pas les marées noires.

Bien lutter contre les pollutions quelle qu'en soit la nature impose avant tout de bien les connaître. Il faut combattre sur de multiples fronts pour réduire chacune des sources de déversement. Réduction n'est pas éradication et, lorsque la prévention est prise en défaut, il n'y a pas de solution de lutte unique, mais toute une panoplie de moyens entre lesquels la combinaison la mieux adaptée à la situation doit être trouvée. ■



Irisations\* caractéristiques d'une pollution de ruisseau engendrée par hydrocarbures\*

## MARÉES NOIRES

### Déversements d'hydrocarbures



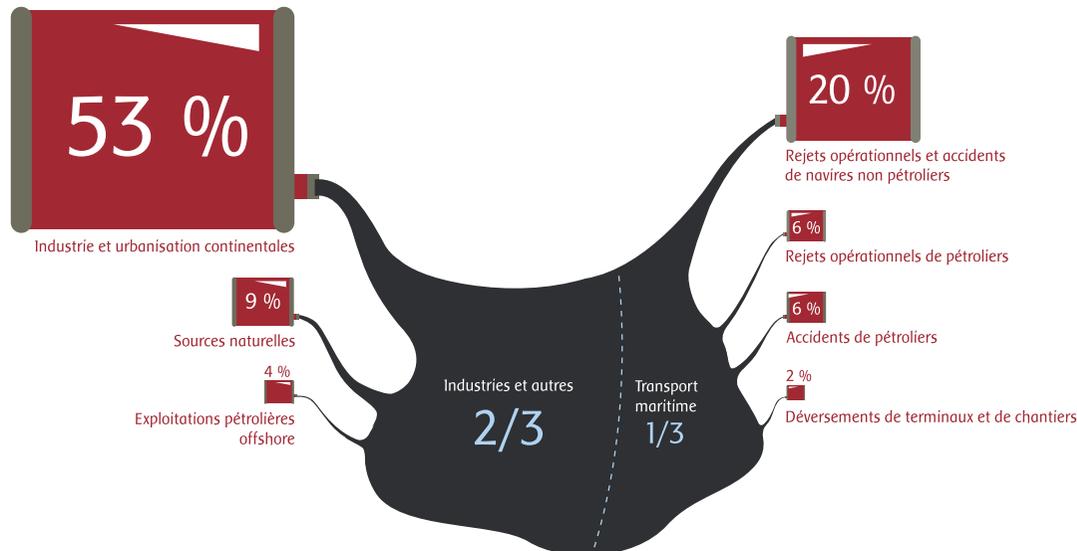
Pour développer des stratégies de prévention et de lutte bien adaptées, il est indispensable de connaître les sources des rejets d'hydrocarbures\* dans le milieu marin ainsi que leur contribution au phénomène de marées noires\*. Ce n'est pas une tâche facile. Si les accidents sont bien documentés, il n'en est pas de même pour le reste. Ainsi, les rejets opérationnels\* des navires ne peuvent être évalués que de manière approximative. De même, la fiabilité des données sur les rejets industriels et urbains est très variable d'un pays à l'autre. Enfin, l'ampleur des déversements à partir des sources naturelles ne peut être estimée

que de manière très globale. On ne s'étonnera donc pas de voir les quantités annoncées varier très largement d'une source documentaire à l'autre.

Le schéma ci-dessous rassemble les données utilisées comme références dans le cadre des travaux de l'Organisation Maritime Internationale. Nous n'avons représenté ici que les déversements directs dans l'eau, excluant la part des rejets atmosphériques que les pluies et le ruissellement transfèrent dans l'eau. La méthode utilisée pour les estimations de ces derniers n'est pas comparable d'une source documentaire à l'autre, ce qui génère des évaluations incohérentes.

#### Déversement d'hydrocarbures dans la nature en 2000

Source : données issues de CLARK. *Marine pollution\**



### Catastrophes et boulettes de pétrole

La quasi-totalité du pétrole transporté par voie maritime parvient à bon port. Mais il arrive qu'une défaillance technique ou humaine, souvent dans des conditions météorologiques extrêmes, fasse que toute ou une partie de la cargaison se déverse dans la mer. La marée se fait alors noire.

Si l'on demande à une classe d'évoquer ce qu'exprime pour elle le terme « marée noire\* », la première image qui vient est celle d'un superpétrolier\* éventré, déversant des centaines de milliers de tonnes de pétrole sur le littoral proche. Deux cas récents seront facilement cités par les élèves : les drames de l'*Erika* et du *Prestige*. Les catastrophes de l'*Amoco Cadiz* en France et de l'*Exxon Valdez* en Alaska pourront également être abordées car elles ont marqué la mémoire collective. D'autres accidents, moins graves mais qui ont fait l'actualité sur le moment, pourront



Arrivée d'une nappe de pétrole importante

aussi être évoqués, comme l'échouement<sup>o</sup> du pétrolier<sup>o</sup> caboteur *Jessica* aux Galápagos. Dans tous les cas, la description des élèves se centrera, en général, sur les images de la télévision et de la presse : des vagues noires qui viennent souiller les rochers et les plages, des oiseaux ou des phoques englués, épuisés, qui attendent la mort, des hommes en cirés maculés qui pataugent et luttent dans des espaces infinis recouverts d'une matière visqueuse.



Arrivage de polluant à la côte

Les coupables sont évidents : les pétroliers géants, vite qualifiés de pétroliers de la honte. Ils longent les côtes de trop près pour arriver quelques heures plus tôt à destination sur les instructions d'armateurs<sup>o</sup> anonymes, avides de gain et insouciants de l'environnement, cachés derrière des pavillons de complaisance<sup>o</sup>.

C'est seulement après cette première vague d'images choc qu'il devient possible de chercher à faire sortir d'autres idées des mémoires, en lançant des questions comme : vous avez pensé aux pétroliers, mais une marée noire peut-elle résulter d'un déversement accidentel à terre ? D'une explosion sur une plateforme de forage ? D'un naufrage de chalutier ou de cargo ? D'un acte de malveillance ? D'une guerre ? D'où viennent les boulettes<sup>o</sup>, galettes ou plaques de pétrole que l'on trouve régulièrement sur certaines plages ou certaines côtes rocheuses ? Pour vous, cela fait-il partie des marées noires ?

Ces questions déclenchent inévitablement des réponses discordantes, des prises de position. Un élève pourra citer une grande marée noire provoquée autrefois par l'explosion d'une plateforme de forage dans le golfe du Mexique. Un autre pourra évoquer la marée noire provoquée par le sabotage des puits de pétrole koweïtiens pendant la guerre du Golfe. Un autre encore parlera de pétroliers coulés par des missiles pendant la guerre Iran-Irak. Le mot « dégazage<sup>o</sup> » pourra être prononcé, en relation avec la présence de taches de pétrole sur les plages.

Peu importe en fait les images évoquées par les élèves, du moment qu'elles leur permettent de dépasser la seule vision d'une marée noire<sup>o</sup> catastro-

phique provoquée par un superpétrolier. Les marées noires peuvent être grandes ou petites. Elles peuvent résulter de phénomènes accidentels (naufrage, collision, échouement, explosion) ou chroniques, de l'inconséquence des hommes ou de leur violence, de défaillances techniques ou de catastrophes naturelles. Elles peuvent venir du large, se produire sur le littoral lui-même, ou provenir de l'intérieur des terres par les fleuves. Elles font partie du vaste ensemble multiforme de la pollution des eaux, qui nous concerne tous et qui met en jeu notre responsabilité vis-à-vis des générations futures.

### Témoignage suite à la catastrophe de l'*Amoco Cadiz*.

(Source : exposition itinérante *Catastrophes maritimes*, Erika, Espace des Sciences de Rennes)

« D'abord l'odeur du pétrole partout, dans le vent, dans les maisons, rien d'autre comme odeur à des kilomètres à la ronde que celle du pétrole. Puis en arrivant près de la côte le silence. Le vent souffle mais ne soulève aucun écho sur la mer.

Une fois les dunes passées, on sait pourquoi la mer est muette. Elle est comme alourdie, fatiguée, elle est au bout du rouleau. Péniblement elle lève une vague molle et sombre, couleur chocolat noir. On dirait qu'elle va crever, ne plus bouger et que ce sera fini. Les gens de la côte sont là, à son chevet, murés dans leur silence, K.-O. debout. »



Rejeter des hydrocarbures dans l'eau n'est pas totalement interdit

L'Organisation Maritime Internationale fixe à 15 parties par million (ppm) la concentration autorisée en hydrocarbures des rejets par un navire au large (ces limites sont différentes dans le cas de rejet d'hydrocarbures de cargaison).

Dans les zones maritimes sensibles (dites zones « spéciales »), les rejets d'hydrocarbures de propulsion et de lubrification restent autorisés dans la limite des 15 ppm aux navires autres que pétroliers. Tout rejet est interdit en zone spéciale Antarctique.

La réglementation française fixe des seuils pour les rejets d'hydrocarbures dans l'eau par les installations industrielles classées, dans des limites liées à la capacité de dégradation naturelle des milieux. Ces règles qui président à la rédaction des arrêtés préfectoraux sont fixées par l'arrêté du 2 février 1998 et ses mises à jour relatives aux « prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux rejets de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ».



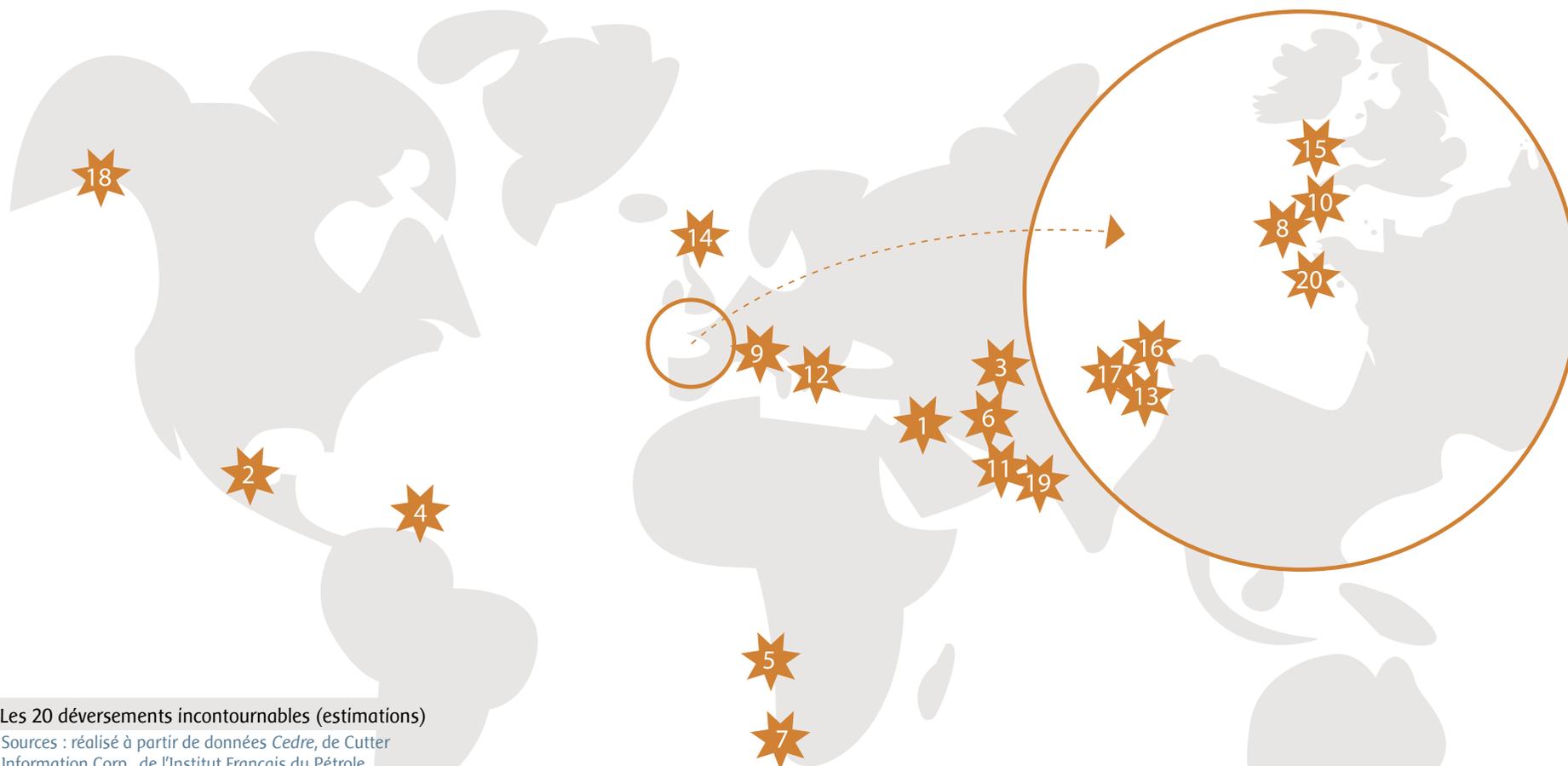
Images symboliques de la marée noire de l'*Amoco Cadiz* (Bretagne, France)

## Marées noires incontournables

Le terme « marée noire » ne signifie pas seulement présence d'hydrocarbures dans le milieu marin. Il s'agit d'un déversement brutal et localisé dépassant ce que le milieu est capable d'assimiler naturellement sans dommage. Comme tout phénomène, celui des marées noires a ses records. Les accidents de pétroliers y tiennent une place majeure mais non dominante puisque situés derrière un acte de guerre et une éruption de puits offshore.

Il n'est cependant pas nécessaire de faire partie des records de volume pour entrer dans l'histoire. Ainsi, la marée noire de l'*Exxon Valdez* en Alaska, qui fut très médiatisée, est aujourd'hui de très loin la plus chère de l'histoire avec 2,5 milliards de Dollars dépensés pour le nettoyage et l'indemnisation des victimes, plus une amende (dommage punitif) de 4 milliards pour laquelle le groupe Exxon a fait appel. Or cette marée noire ne comptait « que » 40 000 tonnes de pétrole brut déversées. Plus près de nous, avec un déversement de 20 000 tonnes de fioul lourd, l'accident de l'*Erika* a provoqué des réactions du grand public comparables à celles qui avaient suivi 21 ans plus tôt le déversement des 227 000 tonnes de pétrole brut de l'*Amoco Cadiz*. Venant affecter certaines zones déjà touchées par la pollution de l'*Erika*, les 64 000 tonnes de fioul lourd déversées par le *Prestige 3* ans plus tard au large de la Galice ont donné une nouvelle impulsion aux émotions de l'après-*Erika* qui commençaient à s'essouffler.

C'est cette combinaison d'un déversement d'ampleur, pas nécessairement record et d'un contexte particulier qui fait qu'une marée noire va marquer l'histoire.



Les 20 déversements incontournables (estimations)

Sources : réalisé à partir de données Cedre, de Cutter Information Corp., de l'Institut Français du Pétrole

1	~ 800 000 t	26 janvier 1991	Koweït	11	115 000 t	19 déc. 1972	Golfe d'Oman	Pétrolier <i>Sea Star</i>
2	~ 500 000 t	3 juin 1979	Golfe du Mexique	12	103 000 t	23 février 1980	Grèce	Pétrolier <i>Irenes Serenade</i>
3	299 000 t	2 mars 1992	Ouzbékistan	13	101 000 t	13 mai 1976	Galice, Espagne	Pétrolier <i>Urquiola</i>
4	276 000 t	19 juillet 1979	Tobago, Caraïbes	14	84 500 t	5 janvier 1993	Îles Shetland, Grande-Bretagne	Pétrolier <i>Braer</i>
5	260 000 t	28 mai 1991	Angola	15	73 000 t	15 février 1996	Pays de Galles, Grande-Bretagne	Pétrolier <i>Sea Empress</i>
6	250 000 t	4 février 1983	Iran	16	67 000 t	3 déc. 1992	Galice, Espagne	Pétrolier <i>Aegean Sea</i>
7	250 000 t	5 août 1983	Afrique du Sud	17	64 000 t	13 nov. 2002	Galice, Espagne	Pétrolier <i>Prestige</i>
8	227 000 t	16 mars 1978	Bretagne, France	18	40 000 t	24 mars 1989	Alaska, États-Unis	Pétrolier <i>Exxon Valdez</i>
9	144 000 t	11 avril 1991	Gênes, Italie	19	27 000 t	27 juillet 2003	Pakistan	Pétrolier <i>Tasman Spirit</i>
10	121 000 t	18 mars 1967	Pays de Galles, Grande-Bretagne	20	20 000 t	12 déc. 1999	Golfe de Gascogne, France	Pétrolier <i>Erika</i>
			Guerre du Golfe					
			Puits offshore IXTOC 1					
			Puits de Fergana					
			Pétrolier <i>Atlantic Empress</i>					
			Pétrolier <i>ABT Summer</i>					
			Puits offshore de Nowruz					
			Pétrolier <i>Castillo de Belver</i>					
			Pétrolier <i>Amoco Cadiz</i>					
			Pétrolier <i>Haven</i>					
			Pétrolier <i>Torrey Canyon</i>					

## Accidents de référence

### Torrey Canyon



Le 18 mars 1967, le pétrolier libérien *Torrey Canyon*, armé par une filiale américaine de l'Union Oil Company of California, chargé de 119 000 tonnes de pétrole brut, s'échoue entre les îles Sorlingues et la côte britannique. Malgré une mobilisation de tous les moyens de lutte disponibles, plusieurs nappes de pétrole dérivent en Manche et touchent au fil des semaines les côtes britanniques puis françaises. Des bombardiers de la *Royal Air Force* sont envoyés pour tenter d'incendier le navire. En mer, des dispersants sont utilisés. Ils se révélèrent plus toxiques que le pétrole déversé.

Cet accident fait découvrir à l'Europe un risque qui avait été négligé. Il donne naissance aux premiers éléments des politiques française, britannique et européenne de prévention et de lutte contre les grandes marées noires et à la mise en place de la convention internationale d'indemnisation des victimes.

### Amoco Cadiz

Le 16 mars 1978, à la suite d'une avarie de barre, après deux tentatives infructueuses de remorquage, le pétrolier libérien *Amoco Cadiz*, chargé de 227 000 tonnes de pétrole brut, s'échoue sur les roches de Portsall, dans le Nord Finistère en France. L'ensemble de la cargaison s'échappe au fur et à mesure que le navire se disloque sur les brisants, polluant 360 km de littoral entre les villes de Brest et de Saint-Brieuc. C'est la plus grande marée noire par échouement de pétrolier jamais enregistrée



L'*Amoco Cadiz* cassé en deux au large de Portsall (Bretagne, France)

dans le monde. Elle conduit le gouvernement français à revoir son plan de lutte antipollution (le plan Polmar), renforcer ses stocks de matériel (les stocks Polmar) et imposer des nouveaux rails de circulation en Manche.

L'État et les communes sinistrées engagent un long et difficile procès contre la société Amoco, aux États-Unis. Au terme de 14 années de procédure, ils finissent par obtenir 192 millions d'Euros d'indemnités, une petite moitié des sommes demandées.

### Exxon Valdez

Le 24 mars 1989, le pétrolier *Exxon Valdez* s'échoue dans la baie du Prince William (Alaska, États-Unis) avec 180 000 tonnes de pétrole brut à bord. Près de 40 000 tonnes partent à la mer, venant toucher plus de 1 700 km de côtes. C'est un choc psychologique considérable pour les États-Unis et le groupe Exxon, qui n'imaginaient pas une telle catastrophe possible. Des dizaines de milliers de volontaires et des moyens sans précédent sont mobilisés pour sauver oiseaux et mammifères marins et pour nettoyer le littoral plage par plage.

Un procès est engagé par l'administration américaine, des associations et des particuliers contre Exxon, qui se retourne vers ses assureurs.

De jugements en appels, le dossier n'est toujours pas clos à la rédaction de ce document. Mais, avec près de 2,5 milliards de Dollars payés à ce jour et une amende finale qui pourrait atteindre 4 milliards, il est déjà acquis que c'est de loin la pollution pétrolière la plus chère de l'Histoire.



Lavage à eau sous pression des rochers de la baie du Prince William (Alaska, États-Unis)

## Accidents récents en Europe

### *Haven*

Le 11 avril 1991, le pétrolier\* chypriote *Haven*, mouillé au large de Gènes (Italie), avec 144 000 tonnes de pétrole brut\* à bord, prend feu, explose et se brise en trois parties. L'une coule sur place et les autres en cours de remorquage. Malgré d'importantes opérations de lutte en mer, des nappes polluantes dérivent vers l'ouest, venant toucher de nombreux sites de la côte Ligure, puis de la Côte d'Azur française jusqu'à Hyères.

L'accident du *Haven* a soulevé des questions de fond sur les dommages écologiques et la restauration des fonds marins affectés, dans le cadre d'une législation nationale intégrant l'indemnisation du dommage environnemental.



Le *Haven* en feu (Italie)

### *Sea Empress*

Le 15 février 1996, le pétrolier\* libérien *Sea Empress*, chargé de 130 000 tonnes de pétrole brut\*, s'échoue

sur des rochers à l'approche du port de Milford Haven (pays de Galles, Grande-Bretagne). Il ne peut être libéré que 5 jours plus tard, après avoir perdu un peu plus de la moitié de sa cargaison. Malgré des épandages de dispersant\* et la mobilisation de six navires de lutte en mer, la pollution affecte plus d'une centaine de kilomètres de côtes. Une vaste zone est interdite à la pêche pendant plusieurs mois.

Les indemnisations ont soulevé des problèmes importants de principe sur le lien entre la pollution et les dommages économiques indirects.

### *Erika*

Le 12 décembre 1999, le pétrolier\* maltais *Erika*, pris dans la tempête, se brise en deux au large de la côte bretonne de Penmarc'h (Bretagne, France) avec 31 000 tonnes de fioul\* lourd à bord. Près de 20 000 tonnes viennent souiller le littoral français sur plus de 400 km, du Finistère à la Charente-Mari-



Naufrage de l'*Erika* (Bretagne, France)

time, avec des conséquences importantes pour les activités halieutiques et touristiques.

Le fioul resté emprisonné dans l'épave est pompé pendant l'été 2000. Des milliers de demandes d'indemnisations sont déposées par des particuliers, des entreprises, des collectivités locales et l'État.

L'accident met en évidence les limitations de l'organisation française Polmar face à une pollution de cette ampleur et un problème grave d'insuffisance du fonds international d'indemnisation. Cette dernière constatation conduit à la mise en place d'un fonds complémentaire (fonds de troisième niveau).

### *Prestige*

Le 13 novembre 2002, le pétrolier\* bahamien *Prestige*, en route vers Singapour avec 77 000 tonnes de fioul\* lourd demande assistance suite à une avarie\* de coque au large du cap Finistère (Galice, Espagne). L'équipage est hélicopté et le navire pris en remorque. Après 6 jours de remorquage à la recherche d'un port-refuge\*, le navire se brise en deux et coule par 3 500 m de fond. Plus de 60 000 tonnes de fioul dérivent en mer. Des opérations de lutte sans précédent permettent d'en récupérer le tiers en mer.

Le reste vient polluer au fil des semaines plus de 1 000 km de littoral en Espagne, puis en France, déclenchant la plus vaste opération de lutte jamais vue en Europe. Malgré les efforts de colmatage de l'épave, des suintements persistent, contraignant les autorités espagnoles à mettre au point et à réaliser pendant l'été 2004 une opération de pompage de l'épave par 3 500 m qui constitue une première technologique.



## Impact d'une marée noire

Une marée noire<sup>\*</sup> génère des impacts sur le milieu, sur ses peuplements et sur les activités économiques. La quantité de polluant déversée pèse naturellement lourd sur cet ensemble d'impacts. Mais la nature du produit en cause, le lieu et le contexte jouent énormément.

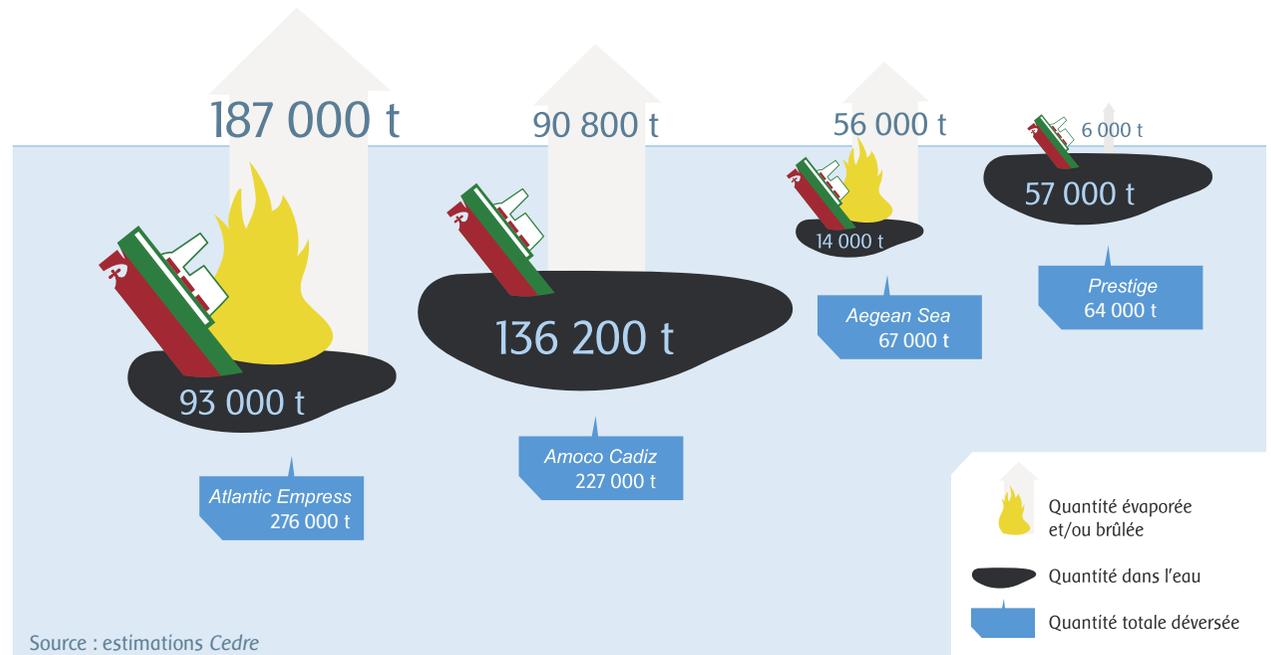
Plus le produit est léger, plus il s'évapore dans l'atmosphère, diminuant ainsi la quantité de polluant qui affecte le milieu marin. Certains pétroles bruts<sup>\*</sup> tels que ceux de la mer du Nord peuvent s'évaporer à plus de 40 %. À l'opposé, les fiouls<sup>\*</sup> lourds de l'*Erika* et du *Prestige* n'atteignent pas 10 % d'évaporation<sup>\*</sup>.

En cas d'incendie, le feu peut diminuer considérablement la quantité déversée qui affecte le milieu marin. Mais il est générateur de dangers d'un autre ordre et d'une pollution de l'air.

La distance séparant le lieu de déversement et la côte, la morphologie littorale, les vents et les courants permanents et saisonniers jouent sur l'importance et la forme de la pollution qui affecte le littoral. La nature même de ce littoral le rend plus ou moins sensible.

La répétition d'arrivages d'hydrocarbures<sup>\*</sup> dans une même zone, après quelques mois ou quelques années de répit, aggrave le déséquilibre des peuplements et des activités économiques en voie de rétablissement au risque de les faire basculer dans une situation irrémédiable.

Chaque cas est ainsi particulier et chacun voit facilement la marée noire qu'il connaît comme bien pire que celles vécues par d'autres. ■



Répartition dans l'air et dans l'eau des tonnages de pétrole déversé



Impact sur la faune



Impact sur le littoral

## REJETS NATURELS

### Sources naturelles d'hydrocarbures

Une marée noire\* est toujours perçue comme affectant un milieu marin vierge d'hydrocarbures\* et le pourcentage de déversements issus de « sources naturelles » peut surprendre certains lecteurs.

Diverses zones des mers côtières situées au niveau de bassins sédimentaires érodés ou de failles entre blocs de la croûte terrestre sont le siège de suintements naturels d'hydrocarbures fossiles. C'est le cas, en particulier, sur les côtes de l'Alaska, de la Californie, du golfe du Mexique, du Venezuela, de la mer Rouge, de la mer Caspienne, de l'île de Bornéo, où des irisations\* et des nappes d'hydrocarbures sont régulièrement observées indépendamment de toute pollution d'origine humaine. Il existe par ailleurs, à l'intérieur des terres et sur certains littoraux, des affleurements de sables bitumineux à partir desquels des hydrocarbures sont entraînés dans le réseau

#### → Le suintement naturel de Coal oil point

Le suintement naturel le plus étudié se situe en Californie, près de Santa Barbara, au large du site naturel protégé de la pointe de « Coal oil » (huile de charbon). Il est estimé autour de 150 000 m<sup>3</sup> de gaz et 20 tonnes de pétrole par jour. Il a fait l'objet de nombreuses publications de l'Université de Californie.

hydrographique ou directement en mer. Ces sites ont été historiquement à la source des premières exploitations humaines d'hydrocarbures.

Les sources bibliographiques consultées s'accordent pour estimer ces suintements naturels autour de 250 000 tonnes par an sur la période 1990-2000, ce qui laisse à l'homme la responsabilité de plus des 9/10 du total des déversements à travers le monde. Il faut préciser cependant qu'il n'existe aucun inventaire exhaustif des sites de suintements naturels et que, par conséquent, leur estimation peut être surévaluée ou sous-évaluée d'un facteur dix. On se gardera donc d'accuser systématiquement l'homme face à une marée noire localisée, des boulettes\* ou des irisations dans les mares littorales. La nature elle-même peut avoir une responsabilité dans ces phénomènes désagréables.

Connaître les suintements naturels d'hydrocarbures est important. Ils constituent des lieux privilégiés d'information sur l'influence du pétrole sur le milieu naturel. Ils réduisent à sa juste valeur la notion de virginité des sites naturels toujours affirmée quand se produit une marée noire due à l'activité humaine.

L'homme ne peut aujourd'hui ni faire cesser les suintements naturels qui existent, ni prédire ceux qui vont peut-être apparaître demain. Il peut seulement lutter contre leurs effets lorsque c'est nécessaire, avec les mêmes techniques et les mêmes moyens que pour les pollutions dues à l'activité humaine.

Ces suintements d'hydrocarbures minéraux ne sont pas la seule source naturelle d'hydrocarbures dans le milieu marin : la vie est aussi source d'hydrocar-

bures. De nombreux hydrocarbures sont en effet des constituants naturels mineurs de la matière vivante. Nombre d'huiles et essences aromatiques\* présentes dans de multiples espèces végétales et animales font partie de ces hydrocarbures biogéniques\*. À la mort des organismes qui les ont créés, ils sont libérés sur le fond et dans les sédiments. Leur présence dans le milieu n'est pas négligeable, même si ces hydrocarbures sont sans comparaison possible avec les concentrations atteintes lors d'un déversement massif de pétrole.

Le retour à l'état d'origine après une marée noire n'implique donc pas nécessairement une absence totale d'hydrocarbures mesurables dans l'eau et les sédiments. Les hydrocarbures minéraux apportés par le déversement disparaissent, soit par enlèvement mécanique, soit par dégradation en produits intégribles au milieu naturel. ■



Par 2 000 m de profondeur, le sous-marin *Nautile* a découvert des oasis de vie, berceau d'une faune luxuriante nourrie de méthane





## Les sources

Quelles sont les sources de déversement d'hydrocarbures de l'activité humaine ?

- Rejets à terre
- Accidents de pétroliers
- Déversements opérationnels
- Surveillance et répression
- Terminaux, chantiers, plates-formes



## REJETS À TERRE

### Statistiques

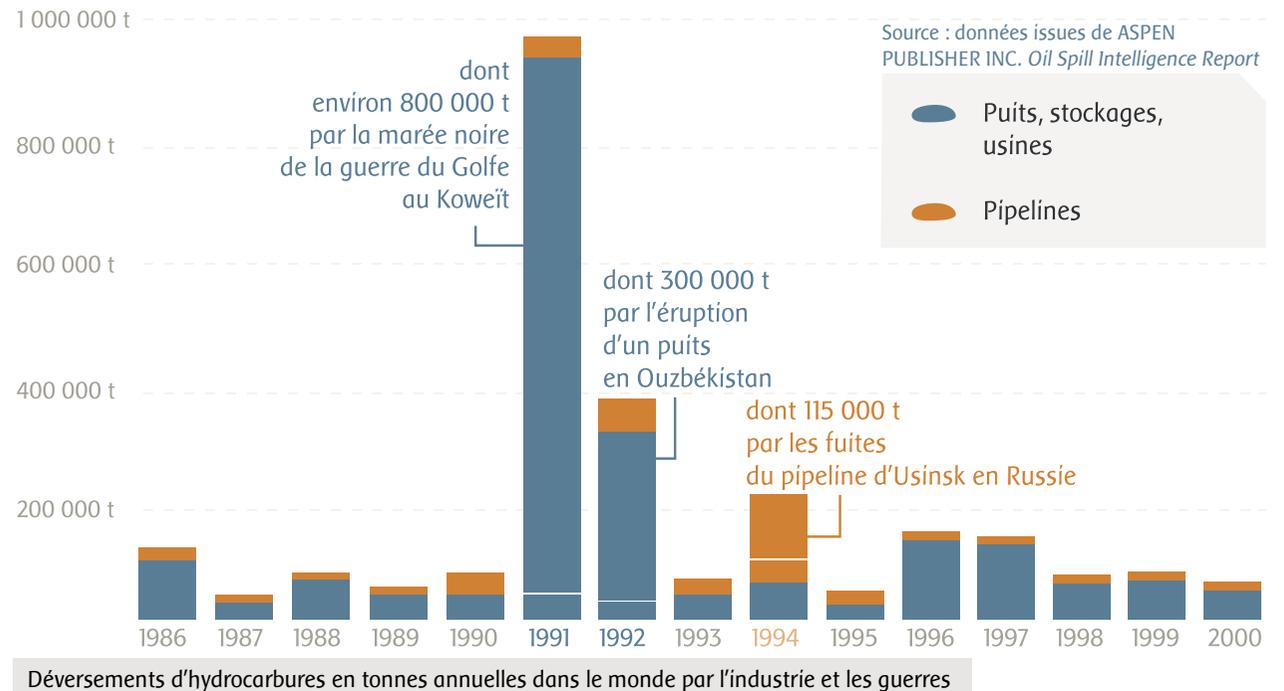
De multiples déversements d'hydrocarbures se produisent chaque jour à travers le monde, au cours de remplissage, vidange ou nettoyage de cuves ou de conduites, d'exploitation d'usines, de pipelines, de puits de pétrole à terre. Ces déversements peuvent résulter de défaillances techniques, de négligences, de vandalisme, d'accidents ou de conflits armés.

Certains de ces hydrocarbures, comme ceux qui composent les essences automobiles, sont en partie volatils et dégradables. Ils restent cependant toxiques avant évaporation.

Après déversement, la plus grande partie s'évapore et le reste est biodégradé pendant son transport lors du ruissellement pluvial, dans les égouts et le réseau hydrographique. D'autres, plus persistants, sont entraînés dans ce réseau et finissent par aboutir en mer, où ils contribuent à la pollution du littoral par des irisations, boulettes et plaques.

En Europe, ces déversements portent sur des quantités unitaires suffisamment réduites pour que l'on ne trouve pas d'images de sites massivement englués, comme pour une marée noire.

Mais certaines régions du monde, en particulier des estuaires de l'ancien bloc soviétique, sont affectées par ces pollutions de manière quasi-permanente. Le littoral qui les environne est constamment taché de nappes huileuses et de boulettes de goudron, dont la somme peut créer des marées noires localisées.



### Statistiques

Une estimation statistique détaillée existe pour les déversements par accidents de stockages, établissements industriels, pipelines, camions et chemins de fer. Elle était publiée jusqu'en 2000 par l'éditeur américain : *Aspen Publisher Inc.*, dans son document : « *International oil spill statistics* ». Les données, tirées pour l'essentiel des informations d'agences de presse, sont très incomplètes pour ce qui se passe en dehors des États-Unis.

Ces statistiques mettent en évidence certaines années des pics importants dus à un ou deux accidents majeurs. On trouve ainsi dans la période 1986-2000 trois pics générés : par une guerre (1991), une éruption de puits (1992) et par la fuite d'un pipeline fortement dégradé (1994).

Ainsi, les multiples fuites sur certains pipelines en mauvais état de l'ancienne URSS ont atteint dans les années 1990 des dimensions telles que l'Union européenne, craignant une pollution majeure des eaux de la mer Baltique, a mis en place un important projet d'aide à la réhabilitation de ces ouvrages. Les nouveaux États indépendants de l'ex-URSS ont signé en 1999 un accord avec l'Union européenne pour la modernisation et l'extension de leurs réseaux de pipelines. Dans ce cadre, le projet *INterstate Oil and GAs Transport to Europe* (INOGATE) assure un soutien technique européen aux efforts de réhabilitation, de rationalisation et de modernisation des réseaux d'approvisionnement en pétrole et produits raffinés des pays participants.

La sécurité physique des dépôts et des réseaux de transport terrestre d'hydrocarbures constitue une préoccupation majeure des opérateurs et des autorités. C'est de ce fait un domaine de coopération important. L'Union européenne a ainsi financé à hauteur de 10 millions d'Euros, en 2002-2003, l'étude d'un système de surveillance régionale par



Gazoduc reliant les réseaux argentin et chilien



Réseau de pipelines au Venezuela

satellite pour la prévention des accidents et la détection des fuites dans les infrastructures pétrolières.

Pour l'Académie des Sciences américaine, les rejets de l'industrie et de l'urbanisation continentales sont la principale source des déversements mondiaux d'hydrocarbures. Grâce à des réglementations plus strictes et à une prise de conscience de l'industrie, ces déversements sont passés de 2,7 millions de tonnes en 1973 à 1,2 millions en 1981, leur part dans l'ensemble des déversements passant de 46 % à 36 %. L'augmentation de l'activité industrielle a fait remonter en 1989 leur part à 50 % des déversements. Ces données, publiées en 2003 par l'Académie des Sciences américaine dans le document : *Oil in sea III : inputs, fates and effects\**, sont à prendre avec prudence : ce ne sont pas des statistiques mais de simples estimations d'experts.

### Pollution par un pipeline en Alaska à cause d'un geste inconsidéré

Les agences de presse et les bulletins spécialisés américains ont consacré plusieurs dizaines de pages au mois d'octobre 2001 à un événement exceptionnel : la perforation par balle du pipeline qui conduit le pétrole brut des champs d'exploitation de Prudhoe Bay au port de Valdez.

Il était déjà arrivé une cinquantaine de fois qu'un tireur en colère ou un peu alcoolisé se défoule sur le pipeline, sans jamais le perforer. Une des balles de ce tireur-là a été la bonne. Le trou faisait à peine 1,2 cm de diamètre mais il se situait juste au-dessus d'une vanne, en bas d'une colline. Le pétrole a jailli en continu sous pression, à plus de 20 mètres, pendant les deux jours nécessaires à la pose d'un anneau d'étanchéité. Au total, 970 tonnes de brut se sont déversées sur un hectare de toundra, mobilisant 200 personnes et des moyens considérables pour un premier nettoyage qui a été affiné au printemps, après le dégel.

Le tireur a été condamné à une très lourde amende.

## Prévention

Quel que soit le volume des pollutions dû à des rejets à terre, réduire leur fréquence et leur importance, empêcher qu'elles descendent les rivières, les confiner autour de leurs sources constituent des priorités majeures pour les spécialistes de la protection de l'environnement.



Une précaution de base, obligatoire en France, consiste ainsi à entourer chaque cuve de stockage d'hydrocarbures<sup>\*</sup> d'un bassin de rétention (avec un fond étanche bordé d'une levée de terre ou d'un mur de béton) capable de contenir le volume libéré en cas de rupture de la cuve. Un système complexe peut intégrer pour un pipeline<sup>\*</sup> installé dans une zone à risque (sabotages, tremblements de terre), des automatismes (capteurs de pression reliés à des alarmes, vannages automatiques à dépression) et une surveillance humaine (surveillance aérienne, réseau de caméras vidéo, patrouilles terrestres). Le cas échéant, un programme de soutien au développement économique et social des zones traversées peut être mis en place pour éviter des dégradations volontaires par des oppositions armées.

La capacité des autorités, la motivation des industriels et des populations sont déterminantes pour faire respecter la réglementation. Ces pollutions terrestres sont le résultat d'une multitude de petits déversements dus à la négligence, au manque d'entretien, à l'indifférence pour l'environnement. Les faire cesser n'est malheureusement pas une préoccupation prioritaire des autorités nationales dans bien des pays pauvres ou en situation politique troublée. ■

## ACCIDENTS DE PÉTROLIERS

### Statistiques

Dans une étude sur les sources de déversements d'hydrocarbures<sup>\*</sup>, l'Académie des Sciences américaine donne les chiffres suivants pour les déversements dus aux accidents de pétroliers<sup>\*</sup> :

- 1973 : 200 000 t (3,4 % de l'ensemble des rejets totaux) ;
- 1981 : 400 000 t (12,3 % de l'ensemble des rejets totaux) ;
- 1989 : 114 000 t (inconnu) ;

- 2000 : 162 000 t (6 % de l'ensemble des rejets totaux).

Excepté pour 1989, ces quantités ne représentent pas la valeur de l'année affichée mais des moyennes sur 8 ans tirées des statistiques annuelles de l'*International Tanker Owners Pollution Federation Ltd* (ITOPF).

Ces données fournissent une image précise de l'ampleur des déversements, y compris les parts qui ont pu s'évaporer ou brûler. Ces informations sont confirmées par le bulletin américain indépendant *Oil Spill*

### Des oléoducs pris pour cibles

#### Colombie : sabotages à répétition

Les 700 km du pipeline<sup>\*</sup> colombien mis en service en 1985 entre Cano Limon et Covenas, près de la frontière vénézuélienne détiennent vraisemblablement le record du monde des sabotages par actes de guérilla. Fin 1997, il avait subi 495 atteintes depuis sa mise en service, ayant provoqué des déversements estimés à un total de l'ordre de 145 000 tonnes. En 1999, la 46<sup>e</sup> explosion de l'année a provoqué un déversement dans le fleuve Limon et quelques dizaines de mètres cubes de pétrole ont descendu ce fleuve jusqu'au Venezuela. En 2001, une recrudescence de la guérilla a provoqué pas moins de 117 déversements sur les 8 premiers mois de l'année.

#### Irak : un sabotage parmi d'autres

Le 14 septembre 2004, des saboteurs ont fait exploser un embranchement où plusieurs oléoducs<sup>\*</sup> se rejoignent pour franchir le Tigre près de Beiji, à 250 km au nord de Bagdad. Le pétrole brut<sup>\*</sup> en feu s'échappant des oléoducs éventrés a dévalé une colline pour se jeter dans les eaux du fleuve. Il a fallu 3 jours aux pompiers pour maîtriser l'incendie. L'attentat a eu lieu alors que des techniciens venaient d'achever la réparation de deux vannes endommagées par une précédente explosion.

*Intelligence Report* (OSIR) : en dehors de quelques manques occasionnels de données ou de divergences d'interprétations sur les volumes effectivement déversés ou restés dans les épaves, les quantités annoncées par les deux sources concordent pour la plupart des accidents.

## Causes des accidents

Selon les statistiques des assurances, 80 % des accidents de pétroliers entraînant des déversements d'hydrocarbures en mer résultent d'erreurs humaines : manœuvre mal conduite, entretien négligé, contrôle défectueux, incompréhension entre membres de l'équipage, fatigue, réponse inadéquate à un incident mineur dégénérant en accident. Mais ces statistiques sont aussi une manière commode de rejeter le blâme sur des équipages cosmopolites, réduits et mal formés dont malheureusement certains armateurs se satisfont par souci d'économie. D'une manière plus pratique, l'analyse des circonstances des accidents (voir schéma « Causes des acci-



Épave de l'*Aegean Sea* devant La Corogne, Espagne

dents de pétroliers») met en évidence le poids des échouements et des collisions.

Les collisions sont très généralement dues à des manœuvres inadéquates, en particulier par mauvaise visibilité et/ou dans des passages très fréquentés. Les échouements relèvent aussi en grande partie de manœuvres inadéquates. L'échouement du pétrolier *Sea Empress* en bordure du chenal d'entrée du port

de Milford Haven, pays de Galles (Grande-Bretagne) en est un exemple. Mais les défaillances matérielles y tiennent une place plus importante que dans les abordages. L'échouement du pétrolier *Braer* aux îles Shetland (Grande-Bretagne), suite à une entrée d'eau dans sa soute à carburant, provoquant une panne de moteur est un bon exemple de défaillance matérielle.

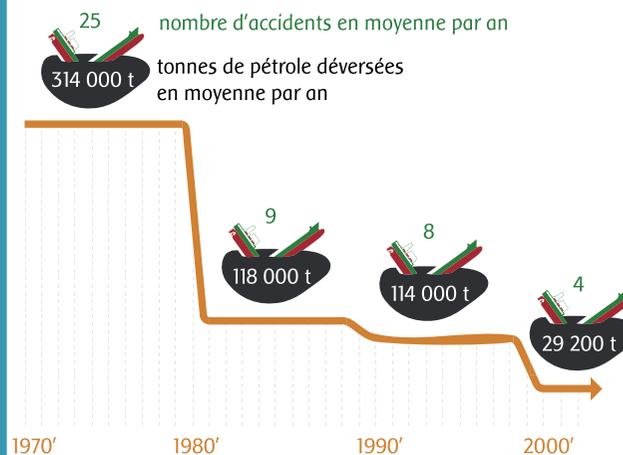
### Les déversements accidentels par des pétroliers

L'*International Tanker Owners Pollution Federation* tient à jour sur Internet ([www.itopf.com](http://www.itopf.com)) une base de données, en anglais, sur les déversements accidentels, supérieurs à 700 tonnes de pétrole, issus des pétroliers, pétroliers-minéraliers et barges pétrolières qui se sont produits depuis 1970, avec diverses informations sur les marées noires et leurs conséquences.

Ces données font apparaître qu'un peu plus de 5,5 millions de tonnes de pétrole ont été déversées dans les mers du globe par des accidents de pétroliers au cours des 30 années de la période 1970-2000, soit près de 182 000 tonnes par an, avec une pointe à 640 000 tonnes en 1979. Depuis, malgré une mauvaise année 1991,

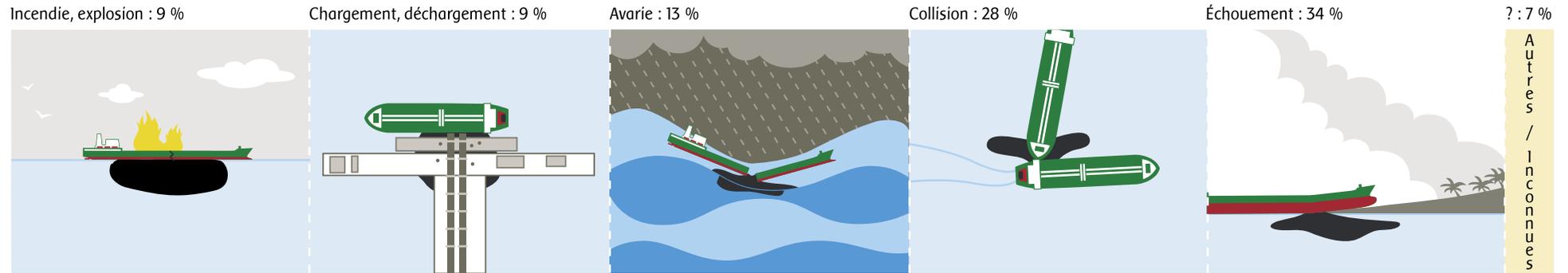
la tendance est nettement à la baisse. On notera que 73 % (830 000 tonnes) des déversements de la décennie 1990-1999 (1 140 000 tonnes) sont dus à 10 accidents seulement.

#### Nombre d'accidents de pétroliers avec déversements supérieurs à 700 t



Source : données issues de l'ITOPF, 2004

## Causes des accidents de pétroliers (déversements supérieurs à 700 tonnes)



Source : ITOPF, 2004

## \* en savoir plus

L'ITOPF est une structure mutuelle de conseil technique pour la lutte antipollution des armateurs\* de navires pétroliers, dont les experts participent dans le monde entier, à la gestion des opérations de lutte, à l'évaluation des impacts et aux opérations de restauration environnementale. Page d'accueil du site Web de l'ITOPF, source essentielle d'informations sur les accidents, leurs causes et les réponses apportées. Pour plus d'informations, consultez : [www.itopf.com](http://www.itopf.com).



## Mesures de prévention

Les pays les plus exposés ont réagi contre les dangers générés par les navires qui fréquentent leurs ports et leurs eaux par différentes mesures de prévention, d'ordre national ou entrant dans le cadre de décisions prises au niveau de l'Organisation Maritime Internationale : couloirs (rails) de circulation\*, remorqueurs de haute mer, double coque\* et ballasts\* séparés, renforcement des pouvoirs des autorités maritimes du pays côtier vis-à-vis des navires de passage, standards spécifiques à respecter par les navires venant décharger dans les ports d'un pays particulier.

La prévention des accidents de pétroliers\* fait appel à des mesures administratives et techniques nombreuses et diverses. On ne décrira ici que cinq d'entre elles, particulièrement représentatives :

- une mesure technique : la double coque\* ;
- trois mesures administratives : les contrôles de

conformité, les lieux refuges et les rails de circulation\* ;

- une mesure pratique : l'implication de l'industrie pétrolière.

## Double coque

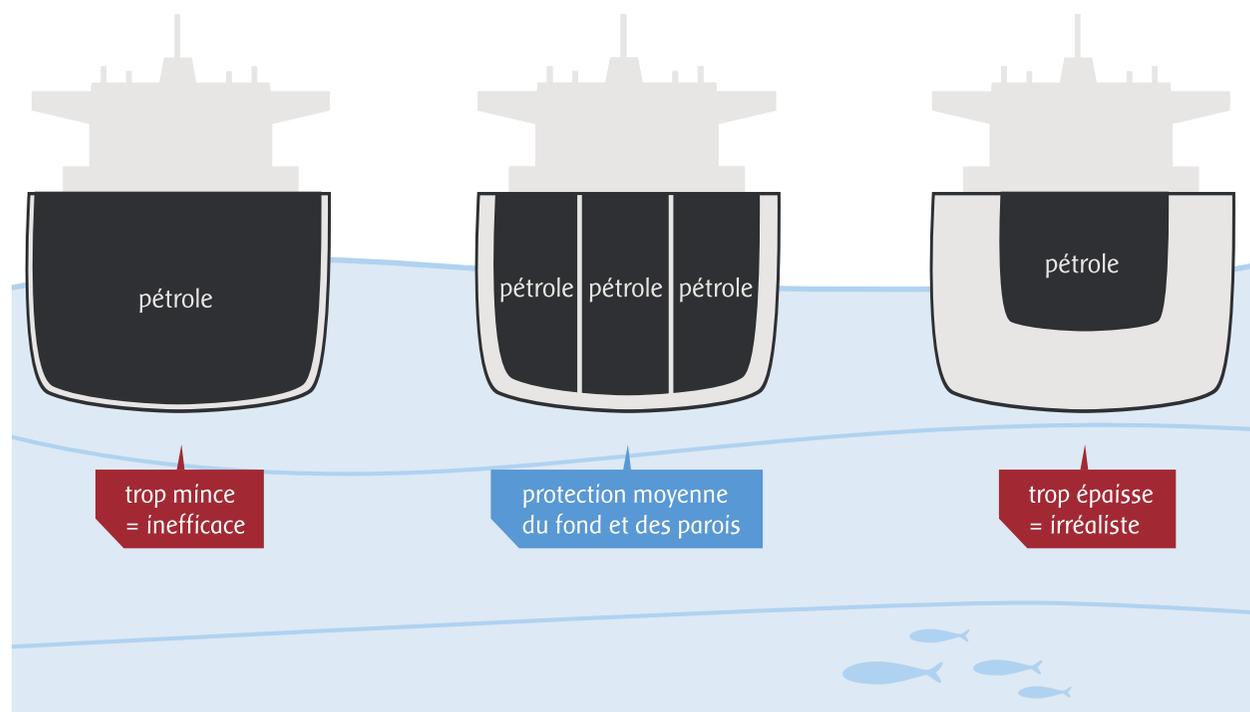
La double coque\* est souvent présentée comme la solution au problème des marées noires. C'est une solution efficace contre de petites déchirures résultant d'abordages\* ou d'échouements\* à faible vitesse.

Mais elle ne protège pas contre l'abordage à pleine vitesse, l'incendie, l'explosion, la cassure lors d'une tempête, la dislocation sur des récifs, qui sont générateurs des grandes marées noires.

Elle aggrave par ailleurs les difficultés de l'inspection des navires. Elle augmente inévitablement leur prix, leur poids et leur coût d'entretien. À l'image du casque du motard, elle est une protection utile, mais pas la solution à tout.

Les États-Unis ont été le premier pays à fixer des échéances imposant une double coque aux navires fréquentant leurs ports, à savoir : 1994 pour les navires neufs, 2009 pour les navires existants de plus de 5 000 tonneaux de jauge brute\* (14 000 m<sup>3</sup>) et 2015 pour tous les navires. Cette décision, prise sous la pression des médias et de l'opinion publique en réaction à l'accident de l'*Exxon Valdez* en Alaska, a soulevé de longs débats dans la communauté maritime et au sein de l'Organisation Maritime Internationale.

Après l'accident de l'*Erika*, l'Europe a voulu pousser à une solution globale au niveau de l'Organisation Maritime Internationale, conduisant à la fin des pétroliers\* à simple coque en 2010. Devant la difficulté de parvenir à une entente, les délégations ont décidé la création d'une règle mondiale plus souple : les derniers pétroliers à simple coque pourront naviguer jusqu'en 2015, mais les pays qui le désirent, en particulier les pays européens, leur interdiront leurs ports à partir de 2010.



Structures imaginables d'une double coque de pétrolier

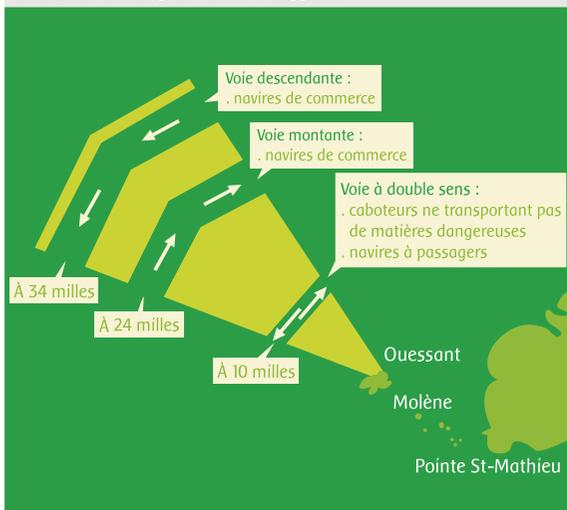
## Contrôles de conformité

Les mesures nationales, comme les règles internationales édictées par l'Organisation Maritime Internationale dans le cadre de la convention internationale Marpol, supposent des contrôles. Marpol, entrée en vigueur en 1983 avec ses annexes revues en permanence, impose à chaque navire de posséder un certificat de conformité définissant un ensemble de standards techniques de sécurité. En cas de non conformité, le navire peut se voir interdire de prendre la mer par des inspecteurs de son État d'enregistrement (État du pavillon\*) ou de l'État dans lequel il relâche (État du port).

Pour que les contrôles soient plus efficaces, les pays de l'Europe ont signé, en 1982, un mémorandum (dit de Paris) qui met en place un système concerté d'inspection des navires et fixe des quotas minimum de contrôle. Les accidents de l'*Erika* et du *Prestige* ont mis en évidence une insuffisance de ces contrôles dans plusieurs pays, par manque de contrôleurs.



Inspecteur à bord d'un navire à quai

Régulation internationale dans les zones de fort trafic.  
Circulation dans le rail d'OuessantLe remorqueur de haute mer *Abeille Bourbon*

## Rails de circulation

La France a été l'un des premiers pays à mettre en place, au large de l'île d'Ouessant (pointe Bretagne), des rails obligatoires de circulation\* des navires. Un remorqueur de haute mer est présent en permanence.

Suite à plusieurs incidents, un dispositif repoussant plus au large les navires porteurs de cargaisons dangereuses, a été mis en place en mai 2003. Ces navires ont l'obligation de signaler la nature de leur cargaison au Centre Régional Opérationnel de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) de la pointe de Corsen qui gère le rail d'Ouessant.

Le pouvoir est donné d'autorité au préfet maritime de faire prendre en remorque un navire en avarie\* qui n'obtempère pas à une mise en demeure de se faire assister. Un remorqueur de haute mer de grande puissance, l'*Abeille Bourbon*, affrété à l'année par la Marine nationale, veille sur les navires qui fréquentent le rail. Par beau temps, il est basé à Brest, par mauvais temps il est au mouillage à Ouessant. Ce remorqueur, qui a succédé en 2005 à l'*Abeille Flandre*, sauveur de plusieurs centaines de navires pendant ses années de veille sur le rail, est maintenant basé en Méditerranée.

Des rails et des remorqueurs similaires sont en service sur les passages du Cotentin et du Pas-de-Calais ; le remorqueur affecté à ce dernier étant en affrètement conjoint avec la garde-côte britannique. D'autres rails sont en vigueur dans de nombreux passages à risques dans les eaux européennes et mondiales.

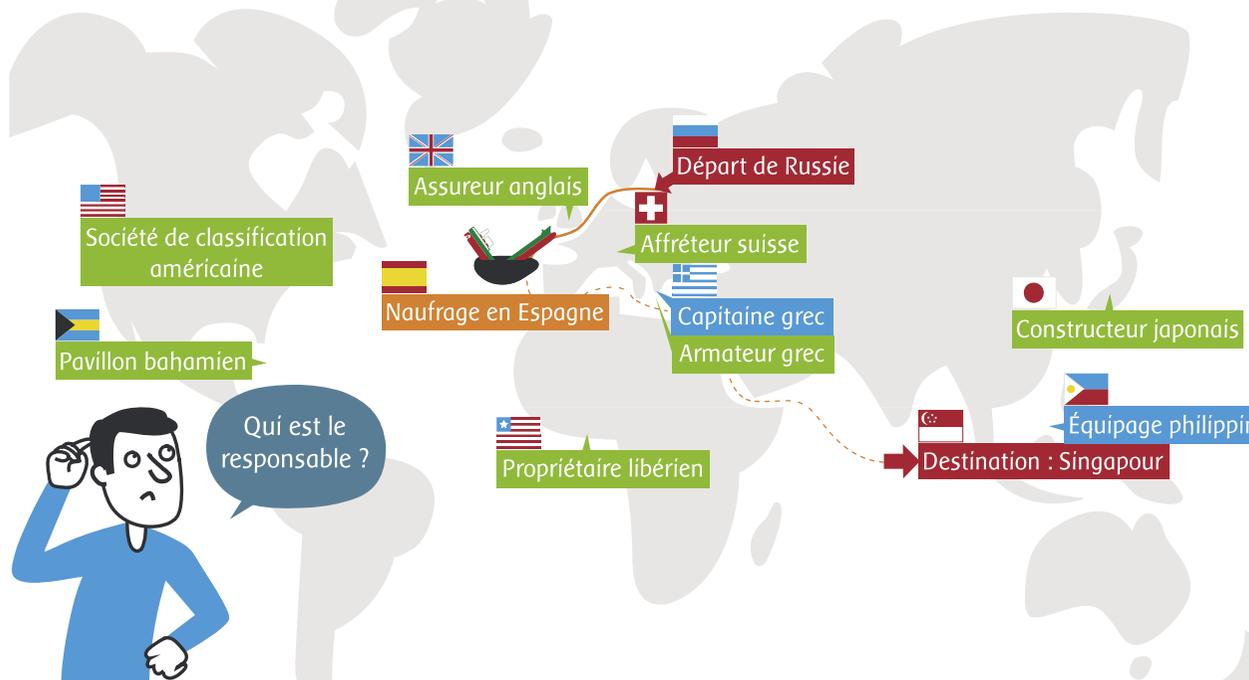
## Implication de l'industrie

Les grands groupes pétroliers qui affichaient autrefois leur nom à la proue et leur logo sur la cheminée de leurs navires les ont aujourd'hui enlevés et se sont majoritairement retirés de l'activité d'armement\*. Paradoxe de la lutte contre les pollutions, les accidents de l'*Amoco Cadiz*, de l'*Exxon Valdez* et d'autres navires portant l'identité de leur armateur\* ont fait passer les flottes entre les mains d'opérateurs moins puissants que les grands groupes pétroliers et parfois moins soucieux de la sécurité.

Lors d'une marée noire\*, les responsabilités sont souvent partagées de manière complexe entre le propriétaire, l'armateur\*, le fournisseur éventuel de l'équipage, l'affrètement\*, le propriétaire de la cargaison, le constructeur du navire, les chantiers qui y ont fait des travaux, la société de classification\* qui a contrôlé les travaux, l'autorité qui a géré la tentative de sauvetage. La cargaison peut changer plusieurs fois de propriétaire au cours du voyage. Il est donc très difficile de désigner un responsable et la tentation est grande de montrer du doigt le plus visible et le plus solvable : le groupe pétrolier impliqué.

Pour ces raisons, les groupes pétroliers ont investi dans la prévention, en se dotant de cellules de «vetting\*», chargées de veiller à la qualité des navires affrétés. Ils possèdent des plans d'intervention en cas de pollution accidentelle\* sous la responsabilité de leurs directions sécurité-environnement. Ces plans fixent les rôles et responsabilités de chacun face à un accident, pour confiner et récupérer au plus vite ce qui peut l'être, limiter les conséquences, en apportant l'assistance des moyens du groupe aux autorités chargées de la lutte.

Complexité de l'organisation du transport du pétrole et des responsabilités lors de l'accident du *Prestige*



### Le problème des responsabilités

La forte internationalisation des différents intervenants du transport maritime ne facilite pas l'identification du responsable juridique lors d'une marée noire. C'est pour cela que la convention de l'Organisation Maritime Internationale, qui a servi de base à l'établissement du Fonds international d'indemnisation (FIPOL), établit le principe d'une responsabilité objective du navire lui-même, indépendamment de toute faute : le simple fait qu'un navire-citerne soit source de la pollution ouvre pour les victimes l'accès aux Fonds, c'est-à-dire l'accès à des possibilités de remboursement.

### Lieux refuges

Le récent naufrage du *Prestige* a remis en évidence le problème bien connu des spécialistes : l'accueil des navires en difficulté porteurs d'une cargaison dangereuse. Victime d'une grave avarie de coque, le *Prestige* a été maintenu au large durant 6 jours faute d'un plan de sauvetage vers une zone refuge préalablement définie. En conséquence, la Commission européenne a demandé l'application anticipée d'une directive entrée en vigueur en février 2004, qui prévoit l'obligation pour les États membres d'établir des plans d'accueil des navires en détresse dans les eaux relevant de leur juridiction, avec publication de listes de ports refuges.

À la rédaction de ce document, les États n'avaient pas encore publié ces listes, qui constituent un sujet très sensible pour les populations du littoral. Certains pays, comme la France, ont préféré fixer des méthodologies de prise de décision et parler de zones refuges plutôt que de ports refuges. Tous n'ont pas résolu la question de savoir si les lieux refuges, fixés par les autorités maritimes, doivent être connus d'elles seules ou portés à la connaissance du public.

Le sujet est d'autant plus sensible que se pose le problème juridique délicat de la responsabilité de l'autorité nationale si le navire remorqué vers un lieu refuge occasionne de graves dégâts à l'environnement dans ce lieu ou en route. S'y ajoute en corollaire inévitable, la question actuellement non réglée des niveaux et des modalités d'indemnisation des populations riveraines qui seraient affectées. ■

## ● DÉVERSEMENTS OPÉRATIONNELS

### Navires pétroliers

Tous les navires de haute mer sont équipés de ballasts\*. Ils peuvent les remplir d'eau de mer pour améliorer leur stabilité à vide ou à faible charge, pour corriger un défaut d'assiette ou pour réduire une gîte anormale. Les cuves à carburant ainsi qu'une partie des cuves de cargaison des pétroliers\* assuraient autrefois cette fonction. Lors des vidanges de ces cuves, des quantités importantes d'hydrocarbures\* mélangés à de l'eau de mer étaient déversées dans l'océan.

Les rejets opérationnels\* de tous les navires sont ainsi comparables au rejet dans la nature d'huile de vidange d'une voiture ou d'un camion. La seule différence est qu'il ne s'agit pas de centaines de millions de personnes susceptibles de jeter quelques litres d'huile à chaque fois mais de dizaines de milliers de navires déversant plusieurs tonnes d'hydrocarbures à chaque opération.

L'éclairage jeté sur la pollution des mers par les accidents de pétroliers a déclenché une prise de conscience de l'importance des déversements opérationnels. En 1973, ces derniers représentaient une part cinq fois plus importante que les déversements accidentels selon l'Académie des Sciences américaine. Face à un tel flux, il fallait des mesures mondiales. Engagées par l'Organisation Maritime Internationale dans le cadre de la convention Oilpol (1954), ces mesures ont été renforcées par la convention Marpol (1973, 1978), qui les a en même temps élargies aux navires non pétroliers.

### Le lavage au pétrole brut

La méthode du lavage au pétrole brut\* consiste à laver les citernes\* non pas avec de l'eau mais avec du pétrole brut, c'est-à-dire en utilisant la cargaison elle-même. Grâce à l'effet dissolvant du pétrole brut, le nettoyage est beaucoup plus efficace qu'avec de l'eau. Il est parfois procédé à un dernier rinçage à l'eau, mais la quantité d'eau utilisée est très faible. La méthode du lavage au pétrole brut est acceptée comme pouvant remplacer le système des citernes à ballasts\* séparés à bord des navires-citernes existants et constitue une prescription supplémentaire à bord des navires-citernes neufs.

Le lavage au pétrole brut présente des dangers au niveau de l'exploitation en raison de l'accumulation de gaz explosifs dans les citernes\* à cargaison à mesure que les hydrocarbures\* sont déchargés. C'est la raison pour laquelle il est stipulé dans le Protocole relatif à la Convention SOLAS de 1974, adopté par la Conférence TSP de 1978 et entré en vigueur en mai 1981, qu'un dispositif à gaz inerte doit toujours être utilisé lorsque la méthode du lavage au pétrole brut est appliquée.

Oilpol avait interdit les rejets de déballastage\* dans certaines zones, dites spéciales, comme la mer Méditerranée et fixé des taux de rejets autorisés ailleurs. Marpol, entrée en vigueur en 1983, a fixé des normes de rejet plus restrictives et imposé aux navires neufs de nouvelles règles de construction. Tous les navires-citernes neufs d'un port en lourd\* égal ou supérieur à 20000 tonnes ont dû être dotés de ballasts séparés, placés en position défensive, c'est-à-dire de manière à contribuer à la protection des citernes\* de cargaison en cas d'abordage\* ou d'échouement\*. Suivant leur taille et leur âge, les navires existants se sont vus imposer, à des échéances diverses, l'installation de ballasts séparés ou dédiés (cuves à hydrocarbures équipées d'un système de lavage au pétrole brut\* avant usage en ballasts) avec transfert des résidus de lavage dans des réservoirs spécifiques (bacs à slops\*).

Les rejets à la mer ont été limités à moins de 1/30000 de la cargaison par voyage pour les navires construits après 1996, avec l'introduction de techniques de rechargement du pétrole par-dessus le contenu des bacs à slops.

Ces règles et l'investissement de certains pays dans la télédétection\* des rejets opérationnels\* ont porté leurs fruits. Selon l'Académie des Sciences américaine, des 1080000 tonnes de 1973, les rejets opérationnels\* des pétroliers sont tombés à 700000 tonnes en 1981 puis 159000 tonnes en 1989 et 163000 tonnes en 2000. Il faut cependant être conscient que ces chiffres ne sont pas des données statistiques mais une estimation de la situation la plus vraisemblable, à partir de la proportion des pétroliers répondant aux critères de la convention Marpol et de la capacité de réception des déchets dans les ports.



## Dégazages, déballastages ou rejets opérationnels

Le dégazage\* est l'opération qui consiste à débarasser des cuves de carburant ou des cuves de pétrole brut\*, les gaz qui y subsistent une fois la cuve vidée. Dans un navire, la solution la plus pratique et la moins coûteuse consiste à dilater les gaz à la vapeur, à ventiler, à rincer la cuve avec de l'eau.

Le déballastage\* est l'opération qui consiste à vider de son contenu un ballast\*, c'est-à-dire un réservoir

que l'on peut remplir plus ou moins d'eau de manière à alourdir ou alléger un navire afin de lui donner une meilleure stabilité et une meilleure assiette. Les cuves à carburant ou sur un pétrolier\* les cuves à pétrole brut, vides de leur contenu, constituent des ballasts naturels. Leur ballastage (remplissage) avec de l'eau rince les hydrocarbures\* et déchets qu'ils contiennent.

Dégazages et déballastages lorsqu'ils ont lieu en dehors des stations de retraitement ne peuvent aboutir à ce rejet d'hydrocarbure\* en mer produisant

Prescriptions de l'OMI dans le document : *Marpol 73-78\** pour le lavage au pétrole brut\*, les citernes à ballasts séparés et les citernes à ballasts propres spécialisées, en vigueur depuis 1993

### Navires-citernes neufs :

Transporteurs de produits raffinés, port en lourd 30 000 tonnes ou plus.

Citernes à ballasts séparés en localisation défensive (placées de manière à contribuer à protéger les citernes à cargaison en cas d'abordage ou d'échouement).

Transporteurs de brut, port en lourd 20 000 tonnes ou plus.

Citernes à ballasts séparés en localisation défensive, lavage au pétrole brut.

### Navires-citernes existants :

Transporteurs de brut, port en lourd 40-70 000 tonnes.

Citernes à ballasts séparés ou lavage au pétrole brut ou citernes à ballasts propres spécialisées.

Transporteurs de produits raffinés, port en lourd 40 000 tonnes ou plus.

Citernes à ballasts séparés ou citernes à ballasts propres spécialisées.

des traînées irisées lorsque la séparation des hydrocarbures à bord a été insuffisante. Les dégazages et déballastages ne représentent qu'une partie des déversements opérationnels d'hydrocarbures. Les rejets des résidus d'huiles et d'hydrocarbures impropres à la propulsion représentent la majeure partie des rejets volontaires. Ils concernent l'ensemble des navires. On distingue deux types de résidus : les eaux huileuses et les résidus de combustible. Les eaux huileuses de la cale sont pompées dans les puisards de la cale des machines vers des caisses à décanter. Elles sont ensuite filtrées et séparées par le séparateur\* 15 ppm\*. Si la concentration est supérieure, elles retournent dans des caisses à décanter. Les résidus de combustible (boues d'hydrocarbures) et huiles de moteur doivent être débarqués à terre, ou bien brûlés à bord (stockés dans une citerne\* appelée bac à slops\* sur les pétroliers\*).

## Autres navires

Plus de 72 000 navires marchands inscrits au Lloyd's de Londres, le registre de référence de la navigation maritime, et plusieurs dizaines de milliers d'autres navires sillonnent les mers en permanence. Ils transportent pour leur usage diverses quantités d'huiles et de carburant, jusqu'à plusieurs milliers de tonnes pour les plus grands paquebots et porte-conteneurs.

Tous ces navires disposent à bord de systèmes de récupération des résidus d'hydrocarbures\* engendrés par le filtrage des fiouls\* lourds avant leur utilisation comme carburant de propulsion. Ils disposent également de systèmes de décantation\* des eaux huileuses et de séparateurs\*. Or ces résidus de décantation et de filtrage s'accablent au cours des

voyages et doivent être déposés pour retraitement dans les ports. Mais, la perte de temps et les coûts engendrés par ces opérations, dans une station de déballastage\* au port, peuvent amener les navires à se débarrasser en mer d'une partie ou de la totalité de leurs cuves de récupération.

Il s'agit là de la principale source de pollution par les navires non pétroliers. Peuvent également s'y ajouter de façon plus exceptionnelle les dégazages\* et déballastages de leurs cuves à fuel et les accidents qui sont l'occasion de déversement de quelques dizaines de litres à quelques milliers de mètres cubes d'hydrocarbures.

Pour l'Académie des Sciences américaine, ces déversements ont totalisé 400 000 tonnes en 1973, le double des déversements par accidents de pétroliers\*. Le renforcement de la surveillance et l'installation de séparateurs\* sur les navires neufs ont ramené les quantités à 320 000 tonnes en 1981, puis à 260 000 en 1989. La situation semble s'être dégradée depuis, avec une estimation à 555 000 tonnes en 2000, faisant des navires non pétroliers la première source de déversements d'hydrocarbures en mer par le transport maritime.

Ces chiffres doivent cependant être pris avec prudence : faute de statistiques, ils ne sont que des estimations par catégories de navires. Leur fluctuation d'une estimation à l'autre peut refléter plus l'imprécision des données qu'une réelle évolution. La réalité peut en outre être supérieure à ces estimations, qui ne prennent en compte que les navires marchands enregistrés au livre des *Lloyd's*.

Des évolutions de la convention Marpol et des accords régionaux sont à l'étude pour continuer à réduire ce flot en imposant aux navires non pétroliers des règles proches de celles qui s'appliquent aux pétroliers. Ainsi leurs rejets ne doivent maintenant plus dépasser des teneurs en hydrocarbures de 15 ppm\*. Il n'est malheureusement pas toujours facile de faire appliquer des dispositions contraignantes et coûteuses par des dizaines de milliers de capitaines et armateurs\*, parfois plus sensibles à des soucis d'économies et de commodité qu'à la protection de l'environnement. ■



Observation aérienne d'un navire et son sillage pollué

## ● SURVEILLANCE ET RÉPRESSION

### Observations de pollution

Face aux conséquences des rejets illicites des navires, certains pays ont investi dans des stratégies et des outils de surveillance et de répression.

La France a intégré la surveillance des pollutions dans les patrouilles aériennes de la Marine nationale et des Douanes, avec pour ces dernières trois avions dotés d'équipements de télédétection\* spécialisés. Les observations génèrent des rapports de pollutions sur un standard commun à tous les pays riverains de la mer du Nord (*Pollution Reports - POLREP*).

La cartographie sur 4 ans des POLREP des zones de surveillance françaises met en évidence des concentrations de pollutions sur des zones de fort trafic, le rail d'Ouessant, les routes de la Manche et du golfe de Gascogne, les approches de Marseille/Fos-sur-mer et l'Est de la Corse.

Transmis autrefois à des juridictions non spécialisées, les POLREP avec identification du navire-source généraient très peu de condamnations. Une révision des textes et la création de juridictions spécialisées ont maintenant fait de la France un des pays les plus répressifs du monde dans le domaine des pollutions opérationnelles du transport maritime.

### Réception des déchets

La répression s'accompagne nécessairement d'un renforcement de la capacité de réception des déchets des navires. Beaucoup de ports pétroliers

possèdent maintenant une station de réception spécialisée (station de déballastage\*), mais nombre de stations des pays les moins riches sont insuffisantes ou hors service, leurs cuves pleines d'une boue huileuse semi-solidifiée. Comme ces pays n'ont pas de moyens de surveillance des pollutions devant leurs côtes, la tentation reste forte pour les armements\* d'y faire rejeter les déchets d'hydrocarbures\* de leurs navires. ■

### L'affaire du *Traquair* en 1994

Le procès-verbal de constatations dressé à bord de l'avion des Douanes et les photographies aériennes prises établissent l'existence dans les eaux territoriales et dans le sillage du navire *Traquair* d'un rejet polluant s'étendant sur 10 à 15 mètres de large sur 8 milles.

La nappe irisée se présente avec des tâches brunâtres morcelées. Cette description caractérise suffisamment les hydrocarbures\* contenus dans le liquide rejeté. L'arrêt immédiat du rejet à l'approche de l'avion des Douanes représente une présomption d'infraction.

### → Une estimation inquiétante (issue de WWF)

Une étude a été réalisée aux Pays-Bas, comptabilisant sur la période 1993-1996 les déchargements nécessaires en station de déballastage\* et ceux faits au port de Rotterdam, et a établi qu'un navire doit décharger des rejets à terre en moyenne 1 fois sur 8 escales, soit un taux de 12,5 %. Or seulement 2,1 % des navires en escale ont fait usage des capacités de déballastage disponibles au port. Ceci signifie que seulement 17 % des navires qui auraient dû décharger des eaux huileuses en station, l'ont effectivement fait, impliquant que les 83 % restants se sont débarrassés de ces eaux huileuses en mer.

### \* en savoir plus

La station de déballastage\* est l'installation de réception et de recyclage des résidus de cuve des fonds de cale et des huiles usagées dont devraient être équipés tous les ports du monde pour réceptionner les déchets huileux des navires, venus en escale ou pour réparation. Ces déchets huileux, conservés à bord des navires dans des bacs dédiés (bacs à slops\*), sont pompés vers les réservoirs de la station, où ils sont séparés de l'eau de mer et des déchets solides qu'ils contiennent par décantation\*. La fraction huileuse est envoyée en raffinerie pour recyclage ou directement réutilisée lorsqu'elle est essentiellement composée de fioul\* lourd. Après épuration, les eaux rejoignent le milieu naturel.

Une station de déballastage relève du régime des installations classées, avec des normes de rejet à respecter, des procédures d'autosurveillance et des contrôles périodiques.



## TERMINAUX, CHANTIERS, PLATES-FORMES

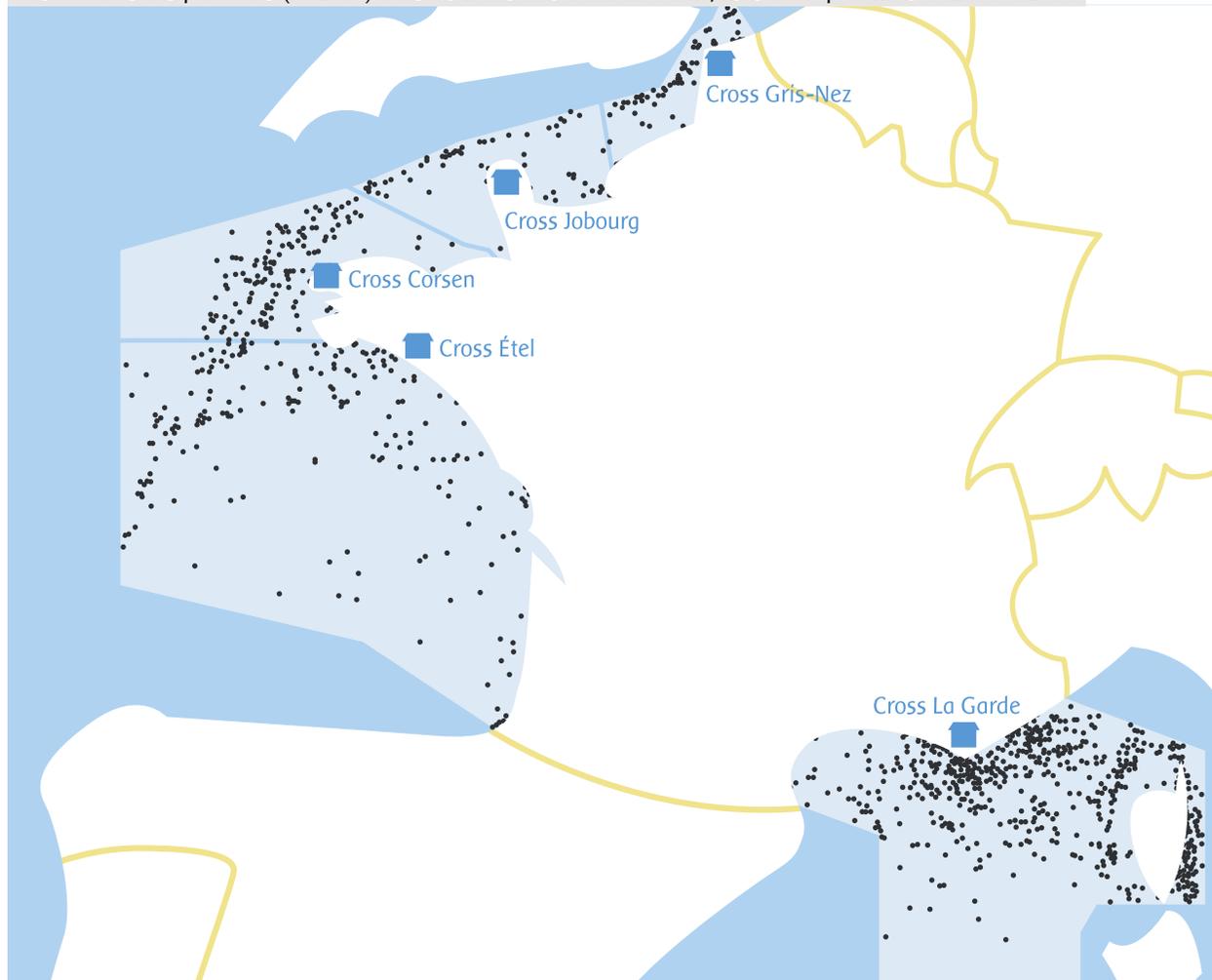
### Terminaux et chantiers

Le record mondial des marées noires est détenu par un déversement au niveau d'un terminal\* lors de la première guerre du Golfe au Koweït. En dehors de tels actes, les déversements d'hydrocarbures\* au niveau des terminaux\* et chantiers ont diminué sensiblement, passant, selon l'Académie des Sciences américaine, de 253 000 tonnes en 1973 à 50 000 en 1981 et 37 000 en 1989, avec une remontée à 80 000 tonnes en 2000. Là encore, les chiffres ne résultent pas de données statistiques précises, mais d'estimations dans lesquelles la principale composante des progrès enregistrés est la diminution des déversements en mer de fonds de cales et de cuves des navires avant leur entrée en cale sèche\* pour réparations.

Il était en effet de pratique courante, jusqu'à la fin des années soixante-dix, de se débarrasser en mer de ses déchets, avant d'entrer en carénage\*, pour éviter les frais de leur enlèvement par le chantier naval ou tout simplement parce qu'une grande majorité des ports non pétroliers ne possédaient pas de station de déballastage\* pour les réceptionner. Un effort important est en cours au niveau mondial afin de réduire les déversements avant escale, réparation ou démolition.

Les autres causes de tels déversements, en particulier les ruptures de conduites lors des opérations d'approvisionnement en carburant et les fuites d'hydrocarbures pendant les ferrailages de navires, relèvent de procédures et d'aménagements de

Observations des pollutions (POLREP) dans les zones de surveillance françaises métropolitaines de 2000 à 2004



Sources : données Douanes françaises et Marine nationale

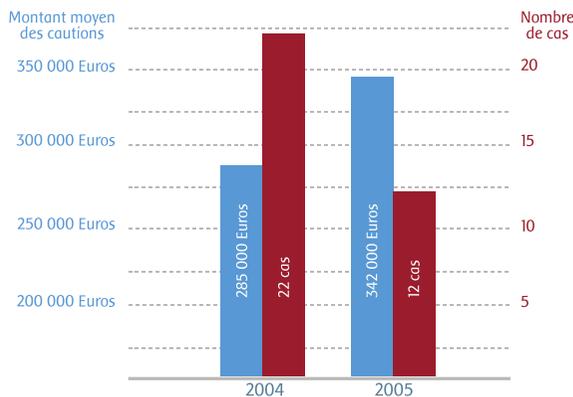
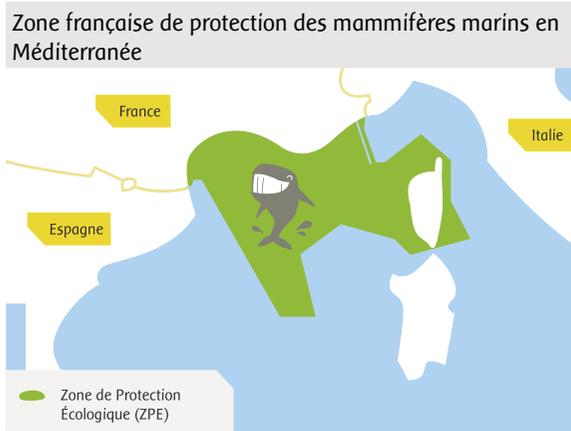


sécurité comparables à ceux des installations industrielles terrestres. Là encore, le problème est de faire prendre conscience aux opérateurs qu'un petit déversement occasionnel, qui peut paraître négligeable, est un apport de plus dans le flot mondial dont le volume global est inacceptable.

Les ports de pêche et de plaisance ne sont pas épargnés. Les petits débordements à la pompe ou lors d'opérations de transvasement de pétrole à bord y sont fréquents. Ils sont la source majeure des irisations\* que l'on voit souvent dans les ports.

 en savoir plus

Le décret n°2004-33 du 8 janvier 2004 a constitué une Zone française de Protection Écologique en Méditerranée (ZPE), qui permet de poursuivre les infractions liées à la pollution des eaux marines au-delà des 12 milles des eaux côtières.



Évolution des cautions pour des déversements illicites dans les eaux territoriales et ZEE\* françaises (les amendes infligées représentent environ 90 % des cautions)

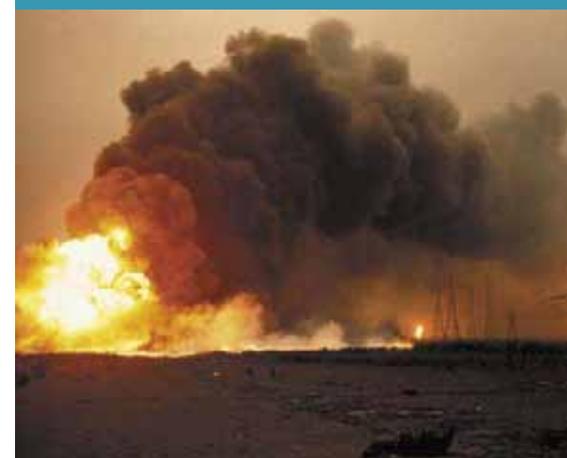
Récidive et refus d'obtempérer : caution record et lourde amende

Le Parquet de Brest a imposé le 28 janvier 2004 une caution record, soit 500 000 Euros, à l'armateur\* d'un cargo chypriote, le *Pantokratoras*, pour flagrant délit de pollution volontaire et refus d'obtempérer le 19 décembre 2003. Le navire n'était pas un inconnu pour le tribunal : il avait déjà été condamné à 75 000 Euros d'amende pour pollution volontaire en juin 2002. Il a été condamné cette fois à 350 000 Euros d'amende, loin du record de 800 000 Euros atteint par le *Maersk Barcelona* en avril 2006.

Marée noire de la guerre du Golfe

Le 26 janvier 1991, en quittant le Koweït, l'armée irakienne sabote une grande partie des puits de pétrole de l'émirat, le terminal\* pétrolier de Mina al Ahmadi et des pétroliers au mouillage, cherchant à causer un maximum de dommages à l'industrie pétrolière du pays.

Entre 700 000 et 900 000 tonnes d'hydrocarbures\* se déversent en mer au fil des semaines, avant que les équipes d'intervention internationales ne parviennent à endiguer le flot. C'est la plus grande marée noire\* de l'histoire humaine.





### Témoignage sur les pratiques d'autrefois

Dans un article du 27 mars 1998, traduit par nos soins, la *Lloyd's list*, lettre d'informations du monde de l'assurance maritime de langue anglaise, cite le témoignage d'un ancien capitaine de pétrolier sur les pratiques qui avaient cours au début des années 50, quand les navires atteignaient tout juste 25 000 tonnes. On y trouve en particulier :

«...Le navire avait une coque non seulement simple, mais rivetée et perdait en permanence une petite quantité de sa cargaison dans l'océan par un grand nombre de rivets desserrés entre les ports de chargement et de déchargement... Le nettoyage des cuves avant de passer en cale sèche à Brooklyn était déconcertant en comparaison des standards actuels. Le navire faisait route à petite vitesse de long en large juste au-delà de la limite des 50 milles, devant la côte Est des États-Unis, pendant une dizaine de jours, tandis que l'équipage nettoyait les cuves et pompait les boues de lavage par-dessus bord... »

La construction navale et les pratiques ont changé, heureusement.

### Plates-formes pétrolières offshore

L'exploitation pétrolière en mer (offshore\*) assure aujourd'hui près du quart de la production mondiale, avec plus de 20 000 plates-formes de toutes tailles et conceptions, majoritairement implantées dans quatre grandes zones : le golfe du Mexique, le golfe Persique, l'Afrique de l'Ouest et la mer du Nord.

L'Académie des Sciences américaine a évalué les déversements accidentels et opérationnels de cette activité à 80 000 tonnes en 1979, 50 000 en 1981 et 100 000 en 2000.

Les accidents sont, pour l'essentiel, des déversements de quelques mètres cubes à quelques dizaines de mètres cubes, dus à des ruptures de conduites ou des erreurs humaines. Ils se concentrent dans les zones où le matériel est ancien et les procédures de sécurité déficientes (mer Caspienne, mer Noire, mer Rouge, mer de Chine).

Un accident majeur par éruption de puits ou un acte de guerre y ajoutent occasionnellement une grave marée noire\*. Une de celles-ci occupe la seconde place de la liste des records mondiaux de marées noires.

La prévention dans ce domaine passe par deux mesures complémentaires : une sécurité renforcée pour les accidents et des contrôles rigoureux pour les rejets de boues de forage et de fluides d'exploitation.

Les champs de la mer du Nord, implantés au milieu d'une des plus riches zones de pêche du globe, sont particulièrement en pointe dans les domaines de la prévention et la sécurité.

Les plates-formes opèrent là, sous la surveillance constante de satellites, d'avions de télédétection\* et de navires spécialisés, principalement norvégiens et britanniques. Des réunions périodiques rassemblent

### Un accident de terminal pétrolier

Le 7 août 1997 à 0 h 20, le pétrolier *Katja* en manœuvre d'accostage heurte un quai du terminal\* pétrolier du Havre. Une quantité de 190 m<sup>3</sup> de fioul\* de propulsion se déverse dans le port. Malgré une intervention immédiate, une partie de la pollution sort du port à marée descendante, provoquant une petite marée noire\* jusqu'aux plages du Calvados.



### La marée noire d'*Ixtoc I*

Le 3 juin 1979, dans le golfe du Mexique, une éruption de pétrole souffle la plate-forme offshore *Ixtoc I*, exploitée par la société nationale Petroleos Mexicanos. Un incendie se déclare. L'éruption ne sera réduite que le 23 mars 1980, après jaillissement de 500 000 tonnes à un million de tonnes de pétrole. Entre le tiers et la moitié de ce pétrole brûle. Le reste se répand dans le golfe du Mexique sous forme de nappes dérivantes. Certaines parviennent jusqu'aux côtes du Texas, provoquant, à partir du 9 juillet, une activation du plan d'intervention régional de la lutte contre les marées noires<sup>1</sup>. Des opérations de nettoyage localisées sont engagées, suivies d'une vaste étude d'impact faisant appel à l'analyse de plus de 4 000 échantillons (eau, sédiment, faune et flore).



services de contrôle et industriels pétroliers pour rechercher les voies d'une meilleure sécurité, tandis que des laboratoires financés par l'industrie pétrolière étudient les effets potentiels à long terme de l'exploitation sur les peuplements marins.

Des exercices de lutte de grande ampleur réunissent régulièrement les spécialistes de l'industrie et les administrations chargées de la lutte en mer contre les déversements accidentels. ■



Exercice antipollution en mer du Nord





# L'impact

Quelles conséquences faut-il affronter dans l'urgence ?

- Premiers effets
- Devenir du pétrole
- Pollution en mer
- Pollution du littoral
- Impact sur la faune, la flore
- Facteurs de l'impact
- Impact économique



## PREMIERS EFFETS

### Choc psychologique

L'impact de nappes éparées générées par les petits rejets occasionnels d'hydrocarbures\* en mer ou dans les fleuves s'exprime pour les usagers en termes de taches de « goudron\* » et d'oiseaux « mazoutés ». C'est un effet d'engluement par un produit qui adhère aux rochers, aux embarcations, à la peau, au plumage. Mais il y a plus que cela. Des patelles d'une mare littorale fraîchement touchées peuvent perdre temporairement leur capacité d'adhérence, pour la plus grande joie des crevettes et des crabes. Les huîtres d'un parc peuvent prendre un goût de « pétrole » qui mettra plusieurs semaines, voire plusieurs mois à disparaître. Les petites pollutions localisées ont toutes une variété d'effets connus, rarement mortels pour la faune et la flore, mais bien réels et parfois gênants pour certaines activités littorales.



### → Nettoyage des petites souillures

Sur la peau :

étaler du beurre ou de l'huile, l'enlever au bout de quelques minutes. Nettoyer ensuite la peau au savon et à l'eau.

Sur les vêtements :

mettre un peu de pétrole lampant (produit vendu comme combustible liquide pour appareils de chauffage) sur le tissu imprégné afin d'enlever le pétrole.

Lorsque survient une marée noire\*, ces effets connus sont aussitôt effacés par une image dramatique : celle d'une « mort noire » qui détruit toute vie sur son passage, laissant derrière elle un désert pour des années, voire des générations. Largement véhiculée par les médias via le cliché d'un oiseau de mer englué, cette image s'imprègne dans nos esprits.

Pourtant, quelques mois après, un peu plus d'un an dans les cas les plus graves, les bateaux reviennent de pêche avec des poissons dans leurs filets et des nuées d'oiseaux de mer dans leur sillage. Les champs d'algues sont toujours là, comme les peuplements des mares littorales. Ne restent visibles de la marée noire que des stockages de déchets peu à peu vidés et réhabilités, des vases encore imprégnées de pétrole au fond des estuaires et des taches de pétrole sur les rochers ou falaises. Après quelques années seuls rappellent encore le drame un morceau d'épave ou une ancre gigantesque sur le terre-plein d'un petit port, des photos au mur des cafés, la colère non éteinte des hommes et parfois un grand



L'image symbolique : un oiseau englué

procès. L'hécatombe annoncée par les scientifiques et les médias au moment de l'accident n'était-elle en fait qu'une dramatisation excessive ? Ou le retour à la normale qu'une simple apparence ? Ces deux questions posent un problème essentiel : le devenir du pétrole répandu dans l'eau. ■

### L'indignation d'un grand journaliste

Introduction du disque « Sauvons la mer », pressé en 1978 au profit des victimes de l'*Amoco Cadiz*, dite par Roger Gicquel : « De Portsall à Roscoff et au-delà, plus un chant d'oiseau. Le roi le plus sanguinaire de l'histoire n'aurait jamais rêvé d'une telle hécatombe. Il n'y a pas eu de mort d'homme pendant cette marée noire\* à la saison de Pâques et pourtant toute vie était niée, engluée. C'étaient le mépris et l'impuissance qui inondaient la côte et le cœur des hommes et des femmes de ce pays. Mépris et impuissance sortis des flancs de l'*Amoco Cadiz*. Et on ne pouvait pas gifler le salaud qui avait fait ça : c'était un diable international ».

## ● DEVENIR DU PÉTROLE

### Modification progressive

Un pétrole est un mélange de plusieurs milliers de molécules, pour l'essentiel des hydrocarbures en grande majorité insolubles dans l'eau et plus légers qu'elle. Une fois le pétrole déversé, un phénomène d'étalement en surface s'engage aussitôt. Il tend, par mer calme, à constituer un film huileux de quelques dixièmes de millimètres à quelques millimètres d'épaisseur.

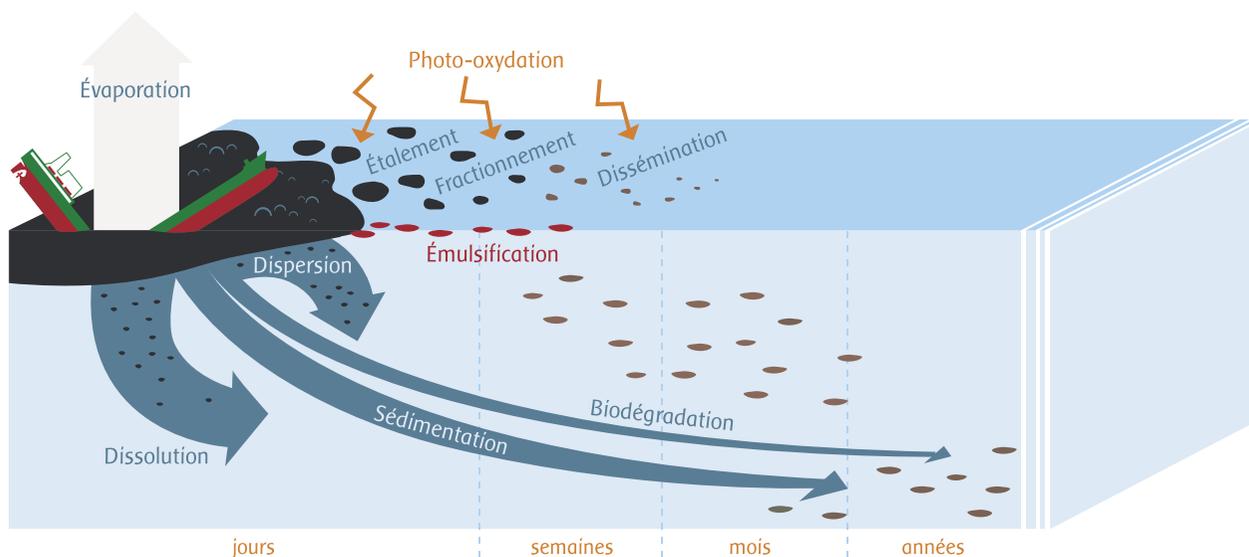
Les mouvements de l'eau cassent ce film en nappes qui dérivent en surface, séparées par des zones d'eau libre et, pour partie, en gouttelettes qui se dispersent dans les premiers mètres de la colonne d'eau. L'air,

le vent, la lumière, la houle, l'eau elle-même influent sur ces nappes par toute une combinaison d'effets physiques et chimiques : évaporation, émulsification, dissolution, oxydation, sédimentation. Des organismes aquatiques interviennent pour casser biologiquement les molécules de certains hydrocarbures. Lorsque le produit est sous forme suffisamment divisée : la biodégradation commence.

L'évaporation affecte les composés volatils, générateurs de l'odeur de pétrole accompagnant une marée noire. Ce sont pour l'essentiel des produits que nous connaissons comme des gaz (méthane, éthane, propane, butane...) et des solvants (benzène, toluène...). En quelques heures, un quart, un tiers, parfois jusqu'à la moitié du volume déversé part ainsi dans l'atmosphère, sous forme de gaz et d'aé-

rosols. L'évaporation se fait d'autant plus vite que les températures sont élevées et les vents forts. La masse d'hydrocarbures présente dans l'eau est réduite, la densité du polluant restant augmente et provoque une pollution atmosphérique qui peut être conséquente.

En même temps, suivant la viscosité du pétrole et les conditions météorologiques, le brassage des nappes par la houle peut provoquer en quelques heures à quelques jours un phénomène d'incorporation d'eau dans l'huile. C'est l'émulsification inverse qui génère un produit stable, comparable en structure à la mayonnaise. La part d'eau incorporée varie entre le cinquième et les quatre cinquièmes du volume total de l'émulsion ce qui augmente considérablement le volume de polluant à récupérer. Le produit résultant, appelé « mousse au chocolat » pour son aspect, n'est pratiquement plus dispersible. Après plusieurs semaines de dissolution et de dégradation chimique de ses composants, cette « mousse » donnera naissance à des résidus qui peuvent dériver des mois en mer avant d'être déposés sur les plages sous la forme de boulettes de pétrole.



Devenir du pétrole déversé dans l'eau

### ➔ Devenir du pétrole dans l'eau

Un litre de pétrole peut couvrir une surface égale à la moitié d'un terrain de football.

(Source : WALKER J., MAWET D.-P. *Les marées noires : leurs origines et leurs effets sur l'environnement et l'homme*.)

La dissolution concerne une toute petite partie des composants du pétrole, essentiellement des produits aromatiques\* (benzène, toluène...). C'est un phénomène 10 à 100 fois plus lent que l'évaporation. La dissolution des composés évaporables est donc en général extrêmement faible.



Récupération de « mousse au chocolat »



### \* en savoir plus

Les hydrocarbures\*, l'eau et la mousse au chocolat\* : c'est le titre d'un document publié par Environnement Canada sur son site web :

[www.ec.gc.ca/ee-ue/default.asp?lang=fr&n=937D1B31](http://www.ec.gc.ca/ee-ue/default.asp?lang=fr&n=937D1B31).

Ce document fournit en particulier des explications pour simuler une expérience de déversement écologique.

Les processus d'oxydation\* interviennent en pleine eau sur les gouttelettes et surtout en surface sur les nappes. Il s'agit alors dans ce cas d'une photo-oxydation\*. Quels qu'ils soient, les processus d'oxydation sont lents. Ainsi, la photo-oxydation\*, directement liée à l'intensité de l'éclairage et à la finesse des nappes, dégrade journalièrement moins d'une chaîne hydrocarbonée sur mille sous un soleil intense.

La sédimentation\* affecte la petite fraction des produits les plus lourds, dont les boues de fond de cuve, qui tombent dans les profondeurs de la mer. Ce phénomène se produit sur le long terme et concerne, en général, une faible part du déversement (moins d'un vingtième), sauf pour des pétroles très épais et très lourds tels que celui de l'*Erika* et du *Prestige*.

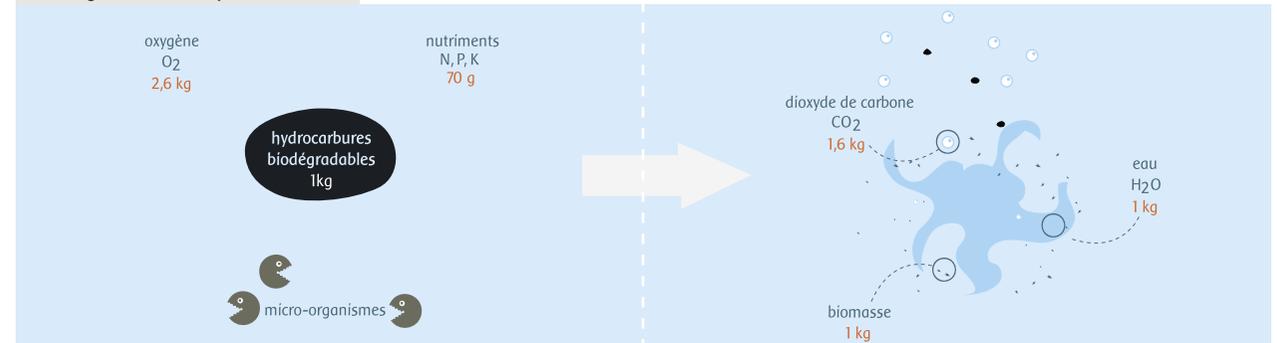
La dégradation biologique ou biodégradation est un processus beaucoup plus lent que les précédents. Les organismes biodégradants sont essentiellement des bactéries (micro-organismes) naturellement présentes dans le milieu marin. Elles s'installent et se multiplient à la surface des gouttelettes, des nappes et de la « mousse au chocolat ». Les bactéries absor-

bent certains hydrocarbures et les utilisent comme source d'énergie métabolique. Vivant dans l'eau et utilisant de l'oxygène, elles agissent à l'interface entre l'eau et le pétrole. Elles sont donc beaucoup plus efficaces sur de fines gouttelettes largement dispersées que sur une épaisse « mousse au chocolat » ou sur les produits lourds qui se déposent au fond et s'incorporent dans les sédiments. Leur multiplication massive au moment d'une pollution peut se faire au détriment d'autres espèces, générant ainsi des modifications de l'équilibre écologique des zones affectées. ■



Vieillessement de pétrole en polludrome\* : formation d'une « mousse au chocolat »

### Biodégradation d'hydrocarbures



## ● POLLUTION EN MER

### Impacts

Les nappes d'hydrocarbures\*, les gouttelettes et la « mousse au chocolat\* » affectent plus particulièrement les animaux qui viennent respirer en surface, les oiseaux qui plongent dans l'eau pour y chercher leur nourriture, les algues, les micro-organismes vivant à la surface de l'eau ou près d'elle (plancton). Ces nappes affectent également les macro-déchets\* dérivants, les bouées de navigation, les navires, les engins de pêche au moment de la mise à l'eau et de la remontée des filets, les cages et radeaux des établissements aquacoles.

Parmi tout ce qui peut être souillé ainsi, ou même englué lorsque les nappes sont importantes, deux groupes d'animaux constituent des victimes qui nous touchent particulièrement : les oiseaux de mer et les mammifères. Leur vie est en effet étroitement liée à une fréquentation assidue de la surface de l'eau, les premiers pour se nourrir et se reposer entre deux envols, les seconds pour respirer. La présence d'hydrocarbures en surface constitue pour eux un risque majeur d'ingestion et de souillure de la peau ou des plumes.

Chez les oiseaux, la souillure du plumage entraîne une perte d'isolation thermique (voir encadré ci-contre), de flottabilité et de portance. Chez les mammifères, qui se lèchent le pelage, la souillure entraîne des risques d'ingestion d'hydrocarbures. À cela s'ajoutent des risques d'ingestion directe, d'irritation des yeux et des narines, d'étouffement par engluement ainsi que des effets toxiques affectant l'organisme entier, au niveau du métabolisme ou du génome.



Lavage d'un guillemot dans un centre de soins de la Ligue Pour la Protection des Oiseaux

L'engluement peut être localisé à des organes et provoquer des interférences physiques avec la locomotion, l'alimentation et/ou d'autres comportements.

Des particules d'hydrocarbures dispersées dans l'eau peuvent être accumulées sur des épithéliums sensibles (branchies, muqueuses...), les encrasser et en provoquer la dégénérescence. Un animal, aux mécanismes filtreurs affectés, pourra ingérer suffisamment de pétrole pour subir un effet toxique tout en étant incapable de se nourrir. Chez un animal aux branchies affectées, l'organisme sera incapable d'assurer son oxygénation et des hydrocarbures solubles pourront pénétrer par la voie respiratoire dans le système sanguin. Ces situations se rencontrent en particulier chez les mollusques filtreurs et les poissons de pleine eau et de fond lorsqu'une dispersion

naturelle ou chimique fait qu'il y a de fortes concentrations d'hydrocarbures dans la colonne d'eau.

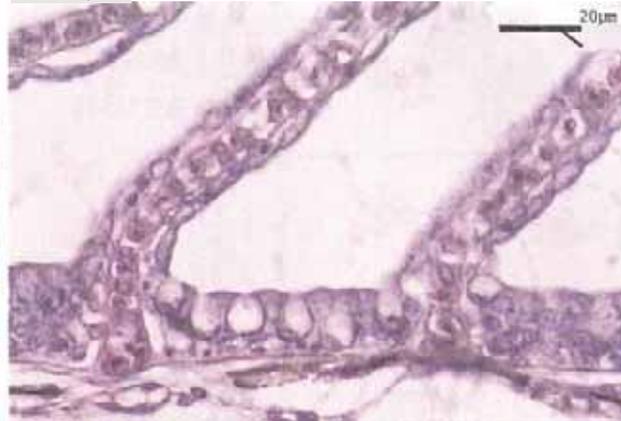
Les souillures et l'engluement au large affectent aussi les couches superficielles du plancton. Le plancton constitue le premier élément de la chaîne alimentaire dont se nourrissent les grands mammifères marins : ceux-ci seront donc également affectés par la pollution, ainsi que les poissons pélagiques. Les effets du polluant peuvent être localement et temporairement considérables sur certains peuplements planctoniques qui migrent entre quelques dizaines de mètres de profondeur, la nuit, et au voisinage de la surface, le jour. Mais la courte durée du cycle des espèces et l'importance du brassage des eaux font que les organismes perdus sont vite remplacés, limitant ainsi les impacts sur les chaînes alimentaires. ■



Témoïn



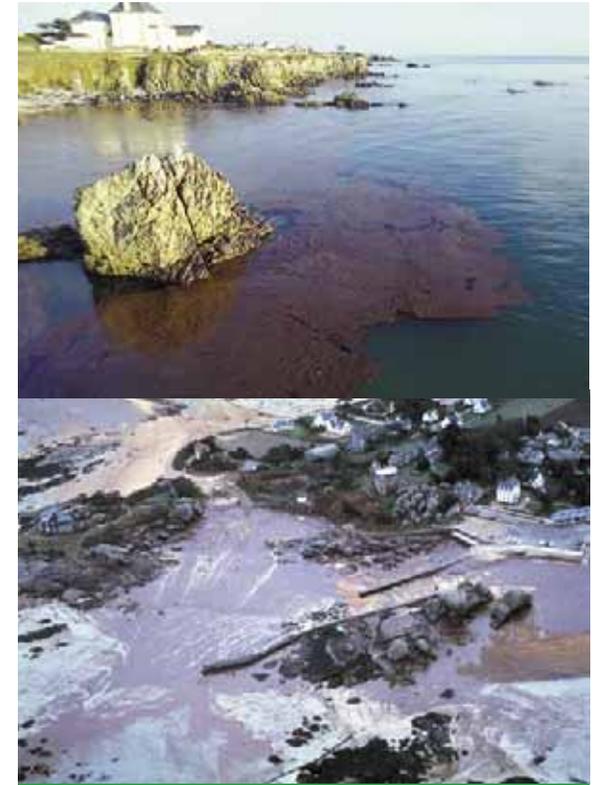
Intoxiqué



Épithélium branchial d'un poisson témoin et d'un poisson intoxiqué

## ● POLLUTION DU LITTORAL

Lorsqu'une marée noire atteint le littoral, ou lorsqu'elle a lieu directement à proximité de la côte, les phénomènes de souillure et d'engluement touchent les peuplements de la zone de balancement des marées (estran) et les diverses activités humaines qui se partagent l'usage du bord de mer. Les oiseaux et mammifères marins sont là aussi des victimes



Côte rocheuse souillée par du pétrole (↑)  
Vue aérienne d'une côte rocheuse polluée (↓)

évidentes, qu'il s'agisse des multiples espèces d'oiseaux se nourrissant sur l'estran à marée basse et nidifiant en bordure de mer, ou des mammifères marins se reposant sur le rivage. Mais les algues, les poissons, les coquillages, les crustacés qui vivent dans les mares littorales, sur les rochers et dans le sable des plages ou les vasières, sont inévitablement touchés.

Suivant la nature du littoral, l'impact peut être relativement modéré ou, au contraire, tout à fait dramatique : les côtes rocheuses, les plages de galets, les graviers, le sable grossier, le sable fin, les zones marécageuses, les récifs coralliens ont des sensibilités très différentes face à une marée noire.

### Côtes rocheuses

Les côtes rocheuses exposées et escarpées offrent peu de possibilités aux hydrocarbures\* de s'y maintenir massivement. Elles sont donc assez vite nettoyées par l'effet mécanique du déferlement des vagues et souffrent relativement peu d'une marée noire\*.

Celles qui présentent un platier\* submersible à marée haute ou par forte houle peuvent être beaucoup plus affectées, surtout lorsque ce platier est creusé de mares littorales riches en faune et en flore, où d'importantes épaisseurs d'hydrocarbures sont susceptibles de s'accumuler.

### Plages

Les plages de galets, graviers et sables grossiers présentent des risques élevés de contamination en profondeur. La plupart des hydrocarbures\* peuvent aisément pénétrer dans les interstices jusqu'à des

profondeurs d'où il sera pratiquement impossible de les retirer sans affecter gravement les espèces qui y vivent.

Les plages de sable fin ont tendance à retenir les hydrocarbures en surface où ils peuvent s'accumuler, toucher les laisses de haute mer\*, et être recouverts par une couche de sable propre plus ou moins épaisse. Si la plage est en cours d'engraissement\*, d'autres couches d'hydrocarbures et de sable



Vasière et traces de pollution en haut de berge (↑)  
Marais pollués par le fioul du *Prestige* (↓)

peuvent venir s'y ajouter, créant une pollution en millefeuille d'autant plus gênante que les couches d'hydrocarbures pourront être remises à nu par les vagues et emportées pour aller provoquer une nouvelle pollution ailleurs.

### Vasières et marais

Les zones marécageuses intertidales\*, dont les étangs piscicoles, les claires\* et les marais, sont particulièrement vulnérables. Leurs réseaux de chenaux favorisent le transport des hydrocarbures\* vers des aires très abritées où les sédiments fins les retiennent sur de longues périodes. Les hydrocarbures affectent alors rapidement et fortement les peuplements d'invertébrés du sédiment et les parties des végétaux en contact avec l'eau. L'intervention humaine pose là de multiples problèmes techniques qui entraînent des risques de bouleversement des milieux et d'altération des équilibres écologiques. L'intervention dans ces sites doit être réfléchie et prudente.

Les marais maritimes des zones tempérées, comme les mangroves tropicales, sont particulièrement sensibles à la pollution par hydrocarbures. La respiration des racines aériennes des palétuviers peut être gravement affectée par une pellicule même fine d'hydrocarbures. De plus, de nombreuses espèces vivent là, certaines en permanence, d'autres de manière saisonnière, dont pour beaucoup à des stades juvéniles.

Ainsi, l'engluement d'une mangrove à la saison où les jeunes crevettes y trouvent leur nourriture avant de partir en mer peut avoir de graves conséquences pour la pêche côtière et la biodiversité du milieu pendant plusieurs mois, voire plusieurs années.

## Récifs coralliens

Protégés par un mucus sécrété par leurs polypes, les récifs coralliens résistent en général assez bien à des accidents isolés et d'ampleur limitée. Mais ils peuvent être gravement affectés par des pollutions répétitives, ou lorsque les marées et la houle conduisent à un engluement massif de la frange superficielle du récif (seule partie vivante du récif corallien). Certaines des multiples espèces de poissons, invertébrés et algues marines qui habitent les biotopes coralliens peuvent, par ailleurs, être sévèrement touchées alors que le corail lui-même n'a que peu souffert.

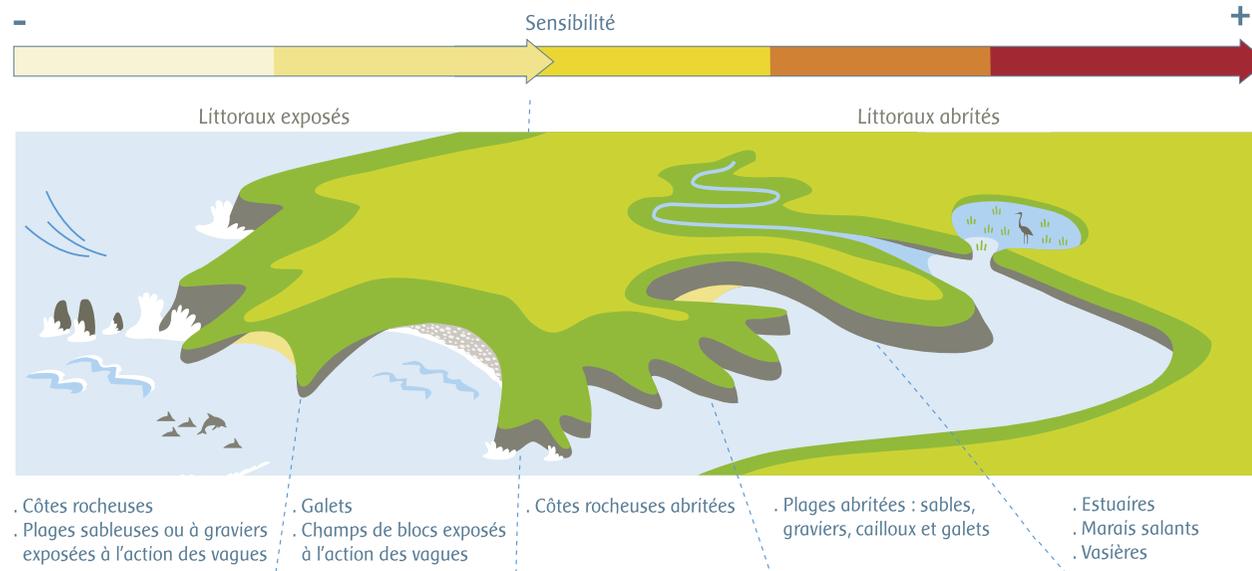


Pollutions de mangrove



### Sensibilité des écosystèmes intertidaux

Source : données issues de O'SULLIVAN A.J., JACQUES T.G. *Système de référence d'impact\**



## Activités humaines du littoral

De multiples activités humaines peuvent être affectées par les effets de souillure et d'engluement. Le secteur des loisirs est évidemment concerné. La fréquentation des plages, la natation, la pêche de loisir, la plongée, le surf, la voile deviennent impossibles au milieu des nappes de pétrole, avec des conséquences économiques et sociales qui peuvent être très importantes en région touristique. Les activités portuaires peuvent être interrompues, en particulier lorsqu'il est nécessaire de mettre des barrages en place pour protéger les navires au port.

Les exploitations d'aquaculture en mer sont inévitablement touchées. Les pêcheurs côtiers ne peuvent plus mettre en œuvre leurs nasses, filets et autres engins. Ceux qu'ils n'ont pas pu sortir de l'eau à temps, comme ceux qu'ils tenteraient d'utiliser, risquent d'être souillés.

Les ramasseurs de coquillages et les conchyliculteurs ne peuvent plus travailler sur l'estran, où leurs produits sont englués. Les installations d'aquaculture en bassins ne peuvent plus s'approvisionner en eau, sous peine de contaminer leurs produits ; il en va de même pour les marais salants.

Les activités industrielles comme touristiques qui impliquent des pompages permanents d'eau de mer (stations de désalinisation, centrales électriques, centres de thalassothérapie, aquariums marins) peuvent aussi être affectées.

Toutes les installations, tous les outils de l'activité humaine sur le littoral peuvent être touchés, qu'ils

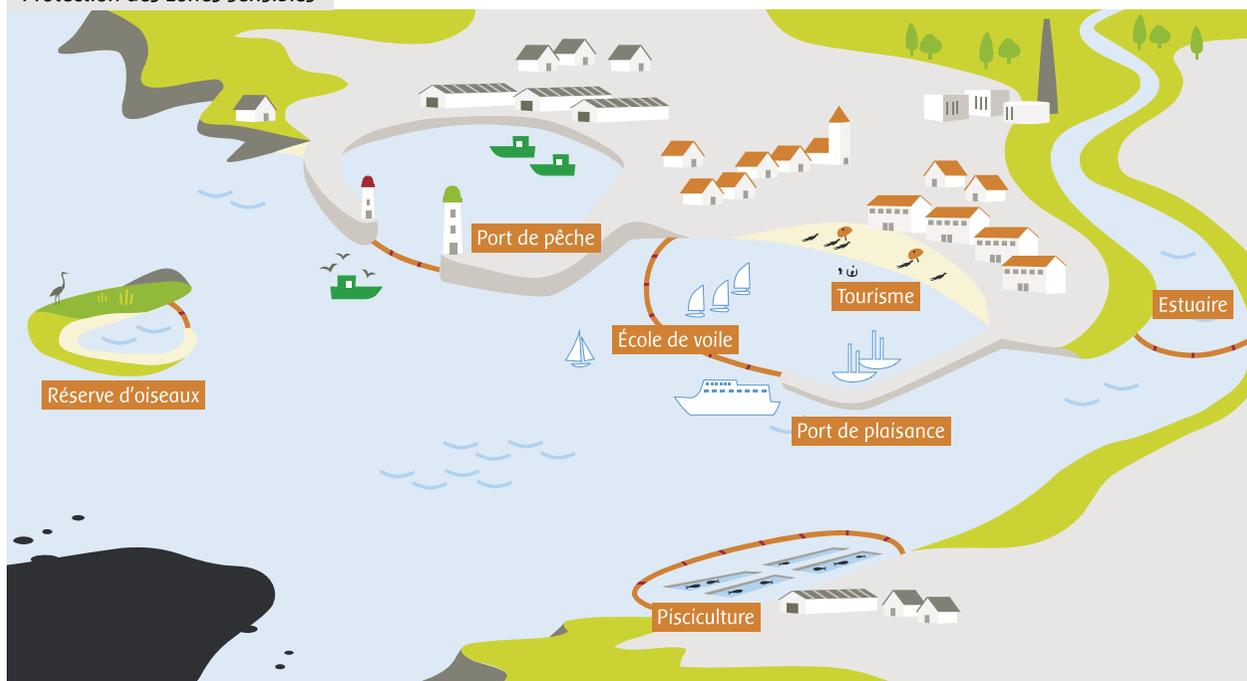
soient fixes (quais, digues) ou flottants (bouées, embarcations).

Légère, l'atteinte peut être génératrice d'une simple gêne. Plus lourde, elle peut paralyser l'activité jusqu'à l'achèvement du nettoyage, voire forcer à des destructions de stocks destinés à des productions futures. ■



Nettoyage d'un port de plaisance

Protection des zones sensibles



Protection par barrage du port de Ploumanac'h (Bretagne, France) lors de la pollution du *Tanio*

## IMPACT SUR LA FAUNE, LA FLORE

Au-delà de l'engluement, effet purement physique, la faune et la flore peuvent souffrir du contact avec les hydrocarbures\* à travers des phénomènes écotoxicologiques et, le cas échéant, génotoxiques\*.

### Effets directs

Bien que les effets directs des hydrocarbures\* varient d'une espèce à l'autre à l'intérieur d'un même groupe taxonomique, certains groupes sont globalement plus sensibles que d'autres. De même, les individus aux premiers stades de leur développement peuvent être plus gravement affectés que les adultes. Dans une même espèce, les œufs, les larves et les juvéniles sont en général plus sensibles que les adultes. Mais cette situation, qui paraît naturelle à nos yeux, toujours tentés de voir les jeunes plus fragiles que les adultes, n'est pas une loi absolue. Ainsi, chez certains vers annelés, les larves sont plus résistantes aux hydrocarbures que les adultes.

### Effets létaux

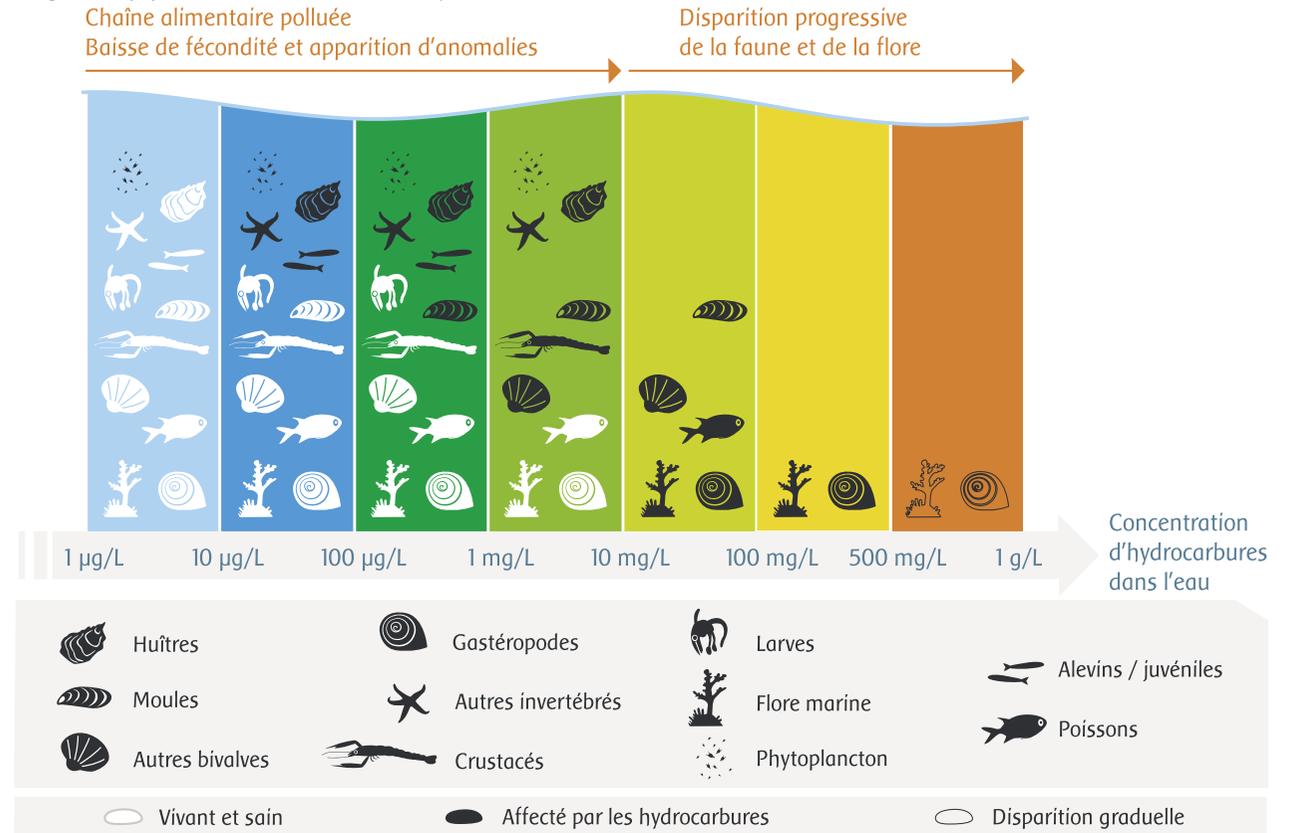
Indépendamment des mortalités causées par les effets de souillure et d'engluement, certains constituants des pétroles sont toxiques pour les végétaux et animaux marins. Cette toxicité peut être aiguë, entraînant la mort rapide de l'organisme exposé par contact ou ingestion, ou en causant une perturbation grave des fonctions de base. La toxicité différée intervient lorsque la capacité de survie de l'organisme est diminuée. C'est-à-dire lorsqu'il y a une réduction de sa résistance au stress ou à une agression biologique (maladies, parasites, prédateurs).

La toxicité aiguë est mesurée par la dose létale 50 (DL50) qui correspond à la dose susceptible de tuer 50 % des animaux auxquels elle est administrée pendant une durée donnée. Cette expression de la toxicité s'explique par le fait que tous les individus d'une même espèce n'ont pas exactement la même sensibilité pour un toxique. La DL50 mesure la sensibilité moyenne de l'espèce.

De nombreuses études ont été menées en laboratoire pour déterminer les composants les plus toxiques d'un pétrole. Ce sont essentiellement les composés aromatiques\* (hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP\*), assez solubles et de ce fait, rapidement disponibles pour les organismes marins. L'agitation du milieu représente un facteur non

#### Effets des hydrocarbures sur les organismes marins

Source : données issues de HYLAND J.L., SCHNEIDER E.D. *Petroleum hydrocarbons and their effects on marine organisms, populations, communities, and ecosystems*



négligeable dans l'évolution des concentrations en composés aromatiques. Sous de faibles conditions de turbulence, seuls les plus solubles entrent dans la masse d'eau, les autres sont intégralement évaporés avant d'avoir pu se dissoudre dans l'eau. Par forte agitation, des composés volatils\* moins solubles seront également introduits dans la colonne d'eau\*.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des contaminants présents partout dans l'environnement marin, d'une part, à cause de leur stabilité importante et, d'autre part, en raison de la multiplicité de leurs sources (brûlage de combustibles, industries diverses, incinération des déchets...). Ils sont considérés comme des contaminants prioritaires des écosystèmes tant terrestres que marins pour leurs potentialités cancérigène et mutagène. Leur toxicité résulte de la formation de métabolites (époxydes, diols) par les organismes, qui se lient à l'ADN et entraînent des dysfonctionnements.

### Effets toxiques sublétaux

Ce sont les effets qui diminuent la capacité d'une population à se maintenir à l'équilibre.

Cette perte d'équilibre peut prendre la forme d'une réduction de la fécondité (altération des gamètes) ou d'une augmentation de la mortalité pendant les stades larves et juvéniles. Cette perte d'équilibre peut se traduire par une perturbation des communications entre les individus ou entre eux et le milieu, entraînant, par exemple, une altération du comportement migratoire. Cette perte d'équilibre peut également amener une croissance ralentie, que ce soit par perte d'appétit ou capacité réduite de transformation des

aliments. Cela peut enfin produire des altérations physiologiques ou comportementales plus ou moins complexes. Ces altérations peuvent être génératrices d'une diminution de la résistance au stress de la population, d'une diminution de sa capacité à se procurer ou à consommer des aliments, et de retards dans les pontes ou les couvaisons...

Des études en laboratoire ont démontré des baisses d'activités d'algues planctoniques mises en contact avec des concentrations non létales d'hydrocarbures\*. D'autres ont montré des troubles de comportement, en particulier alimentaire, chez des crustacés. D'autres ont mis en évidence une réduction de la capacité d'adhérence des coquillages aux rochers par leur pied ou par leur byssus\*. Ces effets ne sont cependant pas toujours importants, ni automatiquement négatifs : des cas d'accélération de l'activité métabolique ont été rencontrés chez certaines algues et une grande tolérance à l'ingestion d'hydrocarbures a été mise en évidence chez certains oiseaux de mer.

Pour confronter les résultats des travaux de laboratoire avec la réalité du terrain, des milieux naturels simplifiés ont été reconstitués dans des volumes expérimentaux de plusieurs milliers à plusieurs dizaines de milliers de litres d'eau de mer. Ces expériences en mésocosme\* ont apporté des éléments scientifiques intéressants, mais difficilement transposables à une pollution réelle en milieu naturel. C'est dû en particulier à la difficulté de reproduire, dans ces volumes, tous les effets de dilution et de brassage qui se rencontrent dans le milieu naturel.

Les effets sublétaux des marées noires\* restent, de ce fait, aujourd'hui un vaste sujet de débats contra-



Nettoyage d'un phoque mazouté (←)  
Nourrissage en clinique (→)

dictoires, qui s'exacerbent dans les discussions relatives à l'indemnisation des dommages à moyen et long termes. Dans un même groupe botanique ou zoologique, ces effets diffèrent considérablement d'une espèce à l'autre en fonction non seulement de la physiologie, mais aussi du comportement de l'espèce. Ainsi, chez les oiseaux, on distingue des espèces hautement vulnérables aux marées noires\*, complètement dépendantes de l'environnement marin (macareux, guillemot de Troil, cormoran...) et des espèces à forte capacité d'adaptation, qui sont faiblement vulnérables (mouette, sterne, albatros, goéland...).

## Bioaccumulation d'hydrocarbures

L'incorporation de quantités même infimes d'hydrocarbures\* dans les tissus d'un organisme marin, par le biais de l'ingestion directe du polluant, peut affecter ses prédateurs. S'il n'est pas dégradé à un niveau ou à un autre, le polluant peut se concentrer tout au long de la chaîne alimentaire. C'est le phénomène de la bioaccumulation\* des substances chimiques à travers la chaîne alimentaire jusqu'à des concentrations bien supérieures à celles où elles se trouvent présentes dans l'eau.

Chaque niveau d'une chaîne alimentaire consomme en effet autour de 10 kg de matière du niveau inférieur pour produire 1 kg de sa propre matière vivante. Si un contaminant passe d'un niveau à l'autre sans dégradation, sa concentration dans la matière vivante se multiplie à chaque fois d'un facteur proche de 10. Les organismes du haut de chaîne peuvent alors être exposés à des concentrations très élevées d'un produit préjudiciable à leur santé et qui n'a pas affecté les organismes du bas de chaîne.

Ce phénomène de bioaccumulation d'un hydrocarbure est fréquemment avancé comme une crainte majeure lors d'une marée noire\*. Il n'a jamais été mis en évidence de façon déterminante dans les cas de marées noires qui ont fait l'objet d'une exploitation pour éditer, à l'initiative du ministère de l'Écologie et du Développement durable, l'ouvrage de référence « Marées noires et environnement ». Cela n'implique pas que le risque soit inexistant. Mais si celui-ci existe, il reste d'un niveau suffisamment faible pour être masqué par d'autres phénomènes plus nets en situation de marée noire.



## Altération du goût et de l'odeur

L'altération\* du goût et de l'odeur font partie des phénomènes qui se rencontrent souvent lors des marées noires\*. Le simple contact cutané et branchial avec des hydrocarbures\* présents dans l'eau peut donner à des animaux marins un goût et une odeur inacceptables pour les consommateurs. Un tel goût, parfois nettement perçu comme un goût « de pétrole », parfois simplement perçu comme différent du goût habituel, est qualifié d'altération (« tainting » en anglais).

Cet effet particulier pèse un poids considérable dans la gestion des conséquences d'un déversement d'hydrocarbures. Des mollusques, comme l'huître ou la moule, peuvent absorber, par leur activité de filtration, des quantités importantes d'hydrocarbures présents dans l'eau. Une huître de 20 grammes filtre 48 litres d'eau de mer par jour. Elle peut multiplier la concentration d'un polluant dans ses tissus par 70 000 par rapport au milieu.

L'altération est très rapide : il suffit de quelques heures à quelques jours de contact pour qu'elle s'installe. Elle est vérifiable par des tests olfactifs ou organoleptiques et quantifiable par des analyses d'hydrocarbures totaux dans la chair. Transférés dans une eau vierge d'hydrocarbures, ou lorsque la pollution a cessé, les animaux s'épurent naturellement en quelques semaines à quelques mois.

Il est courant de voir des crustacés, des poissons, des coquillages subir une telle altération pendant une marée noire. La réponse immédiate des autorités est une interdiction temporaire de récolte ou

de commercialisation. La question se pose alors de savoir si les animaux contaminés vont pouvoir être mis sur le marché après décontamination ou s'ils devront être détruits par précaution : un problème important en termes de protection des consommateurs et d'économie locale.



Bars en bassin d'expérimentation (↑)  
Test organoleptique sur le bar (↓)

## Effets indirects

Les plantes et animaux marins ne vivent pas isolés les uns des autres. Ils se développent dans un milieu tissé d'une grande variété d'interactions biologiques. Celles-ci vont des rapports prédateur/proie à des situations de dépendance, de symbiose, de parasitisme ou autres dans lesquelles un organisme, ou un groupe d'organismes, fournit un abri ou une autre nécessité à une ou plusieurs espèces de la communauté.

Des membres de tous les groupes d'organismes, algues, bactéries, invertébrés, poissons, oiseaux, mammifères peuvent être touchés par un déversement d'hydrocarbures\*. Tout dommage causé par le pétrole à des individus d'un groupe conduit nécessairement à des altérations de la structure et du fonctionnement de la communauté biologique. On peut différencier quatre grands types d'effets indirects :

- la mort par inanition des organismes consommant des espèces polluées qui servaient à leur alimentation habituelle ;
- la perturbation de certaines interactions entre espèces, à la suite de l'élimination ou de l'affaiblissement d'espèces ;
- la prolifération massive d'organismes qui s'emparent de la nourriture habituellement consommée par les espèces présentes dans le milieu ;
- la modification de l'habitat à la suite des opérations de nettoyage, comme l'altération ou la disparition du substrat\*.

Tous ces effets sont temporaires : après le déséquilibre provoqué par la pollution puis la prolifération d'organismes résistants, recolonisateurs, les équilibres antérieurs se rétablissent progressivement sauf si une nouvelle pollution se déclare. Mais ce retour à la normale peut exiger des années. ■



Suivi de restauration botanique

## → L'état de référence

La contamination de l'environnement et l'impact écologique d'une pollution ne peuvent être valablement appréciés qu'à partir de valeurs de référence établissant précisément la situation avant l'accident. Seul l'établissement d'états de référence\* permet de mettre en évidence le lien de causalité entre le déversement de polluant et les effets observés à sa suite. Ceci implique que l'information fournie par ces états de référence soit cohérente avec les besoins particuliers du suivi écologique, afin de fournir les bases d'un constat d'impact objectif.

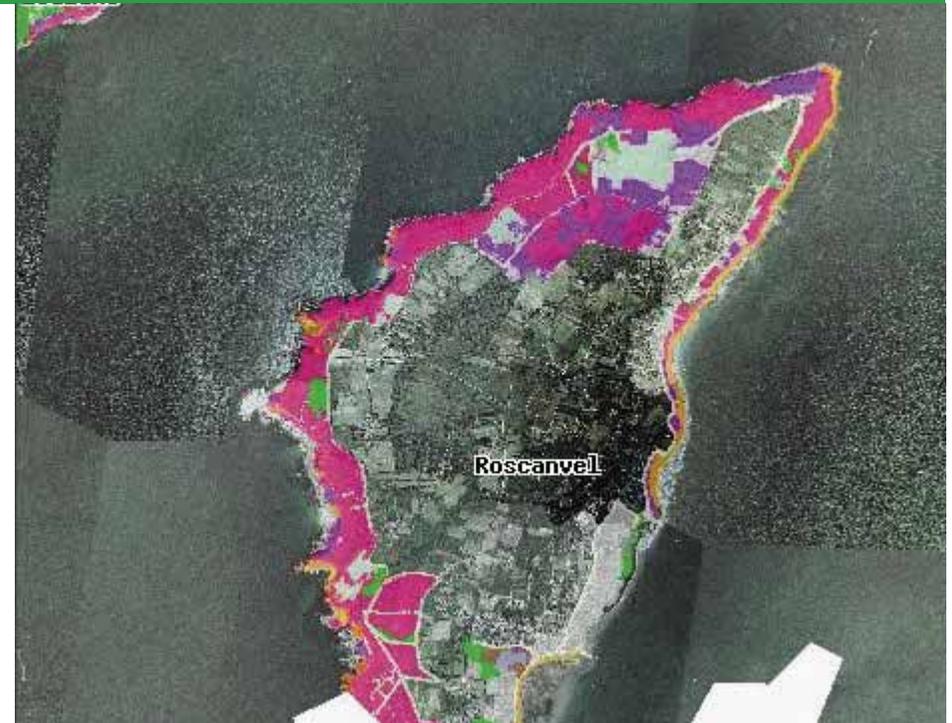
Face à ce besoin et dans le cadre d'une demande croissante de connaissances sur l'état et l'évolution de la flore et de la faune benthiques, Ifremer a lancé et coordonné, au cours des années 2001 et 2002, une stratégie de mise en place d'un nouveau réseau de surveillance et de données de référence spécifique aux peuplements benthiques de la frange littorale : le Rebent (réseau benthique). Ce réseau est opérationnel depuis 2003, pour plus d'informations, consulter : [www.rebent.org](http://www.rebent.org).

## Un état de référence de la végétation littorale terrestre (France)

Le Conservatoire Botanique National de Brest a coordonné, en 2000-2002, la réalisation d'un état de référence de la flore et de la végétation littorales terrestres de Bretagne et des Pays de la Loire. Ce travail apporte une réponse à la nécessité apparue, suite à la marée noire de l'*Erika*, de disposer d'un outil de connaissance et de prise en compte de l'état de référence de la flore (espèces) et de la végétation (communauté) responsables du devenir du patrimoine naturel. L'information déjà disponible a été complétée par une interprétation de photos aériennes numériques géoréférencées et associées à des données de terrain. Le dossier est accessible sur Internet : [www.cbnbrest.fr/botalittoral/](http://www.cbnbrest.fr/botalittoral/).



- Vases salées végétalisées
- Prairie halophile à saumâtre
- Marais salant et/ou herbiers saumâtres
- Pelouses aéroalines et végétation chasmophytique
- Plage ou cordon de galets
- Dune
- Zone d'eau libre, étang, bassin
- Landes et/ou fourré
- Zone boisée
- Friche nitrophile et zone rudéralisée
- Banc coquillier avec ou sans végétation
- Sol nu, vaseux ou sableux, chenaux
- Prairie humide non halophile, bas-marais, mégaphorbiaie ou roselière
- Zone agricole bordant l'espace littoral
- Zone urbanisée ou artificialisée
- Chemin côtier, sentier, route ou digue
- Mosaïque d'habitats



## FACTEURS DE L'IMPACT

### Caractéristiques du déversement

La quantité et le type d'hydrocarbures déversés déterminent, dans une large mesure mais pas exclusivement, la gravité de l'impact sur le milieu marin.

Un déversement de plusieurs dizaines de milliers de tonnes sera source de bien plus de dommages sur le milieu aquatique qu'un déversement dix fois plus faible.

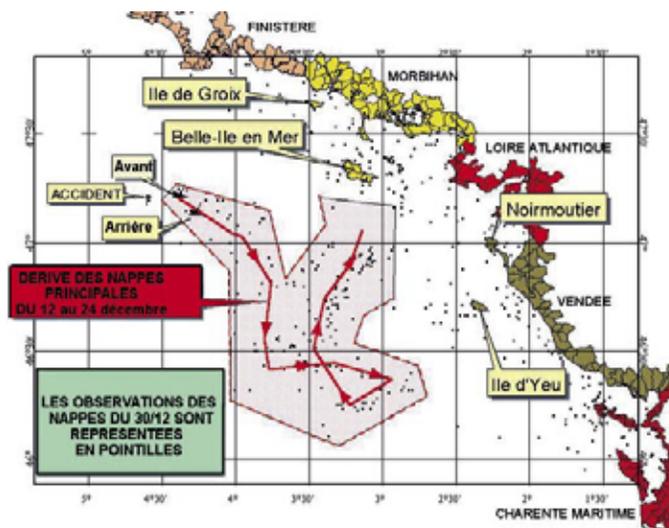
Un déversement de produit peu évaporable sera de même plus dommageable pour la mer et l'estran qu'un déversement de produit très évaporable.

La durée du déversement joue aussi un rôle important. Une décharge soudaine et violente concentrera les effets sur un espace moindre qu'une fuite longue et lente. De plus, si les effets sont brutaux, ils seront peut-être moins durables.

Le lieu du déversement est primordial pour son impact. Un déversement au large comme celui du *Prestige* conduira à des impacts limités et dispersés sur un très vaste linéaire de littoral, pendant une longue période, alors qu'un déversement à la côte affectera massivement un linéaire réduit.

### Contexte du déversement

Les conditions météo-océaniques du moment (vent, houle, marées, courants, salinité, température...) influent sur la viscosité, la vitesse d'étalement, la dispersion et la destination des nappes de pétrole.



Dérive des nappes de fioul de l'*Erika*

Une rotation brutale du vent a ainsi épargné la Charente-Maritime, qui était sérieusement menacée, d'une pollution massive due à l'*Erika*.

La période de l'année est également un paramètre à prendre en compte. Son incidence sur la température de l'eau et la saisonnalité des cycles biologiques n'est pas négligeable. De nombreuses espèces sont ainsi plus sensibles à la pollution par les hydrocarbures pendant leurs périodes de reproduction, de nidification ou de migration. Pour la végétation annuelle, la période la plus sensible est celle du début de la pousse.

La durée de l'exposition, la forme et la concentration des hydrocarbures, l'épaisseur des dépôts, le degré de contamination du substrat, l'évolution chimique

des hydrocarbures sont d'autres facteurs qui influent directement sur l'impact.

Enfin, la présence d'autres polluants et/ou une exposition précédente aux hydrocarbures peuvent augmenter la sensibilité de certains organismes à la pollution, diminuer la capacité de survie d'une communauté biologique ou accroître la population des espèces résistantes par rapport à celles qui sont sensibles.

### Limiter l'impact

Des mesures de lutte en mer contre le déversement et de protection du littoral, appropriées et bien conduites atténuent l'impact. Le choix des mesures de protection du rivage, de récupération et de dispersion des hydrocarbures est donc extrêmement important : on recherchera autant que possible à réduire les arrivages sur le littoral sans accroître l'impact sur le milieu marin.

Il est fréquent de trouver dans les rapports d'impact de longues listes de dégâts causés par des opérations de nettoyage du littoral inadéquates ou excessives. Pourtant, sans nettoyage, la pollution risque de subsister longtemps ou d'être reprise par la mer et d'aller toucher d'autres sites jusque-là épargnés.

Tout l'art d'un bon nettoyage littoral consiste à enlever le nécessaire mais pas plus, en dégradant le moins possible les accès aux plages et les surfaces prévues pour le stockage temporaire des déchets. Il faut donc un dialogue étroit entre les responsables opérationnels, les spécialistes de la lutte et les experts environnementaux. ■

## IMPACT ÉCONOMIQUE

### Frais de lutte et de nettoyage

Les spécialistes de l'intervention, les équipes de lutte et de sauvetage des oiseaux et mammifères, les professionnels et volontaires se rassemblent dans la zone affectée par une marée noire\*. Du matériel spécialisé ainsi que des opérateurs sont réquisitionnés pour la lutte et le nettoyage. Cette mobilisation colossale de moyens humains et techniques demande la mise en place d'un financement complexe et important. L'appel à des moyens privés pour la surveillance des nappes et la lutte en mer et à terre (aéronefs, bateaux de pêche, matériel de travaux publics, matériel agricole) ajoute des dépenses qui atteignent rapidement des sommes considérables.



Chantier de nettoyage

### → Qui gère la lutte ?

En France, la charge de la lutte en mer relève des préfets maritimes. Celle de la lutte sur le littoral relève des maires des communes pour les petites pollutions localisées, des préfets de département pour les pollutions qui touchent plusieurs communes. Les uns comme les autres mobilisent, pour cette lutte, les moyens publics disponibles et peuvent contracter ou réquisitionner des moyens privés.

La souillure de navires et d'engins de pêche, l'engluement de prises d'eau de mer d'installations aquacoles ou industrielles provoquent des interruptions d'activité pendant la durée du nettoyage qui sont autant de journées de recettes perdues.

Des engins de pêche que l'on ne peut pas relever, faute de pouvoir sortir en mer ou que l'on récupère trop abîmés pour être encore utilisables, des pompes dont les moteurs ont grillé sous l'effet d'une surchauffe par exemple, impliquent des dépenses de remplacement. Les rechanges n'étant pas toujours immédiatement disponibles, il peut en résulter de nouvelles interruptions d'activité et donc de nouvelles pertes de revenus.

Tous ces frais et coûts font partie des dommages immédiats des marées noires\*, réclamés au pollueur et à ses assureurs par ceux qui les ont encourus.

### Deux exemples de coûts

Le rapport annuel 2004 des Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures\* (FIPOL\*) situe le dossier de l'*Erika* à 99,258 millions € de frais de nettoyage et de dommages économiques approuvés ; 65,883 millions € étant toujours en attente de jugement pour remboursement. Il faut ajouter à ces montants 334 millions € de demandes mises en attente par l'État français et la société Total. L'ensemble représente un coût global d'un peu plus de 499 millions € pour 20 000 tonnes de fioul\* déversées, soit environ 25 000 € par tonne.

À la même date, les réclamations liées au *Prestige* s'établissaient à 711,274 millions € pour l'Espagne, 92,141 millions pour la France et 3,305 millions pour le Portugal. Cela donnait un total de 806,72 millions € pour 63 000 tonnes de fioul déversées, soit environ 13 000 € par tonne.



## Domages purement économiques

Des eaux côtières inaccessibles aux pêcheurs ou aux plaisanciers, des plages interdites aux usagers, conduisent à une baisse d'activité des restaurants, des cafés, de multiples commerces qui réduisent eux-mêmes leurs achats de produits consommables. Les fournisseurs de glace, de carburant pour la pêche, d'aliments pour l'aquaculture se retrouvent sans clients et les acheteurs des criées se retrouvent sans produits.

Derrière les opérateurs économiques directement touchés par l'impossibilité matérielle de poursuivre leur activité ou de commercialiser leurs produits, toute une chaîne de fournisseurs et de clients se trouve elle-même plus ou moins intensément affectée, selon l'importance de son revenu lié aux



Une dépense et une perte de revenus : le blocage d'un espace portuaire par la pose d'un barrage de confinement\*



Une dépense : le coût de protection des tables d'un parc ostréicole par la pose de filets en plastique à mailles fines

activités interrompues par la pollution. Des salaires étant suspendus, la consommation locale diminue, des cotisations sociales ne sont plus payées, des indemnités de chômage doivent être versées. Ce sont autant d'effets secondaires que les victimes demandent à voir prendre en compte dans l'assiette des indemnisations.

Par ailleurs, les consommateurs des produits de la mer, du tourisme et des autres ressources de la zone touchée par la pollution se tournent tout naturellement vers d'autres zones pour satisfaire leurs besoins. Celles-ci font très logiquement de leur mieux pour satisfaire ces nouveaux clients et les fidéliser. Il va donc falloir, une fois la situation environnementale rétablie dans la zone affectée, engager des dépenses de reconquête de la clientèle perdue. Bien

juger de ces dépenses n'est pas facile, d'autant plus que la perte de clientèle s'étend souvent au-delà de la zone effectivement affectée par la pollution. Les médias précisent rarement la limite exacte de ce qui a été touché et intègrent facilement des zones périphériques à la pollution réelle dans des schémas simplificateurs. Le dommage n'est plus là un effet de la pollution elle-même mais un effet médiatique.

La quantification précise de ces différents dommages pose une multitude de problèmes complexes et les demandes sont souvent source de conflits sur lesquelles des tribunaux doivent trancher. Il faut non seulement déterminer le montant des pertes et des dépenses nécessaires pour rétablir la situation, mais aussi établir jusqu'à quel point ces pertes et dépenses sont réellement dues à la pollution. ■

La Administración central estudia la posibilidad de adelantar el pago de las indemnizaciones

**El seguro del 'Aegean Sea' dispone de 100 millones de dólares para reparar los daños**

**El Gobierno adelantará unos mil millones de las indemnizaciones**

**La CE dará a mariscadores una ayuda de más de 40.000 pesetas**

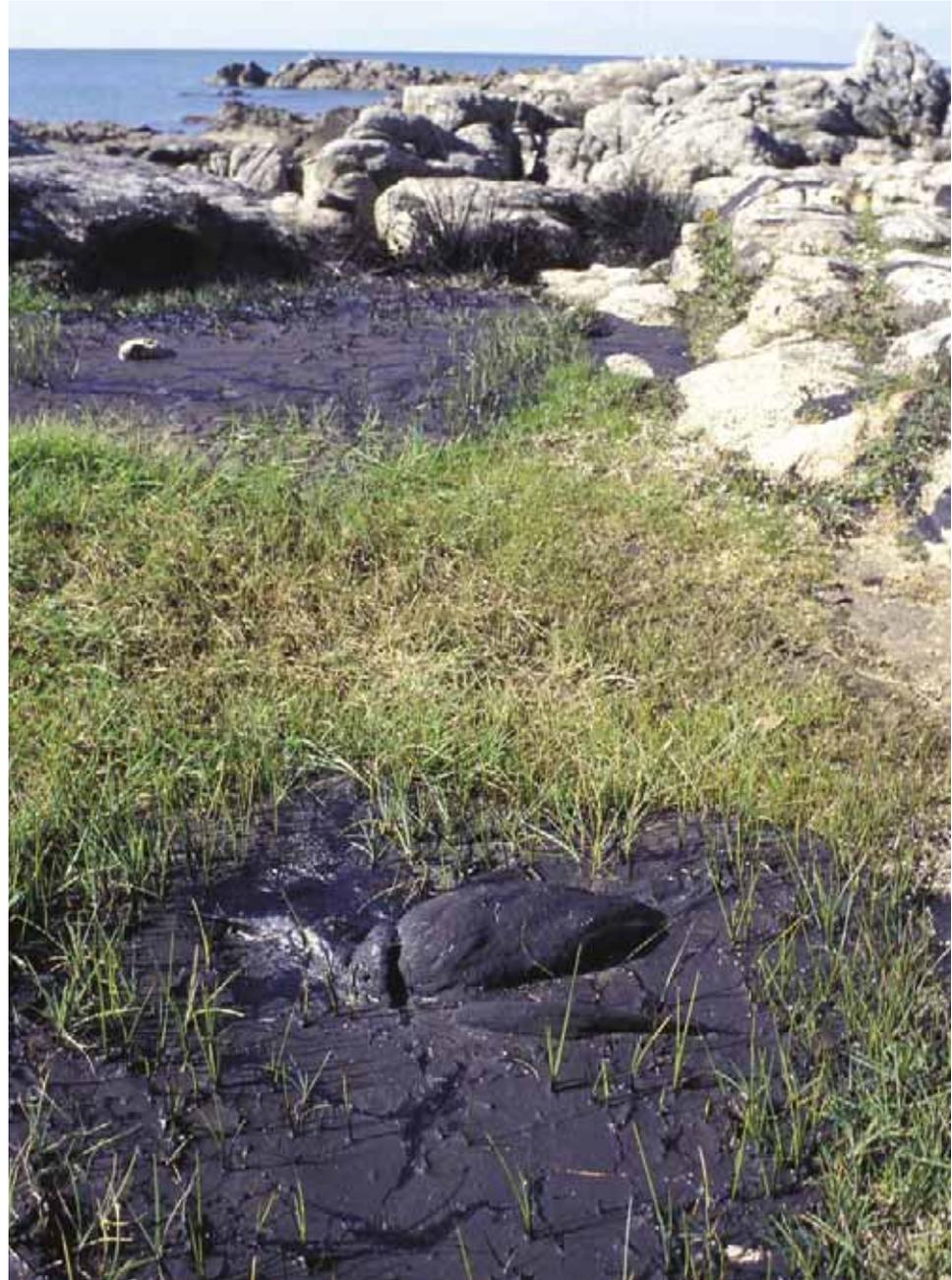
El litoral gallego y los trabajadores que viven de su explotación atraviesan momentos de incertidumbre

**El rastro de pérdidas del «Mar Egeo» tardará en disolverse**

Siniestro del «Mar Egeo»

**LA OFICINA DE RECLAMACIONES ESPERA RECIBIR UNAS 3.000 PETICIONES**

Coupures de presse annonçant les montants des pertes des victimes de l'*Aegean Sea* à La Corogne, Espagne (1992)





## La lutte

Comment les opérations de lutte se réalisent-elles ?

- Cadre organisationnel
- Conduite de la lutte
- Lutte en mer
- Lutte à terre
- Déchets



## CADRE ORGANISATIONNEL

### Conventions internationales

Parce que les marées noires ignorent les frontières, les pays membres de l'Organisation Maritime Internationale ont complété la convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (Marpol) par une convention internationale sur la préparation, la lutte et la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures\* (OPRC), entrée en vigueur le 13 mai 1995. Les pays signataires, dont la France, se sont engagés à mettre en place des systèmes nationaux et régionaux de préparation à la lutte et de lutter contre les pollutions accidentelles\* par hydrocarbures. Ces pays développent des coopérations internationales dans ce domaine et exigent que les navires battant leur pavillon\*, les exploitations au large relevant de leur juridiction et les ports maritimes de leur territoire disposent tous de plans d'urgence pour des pollutions dont ils seraient responsables.



### Coopérations régionales

Au-delà des conventions internationales, les pays riverains de zones maritimes particulièrement exposées se sont engagés dans des accords et des conventions de coopération régionale, comportant un volet spécifique aux pollutions accidentelles\* qui vise à harmoniser les pratiques de surveillance et les standards de lutte, en facilitant les échanges et l'assistance mutuelle entre pays riverains. Les plus avancés de ces accords et conventions intègrent des systèmes de rapports de pollution sur format unique,

#### Conventions régionales en vigueur

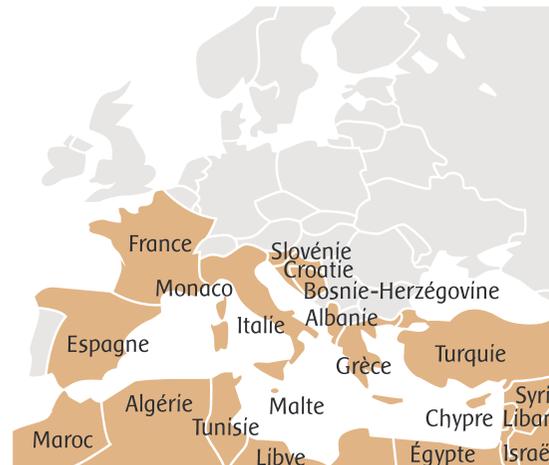
Source : données issues de Commission européenne (DG Environnement)



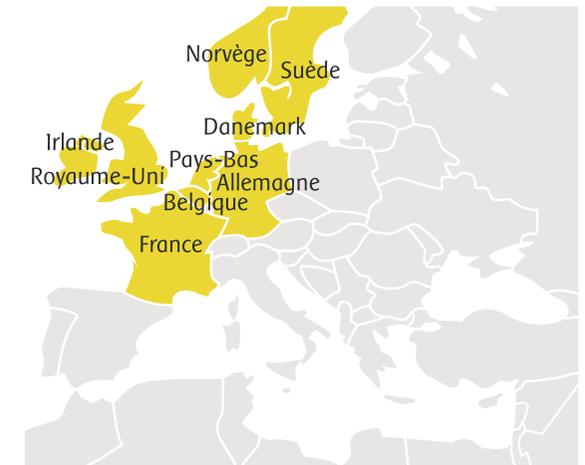
Programme d'action communautaire



Convention d'Helsinki



Convention de Barcelone



Accord de Bonn

des listes des stocks de matériel et spécialistes de chaque pays susceptibles d'être mis à disposition d'un partenaire, des manuels communs à l'usage des intervenants, la tenue périodique d'exercices d'alerte mutuelle et de coopération. Des accords et conventions touchant aux rejets opérationnels\* et accidentels du transport maritime et de l'exploitation pétrolière couvrent toutes les mers périphériques de l'Union européenne, de la mer Baltique à la mer Noire :

- la Convention d'Helsinki sur la protection de l'environnement marin pour la mer Baltique ;
- l'Accord de Bonn pour la coopération en matière de lutte contre la pollution de la mer du Nord par les hydrocarbures\* ;
- l'Accord de Lisbonne pour la coopération et la protection des côtes de l'Atlantique Nord-Est contre la pollution ;
- la Convention de Barcelone pour la protection de la mer Méditerranée ;
- la Convention de Bucarest pour la protection de la mer Noire contre la pollution.

La France est partie prenante de l'Accord de Bonn, de l'Accord de Lisbonne et de la Convention de Barcelone.

D'autres conventions et accords régionaux couvrent de nombreuses zones maritimes, entre autres les zones maritimes de l'Outre-Mer.

La France est ainsi partie prenante :

- pour les Antilles, de la Convention de Carthagène, portant sur la mer Caraïbe et le golfe du Mexique ;
- pour la Réunion, de la Convention de Nairobi pour la protection, la gestion et la mise en valeur du milieu marin et des zones côtières de l'Afrique orientale ;
- pour la Polynésie et la Nouvelle-Calédonie, de l'Accord PACPOL (*Pacific Ocean Pollution Prevention Programme*) portant sur la lutte contre la pollution dans le Pacifique.

### \* en savoir plus

Certains accords ou organismes liés ont des sites Internet riches en information sur le trafic maritime régional, l'histoire des accidents, les mesures et les moyens régionaux de prévention et de lutte contre les accidents et les déversements opérationnels. On pourra visiter en particulier :

- Accord de Bonn (mer du Nord) : [www.bonnagreement.org](http://www.bonnagreement.org)
- Accord d'Helsinki (mer Baltique) : [www.helcom.fi](http://www.helcom.fi)
- Convention de Barcelone (Méditerranée) : [www.unepmap.gr/html/homfre.asp](http://www.unepmap.gr/html/homfre.asp)
- REMPEC (Méditerranée) : [www.rempec.org](http://www.rempec.org)
- REMPEITC (Caraïbes) : [www.rac-rempeitc.org](http://www.rac-rempeitc.org)
- PACPOL (Pacifique) : [www.sprep.org/ws/legal/publications.asp/pub\\_detail.asp?id=160](http://www.sprep.org/ws/legal/publications.asp/pub_detail.asp?id=160)

Ces sites sont majoritairement en anglais mais certains (ex : Accord de Bonn) proposent une version française.

Les conventions concernant la Méditerranée et les Caraïbes ont donné naissance à des organismes permanents sous l'égide de l'Organisation Maritime Internationale : les centres régionaux pour l'intervention d'urgence contre la pollution marine accidentelle (REMPEC pour la Méditerranée, REMPEITC pour les Caraïbes).

Certains accords internationaux ont des vocations plus locales, comme l'Accord Ramoge, impliquant la France, Monaco et l'Italie pour la zone allant de Saint-Raphaël (France) à Gênes (Italie).

Enfin, les préfets maritimes, autorités responsables de la lutte en mer, ont signé avec leurs homologues des pays voisins des accords d'assistance mutuelle dans leurs zones de responsabilité. Ce sont les accords franco-anglais pour la Manche (Manche Plan), franco-espagnol pour le golfe de Gascogne (Biscaye Plan), franco-espagnol encore pour le golfe du Lion (Lion Plan).

### Surveillance aérienne

Des coopérations ont été instaurées dans le cadre des Accords de Bonn et d'Helsinki pour la surveillance aérienne des pollutions opérationnelles. Les parties contractantes réalisent des vols conjoints (tours d'horizon) et communiquent leurs observations de rejets qui sont regroupées sur des cartes consultables via Internet.

## Organisation européenne de l'Environnement

Les pays européens ont établi en 1981, dans le cadre de la Direction Générale de l'Environnement de la Commission européenne, un comité consultatif en matière de contrôle et de réduction de la pollution causée par le déversement en mer d'hydrocarbures et d'autres substances dangereuses. Ce comité a donné naissance en 2000 au Comité de Gestion des Pollutions Marines accidentelles et intentionnelles (CGPM), où tous les pays européens littoraux sont représentés.

Le CGPM finance un programme permanent de recherche et d'expérimentations, des échanges d'expériences, des exercices et des stages de formation. Ses membres tiennent à jour, sur Internet, un Système Communautaire d'Information qui permet aux autorités responsables de chaque pays d'accéder en permanence aux données sur l'organisation de la lutte, les stocks et les moyens d'intervention des autres pays.



La Commission européenne finance, par ailleurs, dans le cadre du CGPM, une force d'intervention communautaire spécialisée, capable de mobiliser en quelques heures un groupe d'experts de pays membres pour conseiller un pays européen ou extérieur à l'Union affecté par un accident. Chacun peut donc bénéficier rapidement et efficacement de soutiens matériels et humains des autres pays.

La pollution de l'*Erika* a, en outre, conduit le parlement européen à décider en 2000 de la création d'une Agence européenne de sécurité maritime (EMSA),

basée à Lisbonne. L'agence est entrée en activité le 4 décembre 2002, dans des locaux provisoires situés à Bruxelles. Elle est dotée d'un conseil d'administration où sont représentés tous les États membres.

L'agence a principalement une mission d'information, de normalisation et de contrôle en vue d'améliorer la sécurité maritime et la prévention des pollutions. En Europe, elle a lancé la réalisation d'un ensemble d'états des lieux sur les moyens et stratégies de lutte des différents pays européens.

Elle a aussi été chargée de soutenir les États dans la lutte en mer contre les pollutions par hydrocarbures. En 2004, un budget de 17,5 millions d'Euros lui a été alloué, pour 3 ans, pour affréter 4 navires antipollution de haute mer à implanter, en complément des moyens nationaux, dans des zones à risques de la mer Baltique, de la Manche, de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée. Un appel à manifestations d'intérêt a été lancé fin 2004, en vue de concrétiser les premiers affrètements entre 2005 et 2006. En complément, l'agence a lancé, début 2005, l'étude d'un projet de service européen d'exploitation d'images satellitaires en temps réel, en cas de pollution majeure et de lutte contre les déversements opérationnels illicites.

### \* en savoir plus

Système communautaire d'information : [http://europa.eu.intcomm/environment/civil/marin/cis/cis\\_index.htm](http://europa.eu.intcomm/environment/civil/marin/cis/cis_index.htm)

Agence européenne de la sécurité maritime : [www.emsa.eu.int](http://www.emsa.eu.int)

## Une mobilisation européenne

Le 16 janvier 2001, le pétrolier *Jessica* s'échoue près du port de San Cristobal (Galápagos) et commence à voir se déverser sa cargaison dans les eaux de la réserve Darwin classée au patrimoine mondial.

Le 24 janvier, en accord avec le gouvernement équatorien, la Commission européenne fait partir une équipe de trois spécialistes en mission d'évaluation des besoins. L'équipe fait des recommandations sur le travail en cours (notamment sur le ramassage des boulettes sur le littoral). Elle identifie des besoins de formation à la lutte et d'établissement d'un plan d'urgence.



## Organisations nationales

Conformément à leurs engagements, tous les pays signataires de conventions internationales ont mis en place une organisation nationale de lutte contre les marées noires.

Certains pays, comme les États-Unis, limitent l'intervention du secteur public à fixer les objectifs de la lutte, laissant au pollueur la charge de mobiliser et mettre en œuvre les moyens humains et matériels nécessaires. Par l'*Oil Pollution Act* (OPA) de 1990, les États-Unis imposent à tous les établissements et navires susceptibles de provoquer une marée noire\* de réaliser périodiquement des exercices de mobilisation, de posséder un plan de lutte, des certificats de formation de leurs personnels et un contrat d'assistance avec une société de services spécialisée dans la lutte antipollution.

Les pays européens ont choisi l'option toute autre de confier la charge de la lutte à leurs services publics : à la différence des États-Unis, ils n'ont pas le pouvoir d'imposer aux navires de passage devant leurs côtes la possession d'un plan de lutte et d'un contrat d'assistance avec une société de lutte spécialisée. Les pays européens peuvent donc avoir à traiter une situation dans laquelle le pollueur est incapable de prendre la lutte en charge. Cela a été le cas dans l'accident du *Prestige*.

### \* en savoir plus

Le texte de l'instruction Polmar est accessible à : <http://admi.net/jo/20060113/PRMX0609020J.html>.

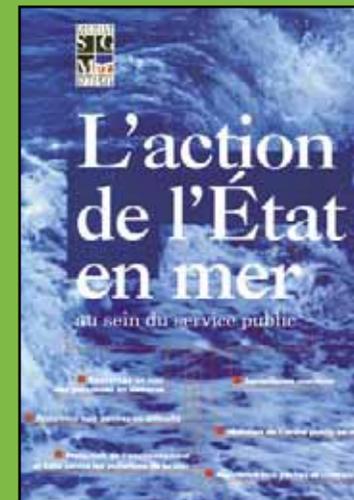
## L'organisation française Polmar

En France, l'organisation de la préparation à la lutte et la lutte est établie par l'instruction « relative à la lutte contre la pollution du milieu marin » (instruction Polmar) du 4 mars 2002 complétée par celle du 11 janvier 2006. Elle s'intègre dans un cadre plus large concernant les plans d'exigence et les textes relatifs à la Sécurité civile que vient modifier la loi de modernisation de la Sécurité civile du 13 août 2004.

L'instruction Polmar place la lutte en mer sous la responsabilité des préfets maritimes, officiers supérieurs de la Marine nationale intervenant là dans une fonction civile de représentants de l'État en mer. Ils doivent établir pour leur région maritime un plan d'intervention comportant un inventaire systématique des moyens navals civils et militaires disponibles pour faire face à une menace de pollution (plan Polmar-mer). Ils doivent également réunir chaque année toutes les parties prenantes lors d'une conférence maritime régionale et réaliser périodiquement des exercices avec mise en œuvre des moyens de lutte.

La lutte à terre est placée sous la responsabilité des maires pour les petites pollutions et des préfets de département pour les pollutions touchant plusieurs communes. Les préfets coordonnent la préparation et la mise à jour périodique des plans d'intervention départementaux (plans Polmar-terre). Pour les pollutions majeures touchant plusieurs départements, une coordination zonale est assurée par la préfecture de zone de défense concernée.

Différents services déconcentrés de l'État et d'autres structures sont chargés de missions particulières. Ils gèrent les stocks de matériel de lutte antipollution sur le littoral et à terre (stocks Polmar des services de l'équipement) et conseillent les autorités responsables de la lutte (*Cedre*). Le secrétariat général de la Mer supervise l'ensemble et gère la relation avec les pays voisins. Des exercices rassemblent périodiquement les acteurs d'une même région maritime et d'un ou plusieurs départements côtiers.



## → Le Cedre



Le Centre de Documentation, de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (Cedre) a été créé en 1978, dans le cadre des mesures prises suite au naufrage du navire pétrolier<sup>\*</sup> *Amoco Cadiz* pour améliorer la préparation à la lutte contre les pollutions accidentelles des eaux et renforcer le dispositif d'intervention français.

Sous statut d'association sans but lucratif à mission de service public, il est responsable au niveau national de la documentation, de la recherche et des expérimentations concernant les produits polluants, leurs effets et les méthodes et moyens spécialisés utilisés pour les combattre. Sa mission de conseil et d'expertise englobe aussi bien les eaux marines que les eaux intérieures. Son service Intervention est disponible 24 h sur 24 pour fournir une assistance technique d'urgence aux autorités chargées de la lutte et, si nécessaire, envoyer un spécialiste sur place. Il dispose d'un effectif de 55 personnes et d'un plateau technique permettant des expérimentations et des formations avec épandage réel de polluant. Son financement annuel, proche de 4,5 millions d'Euros, est assuré par des subventions d'État et des contrats publics et privés.

Voir : [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)



## Pollueur et partenaires

Indépendamment de toute notion de faute, l'armateur<sup>\*</sup> du navire ou l'exploitant de l'établissement à l'origine d'une pollution, voire un de leurs partenaires commerciaux, peuvent être amenés à jouer volontairement un rôle dans la lutte. Une implication de leur part, lorsqu'ils en sont capables, est recherchée et appréciée par les autorités responsables. La circulaire Polmar qui établit l'organisation de la lutte française y fait expressément référence.

À cet effet, les armateurs de navires pétroliers<sup>\*</sup> se sont dotés d'une cellule de conseil technique, l'*International Tanker Owners Pollution Federation Ltd.* (ITOPF), qui intervient pour leur compte dans le monde entier. Beaucoup d'armements<sup>\*</sup> se sont en outre dotés de cellules de crise, avec parfois du personnel formé à la lutte antipollution.

De leur côté, les industriels pétroliers ont créé une association chargée, entre autres, de promouvoir des pratiques de lutte non agressives pour l'environnement, l'*International Petroleum Industry Environmental Conservation Association* (IPIECA).

Les principaux groupes internationaux ont, par ailleurs, constitué des coopératives d'intervention dotées de moyens de lutte conditionnés de manière à pouvoir être livrés en quelques heures à travers le monde par avions gros porteurs.

Certains industriels pétroliers mènent en outre une politique active de collaboration avec la recherche pour développer des produits dispersants<sup>\*</sup>, des accélérateurs de biodégradation<sup>\*</sup> et des biofilms

anti-adhérents<sup>\*</sup> à base d'alginate. Ils travaillent pour affiner les techniques de nettoyage des sites sensibles ou d'accès difficile et pour améliorer les moyens de sauvetage des animaux pollués.

La lutte contre une marée noire<sup>\*</sup> fait aujourd'hui souvent appel, sous le commandement de l'autorité publique responsable, à une combinaison de moyens publics et privés, nationaux et internationaux. De plus, les intervenants des secteurs publics et privés se forment ensemble et réalisent des exercices en commun, au niveau national comme au niveau international, répondant à des pollutions qui ignorent les frontières. ■

## Les coopératives pétrolières de lutte

Le groupe Total est créateur et gestionnaire de la *Fast Oil Spill Team* (FOST), structure d'intervention rapide implantée à Rognac, près de Marseille. Il est aussi membre de la principale coopérative pétrolière d'intervention d'urgence intervenant dans le monde entier, l'*Oil Spill Response Ltd.* (OSRL), installée à Southampton (Royaume-Uni) avec une base relais à Singapour, l'*East Asia Response Ltd.* (EARL).

## CONDUITE DE LA LUTTE

### Information

Les premières heures et les premières actions de la lutte contre une marée noire<sup>o</sup> sont déterminantes. Maintenir un maximum de pétrole dans les cuves d'un navire accidenté ; favoriser le brûlage d'une nappe qui a pris feu ; disperser une nappe fraîche au large ; placer des barrages efficacement et à temps ; mettre en œuvre au bon moment, en mer et à terre, des équipes bien formées, bien équipées et bien soutenues, constituent autant d'actions qui concourent à un même objectif : limiter l'impact sur la nature et sur les activités humaines.

Le coordinateur général de l'intervention doit pouvoir ajuster en permanence la lutte à une situation qui peut évoluer très vite. Pour cela, outre des objectifs clairs et des procédures opérationnelles précises, il a besoin d'une information détaillée sur la situation et ses perspectives d'évolution. Cette information doit être complétée et ajustée en permanence : il faut continuellement localiser la pollution, prévoir son évolution, évaluer son importance, déterminer sur quels sites agir en priorité, organiser les actions de lutte, éliminer les fausses alarmes susceptibles de disperser les moyens. Ce n'est pas facile de jour et par beau temps. C'est extrêmement difficile de nuit et par mauvais temps.

L'analyse de la situation en mer et la prévision de son évolution, pour bien gérer la lutte en mer et informer les responsables à terre des dates et lieux d'arrivages de la pollution est un travail très difficile. La télédétection<sup>o</sup> ne peut hélas pas tout résoudre.

Les satellites mettent plusieurs jours avant de passer de nouveau au-dessus d'un même point et l'utilisation des données dépend du vent et de la taille des nappes comme pour les radars aéroportés. Les données reçues par les stations terrestres peuvent être envoyées aux utilisateurs dans un délai d'une heure environ. Les outils de base de la télédétection restent donc l'avion (en particulier, en France, les avions Polmar des Douanes) et l'hélicoptère. Ces deux vecteurs peuvent travailler soit en simple observation visuelle de jour, soit à travers des capteurs spécialisés permettant des observations de nuit et dans une large gamme de conditions météorologiques.

#### Participation d'un groupe pétrolier à la lutte

Après le naufrage du pétrolier<sup>o</sup> *Erika*, Total, propriétaire de la cargaison, a pris en charge, dans le cadre d'un accord avec les autorités Polmar :

- les opérations de nettoyage de sites d'accès difficile, nécessitant un personnel spécifiquement entraîné ;
- le traitement de l'épave, pour éliminer tout risque de pollution future par le fioul<sup>o</sup> qui y était emprisonné ;
- le traitement des 270 000 tonnes de matériaux souillés enlevés par les équipes de nettoyage sur le littoral.



Avion Polmar 2 des Douanes françaises

#### Participation d'un armateur à la lutte

Après le naufrage du roulier *Tricolor* en Manche, l'armateur, Capital Bank (Écosse), et ses assureurs ont accepté de prendre directement en charge, sous le contrôle des autorités françaises, l'ensemble des travaux d'enlèvement des soutes<sup>o</sup> du navire, puis la découpe et l'enlèvement de l'épave, enfin le ramassage des éléments de cargaison dispersés sur le fond.



## → La télédétection des nappes d'hydrocarbures

### La télédétection aérienne

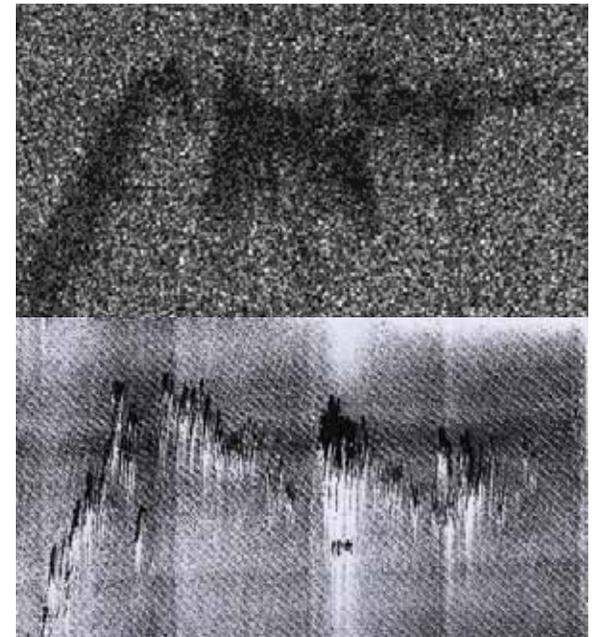
La télédétection\* à partir d'aéronefs représente un moyen d'observation complémentaire à celui de l'œil humain. Plusieurs capteurs sont, en effet, capables de détecter la présence d'hydrocarbures\* à la surface de la mer, dans certaines conditions météo-océaniques. Le radar latéral (SLAR - *Side Looking Airborne Radar*) permet de détecter les nappes en fonction des différences de rugosité (et donc de réflexion) de la surface de la mer. Le capteur ultraviolet (UV) permet de relever, de jour, les limites des nappes. Le capteur infrarouge (IR) permet de repérer la zone de plus forte épaisseur des nappes, nuit et jour. Le radiomètre à micro-ondes (MWR - *MicroWave Radiometer*), ou micromètre, permet de discerner et de quantifier les nappes, mais sa mise en œuvre pratique reste peu précise. Le laser à fluorescence, outil très lourd et peu commode d'utilisation, permet quant à lui de distinguer, en utilisant plusieurs canaux de réception, les grandes catégories de pétrole.

Les Douanes françaises disposent de deux avions (Polmar 2 et 3) spécialement équipés pour la détection de pollutions et l'enregistrement

### La télédétection satellitaire

Les satellites équipés de radar (SAR - *Synthetic Aperture Radar*) font partie des nouveaux moyens de détection des déversements d'hydrocarbures\* en mer. Des surveillances opérationnelles en mer du Nord par imagerie SAR ont démontré que cette technique d'observation, indépendante de la couverture nuageuse et de l'alternance jour/nuit, permettait d'orienter efficacement les reconnaissances aériennes. En effet, à l'instar de l'imagerie radar aéroportée et sur de très grandes zones (de l'ordre de 300 000 km<sup>2</sup>), l'imagerie radar satellitaire met en évidence avec fiabilité, grâce à leur forme linéaire, les rejets des navires. Mais l'utilisation de cette imagerie rencontre trois contraintes. En premier lieu, l'image radar nécessite une analyse pointue afin d'éviter les fausses alarmes ou les défauts de détection. En second lieu, le nombre de satellites n'est pas encore suffisant pour avoir une couverture quotidienne. Enfin, le tra

ependant bien inférieur à celui d'une couverture aérienne. Mais cette dernière reste nécessaire car elle peut être flexible et ciblée.



Confrontation de signatures de nappes vues par satellite et par avion. La signature SAR de la nappe saisie par satellite (↑) et la signature infrarouge de la nappe observée à partir de l'avion Polmar 2 (↓) sont en bonne concordance.



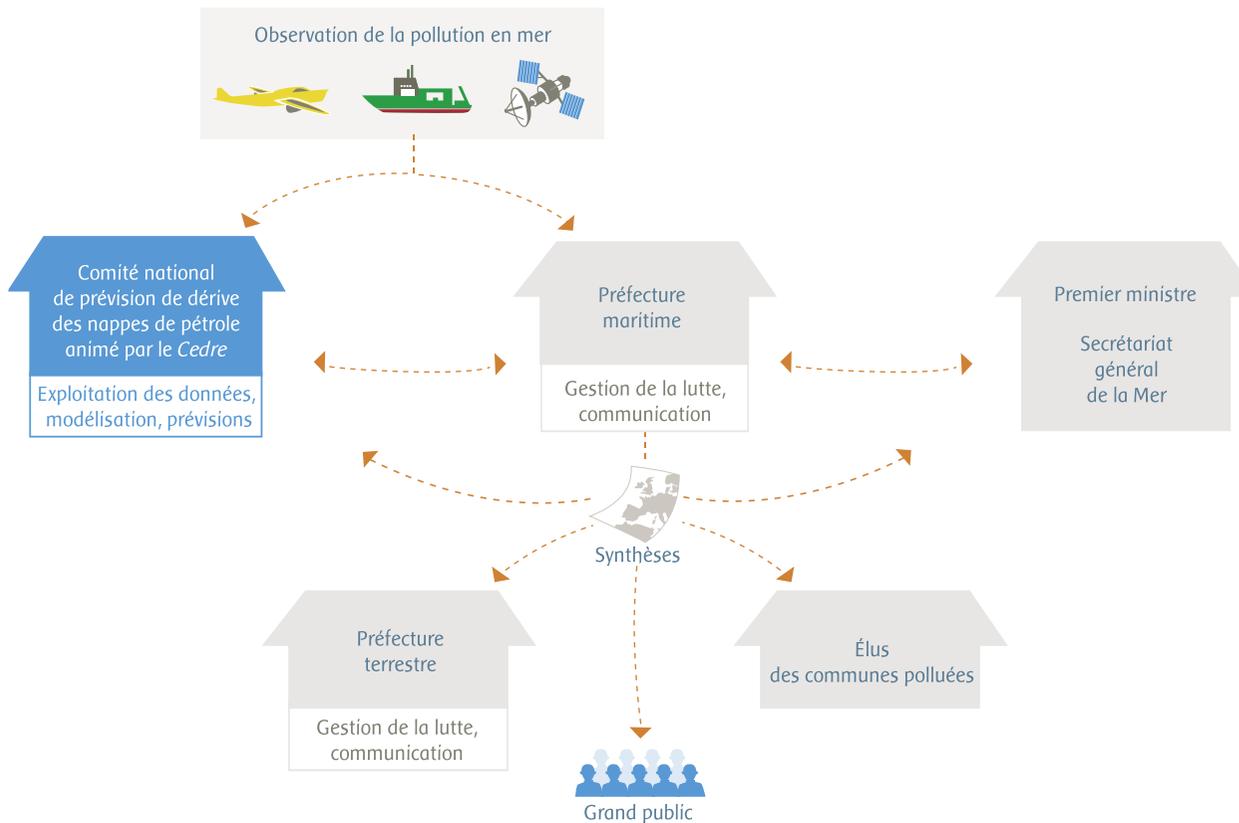
Il existe des logiciels permettant de modéliser informatiquement la dérive prévue d'une nappe en fonction de la météorologie et des courants mais leur précision n'est pas de 100 %. Cela nécessite une intégration, dans un temps qui est compté, des :

- observations maritimes et aériennes du jour (position de la pollution, commentaires sur les observations, plan de vol, photos, images obtenues par les capteurs...) ;
- données sur les courants saisonniers ou locaux fournis par des bouées dérivantes immergées (=circulant sous la surface) larguées devant le front de la pollution ;
- données fournies par des bouées dérivantes de surface larguées sur des fronts de nappes.

Ces données circulent entre services opérationnels par voie électronique, pour éviter les délais inhérents à leur transmission sous forme papier et les risques d'erreur de la transmission téléphonique.

Dès que la pollution atteint le littoral, des reconnaissances quotidiennes ou biquotidiennes sont indispensables à terre. Elles doivent être réalisées selon des procédures rigoureuses, par un personnel spécifiquement formé. Elles fournissent aux coordinateurs locaux de l'intervention des éléments précis sur les caractéristiques opérationnelles des sites (accessibilité, possibilités de stockage de déchets...) et sur les caractéristiques de la pollution à traiter (imprégnation du sédiment par le pétrole, feuilletés de couches polluées et de couches intactes, plaques, galettes...). Là aussi, l'information doit circuler vite et sans faille des opérateurs aux décideurs.

### Circulation de l'information lors de l'accident du *Prestige*



### *Prestige* : un comité national de prévision de dérive des nappes

La constitution en France d'un comité national de prévision de dérive des nappes lors de la pollution du *Prestige*, rassemblant au Cedre des représentants de tous les organismes compétents (Marine nationale, Météo France, Ifremer, SHOM), a permis d'améliorer la qualité des prévisions. Cette qualité a facilité la prise de décision des autorités responsables de la lutte et leur communication vers les élus et le public.

## Gestion des opérations

Les opérations de lutte contre une marée noire\* de grande ampleur peuvent demander la mobilisation en quelques jours et la gestion pendant plusieurs semaines à plusieurs mois de dizaines de milliers de personnes d'origines très diverses : des fonctionnaires civils et militaires de l'État; des fonctionnaires et contractuels de collectivités territoriales; du personnel d'entreprises privées; des bénévoles



Formation des intervenants

venus de près ou de loin, individuellement ou en groupes. La quasi-totalité de ces intervenants n'a aucune expérience de la lutte contre une marée noire. Il faut donc non seulement les équiper, les nourrir, les loger, les encadrer, mais aussi les former en quelques heures à leur rôle et aux précautions à prendre pour ne pas ajouter à la pollution les dégâts d'une intervention maladroite.

Quelle que soit la qualité des procédures prévues dans les plans de lutte, on échappe difficilement à quelques lenteurs ou inadéquations dans la mise en place des premiers jours. Aussitôt des images négatives sont diffusées dans les médias, comme des chefs d'équipe se plaignant de manquer de moyens ou des colères de bénévoles se sentant inutiles, mal cadrés. Il peut aussi se produire des débordements temporaires, comme un ramassage inconsidéré de sable peu souillé, venant saturer les chaînes d'enlèvement et de stockage des déchets.



Chantier de nettoyage

### La lutte contre la pollution de l'*Erika*

Les opérations de lutte contre la pollution de l'*Erika* ont impliqué des opérations en mer et à terre pendant environ 30 mois, pour un total évalué globalement autour de 400 000 jours de travail. L'effectif en action est monté jusqu'à 15 000 personnes les jours les plus chargés, non compris les bénévoles, qui n'ont pas été comptabilisés.

Pour la seule partie terrestre, la gestion des opérations a demandé la mise en œuvre d'un poste de commandement (PC) zonal, de 4 PC départementaux (ou PC fixes) et de 19 PC avancés, avec une coordination interministérielle au niveau central.



### Le choix des actions de lutte

Le choix appartient à la cellule de coordination de la lutte, assistée d'un ou plusieurs groupes de conseil scientifique, technique et financier.

#### Actions à la source

- stopper ou réduire le déversement
- alléger le navire (transférer son contenu vers un autre navire)
- confiner ou récupérer le polluant
- disperser le polluant
- brûler le polluant si cette action n'introduit pas de nouveaux risques pour l'homme et l'environnement

#### Lutte au large

- disperser dans la masse d'eau par épandage de produits dispersants
- confiner par barrages et récupérer à l'aide de pompes et de récupérateurs
- chaluter par barrages récupérateurs ou à l'aide de navires équipés de bras récupérateurs
- épandre des absorbants sur la nappe et récupérer à l'aide de chaluts de surface

#### Lutte devant le littoral

- intervenir sur les nappes en mer proches du littoral
- protéger par des barrages les zones sensibles du littoral
- dévier les nappes dérivantes vers des zones peu sensibles
- retenir les nappes sur les zones touchées pour éviter l'extension des aires polluées
- confiner et récupérer le polluant devant la côte (mêmes techniques qu'au large)
- disperser prudemment, par épandage limité de dispersants, sous contrôle écologique

#### Lutte sur le littoral

- mettre en œuvre des chantiers de nettoyage, avec une bonne chaîne de traitement des déchets
- limiter les interventions au strict nécessaire dans des sites très sensibles tels que les marais
- prendre les mesures d'interdiction de commercialisation ou d'accès nécessaires
- évacuer et traiter les déchets récupérés
- à l'issue des opérations, restaurer les sites de stockage de déchets, les accès aménagés et la flore souillée

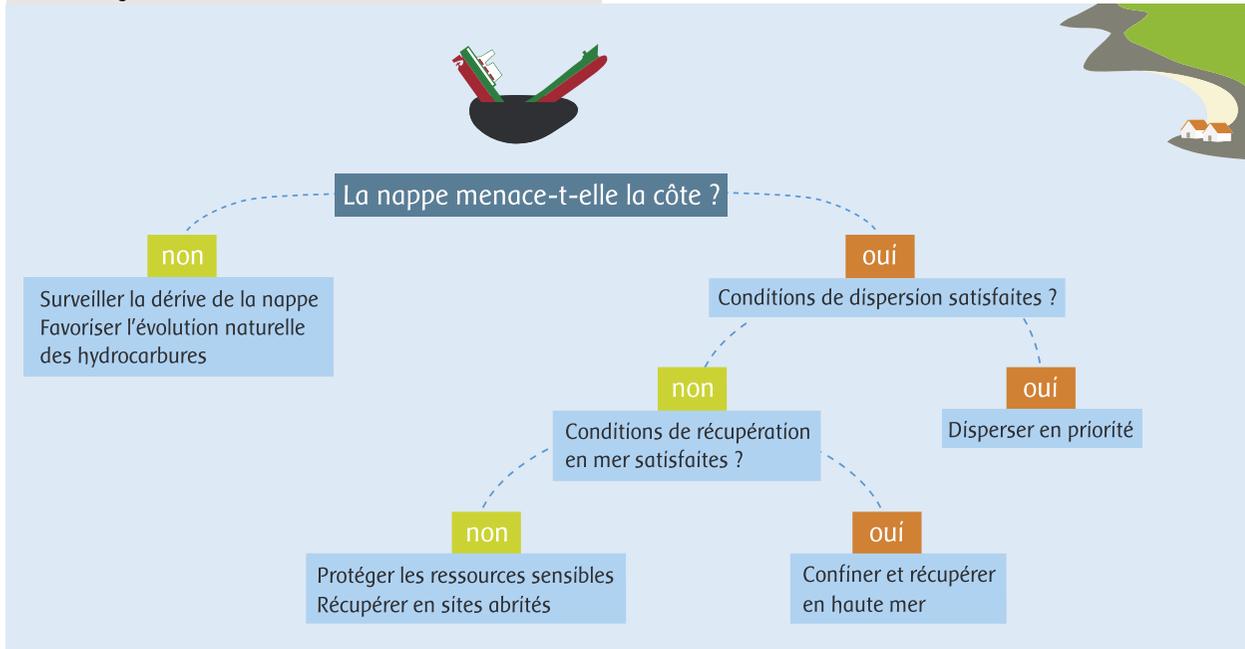


GUIDE OPÉRATIONNEL



Document téléchargeable  
rubrique «Publications» sur  
le site : [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr)

## Modèle organisationnel en cas de déversement accidentel



L'organisation de la lutte fait, par conséquent, appel à plusieurs échelons de commandement entre lesquels les responsabilités doivent être très claires. On en distingue habituellement trois :

- le commandement général, nécessairement unique, qui coordonne l'action ;
- les commandements zonaux qui gèrent les moyens de lutte ;
- les commandements avancés qui dirigent les équipes de lutte et font remonter l'information du terrain.

## Choix opérationnels

L'éventail des choix opérationnels qui s'offrent au coordinateur de la lutte est limité par de nombreux facteurs, en particulier : le délai possible d'intervention, l'état de la mer, les caractéristiques écologiques de la zone et la nature du polluant.

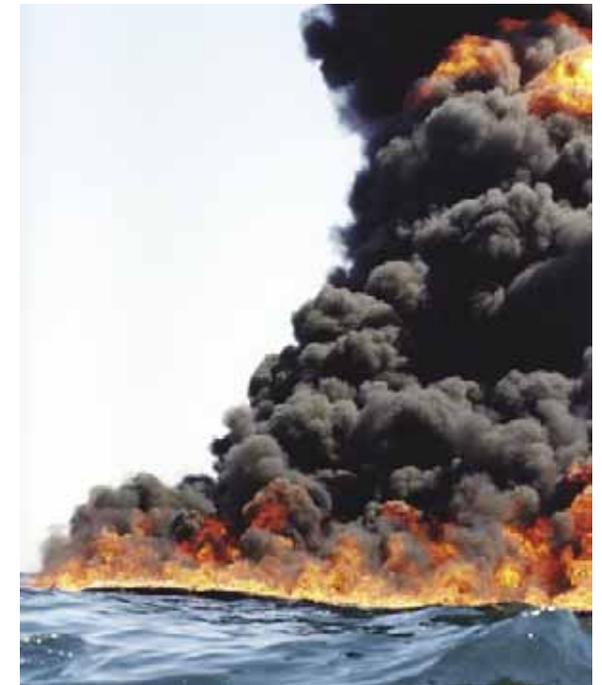
Ces choix peuvent être regroupés de la façon suivante : les actions à la source, l'intervention au large, l'intervention sur les nappes près du littoral et la lutte sur le littoral. ■

## LUTTE EN MER

## Allègement et brûlage

La récupération en mer et sur le littoral est toujours difficile et très partielle. L'allègement\*, qui consiste à transférer vers un autre navire ou une barge la cargaison de pétrole d'un navire, est le meilleur moyen de lutter contre une pollution.

Il peut être nécessaire de faire appel, pour cela, aux moyens de navires supplémentaires ou à des moyens



Brûlage de nappe

mobiles, hélitreuillés sur le navire en difficulté. De simples groupes de pompage peuvent suffire mais quelquefois des systèmes intégrant un réchauffage et une injection d'eau, pour des pétroles peu fluides à température ambiante, sont nécessaires.

Le brûlage sur site est une solution complémentaire à l'allègement pour réduire les quantités de pétrole susceptibles de polluer les eaux. Il peut intervenir naturellement, quand l'accident lui-même résulte d'une explosion, ou quand une étincelle a produit un incendie au moment du déversement. L'intervention consiste alors à maîtriser l'incendie sans l'éteindre. Mais, des mises à feu volontaires ont été occasionnellement pratiquées, sur le navire lui-même (ex : *Torrey Canyon* en 1967) ou sur des nappes confinées dans des barrages anti-feu (ex : *Exxon Valdez* en 1989).

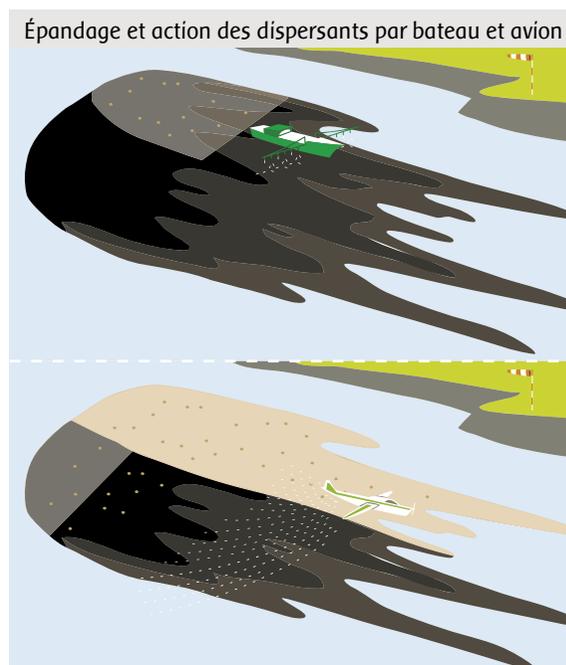
Le brûlage volontaire reste cependant une option exceptionnelle. Il n'est techniquement applicable que sur des pétroles frais avant évaporation des parties volatiles et dans des conditions très précises. La chaleur, les gaz de combustion et les suies constituant en eux-mêmes d'autres formes de pollution, ils sont des freins à la décision de telles mise à feu.

## Dispersion

Les dispersants sont des produits qui accélèrent la dispersion naturelle du pétrole par la houle, facilitant la dissociation des nappes de surface en une multitude de gouttelettes réparties dans l'ensemble de la colonne d'eau. Les dispersants présentent un double intérêt. D'une part, la dispersion des nappes de surface dans la masse d'eau permet de

les soustraire à l'effet du vent, ce qui est important lorsque ce vent porte vers des secteurs écologiquement sensibles. D'autre part, le fractionnement de la nappe en une multitude de gouttelettes facilite la dégradation des hydrocarbures par les bactéries naturellement présentes dans l'eau.

Cependant l'utilisation des dispersants est techniquement limitée. Ils doivent être employés dans des proportions et conditions précises. Ils demeurent peu efficaces sur des pétroles visqueux ou vieillis. La décision de les utiliser dans une situation particulière ne peut attendre : la dispersion est une option des premières heures, au plus des premiers jours, qui doit avoir été prévue au stade de l'élaboration du plan d'urgence, en fonction des caractéristiques



de la zone. La plupart des plans distinguent ainsi des zones de libre usage de dispersants, des zones d'usage sous conditions et des zones interdites à la dispersion.

Les dispersants font l'objet, dans certains pays, de procédures de tests sur leur efficacité, leur toxicité et leur biodégradabilité. Le contrôle d'un nouveau produit débute par le test de l'efficacité, dont le résultat conditionne l'examen des autres critères. En France, ces tests sont réalisés par le *Cedre* depuis 1978. La validité des résultats des tests relatifs à un produit est limitée à 5 ans.



## → La toxicité des dispersants

Les dispersants<sup>\*</sup> restent entachés d'une image négative. Ils ont été accusés d'être plus toxiques que le pétrole et de déplacer la pollution en faisant tomber le pétrole sur le fond où il constituerait un tapis mortel.

Ces dernières accusations ne sont pas fondées : les dispersants fractionnent le pétrole en une multitude de gouttelettes qui se répandent dans la masse d'eau, ils ne le font pas tomber au fond. Le fait de disperser les hydrocarbures<sup>\*</sup> entraîne une augmentation de leur toxicité localement et temporairement, le temps que le pétrole dispersé se dissémine dans un vaste volume d'eau pour devenir inoffensif.

Cet effet implique une certaine limitation quant à l'usage de la dispersion près des côtes et des zones sensibles et/ou lorsque les conditions de dilution sont réduites.

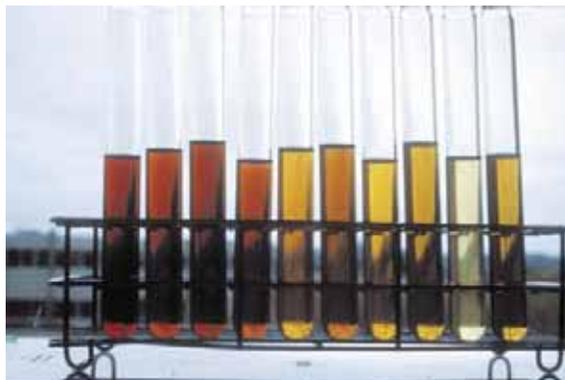
Par contre, les produits dispersants modernes, concentrés et reconnus sont généralement moins toxiques que les hydrocarbures dispersés.



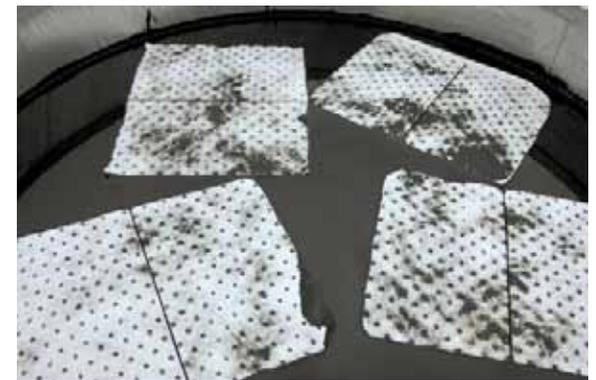
## Les tests des produits de lutte antipollution

La lutte contre les pollutions accidentelles<sup>\*</sup> par hydrocarbures<sup>\*</sup> implique souvent l'utilisation de produits chimiques qui servent à faciliter la dégradation ou la récupération du polluant. Il existe plusieurs familles de produits de lutte : les dispersants<sup>\*</sup>, les produits de lavage<sup>\*</sup>, les absorbants<sup>\*</sup>, les gélifiants/solidifiants, les désémulsifiants<sup>\*</sup>, les biodégradants, les filmogènes<sup>\*</sup>...

Ces produits sont utilisés dans l'environnement naturel. Il est donc logique qu'ils fassent l'objet de contrôles pour vérifier leur innocuité. Des procédures visant à les homologuer, agréer ou approuver ont été mises en place dans certains pays pour quelques types de produits. Ces procédures permettent d'établir des listes de produits autorisés ou recommandés. En France, la majorité des méthodes de tests a fait l'objet de normalisation auprès de l'AFNOR (Association Française de Normalisation). Il s'agit de méthodes d'essais relatives aux dispersants marins, absorbants et produits de lavage<sup>\*</sup> de rochers. Le Cedre est chargé d'organiser les tests de ces produits, sous le contrôle d'un groupe de travail, piloté par le ministère de l'Écologie et du Développement durable, composé de représentants de ministères et d'organismes de recherche. Ce groupe de travail établit les critères et seuils de références applicables aux produits testés.



Test de dispersants<sup>\*</sup>



Test d'absorbants<sup>\*</sup> en feuilles

## Confinement et récupération

L'objectif des opérations de confinement\* et de récupération est de prélever le polluant à la surface de la mer, au large ou près des côtes, avant qu'il n'atteigne le littoral.

Au large, ces opérations sont limitées par l'état de la mer et les capacités techniques des navires disponibles. Les navires récupérateurs d'hydrocarbures\* en haute mer sont des engins complexes, très coûteux et peu polyvalents. Comme le produit qu'ils récupèrent contient plusieurs volumes d'eau pour un volume d'hydrocarbures, ces navires doivent pouvoir stocker à leur bord des quantités importantes d'émulsion\* d'hydrocarbures dans l'eau. Le traitement des émulsions par un produit désémulsifiant\* permet de séparer les hydrocarbures de l'eau et des débris divers emprisonnés dans l'émulsion, allégeant ainsi considérablement les opérations de pompage et de transfert du polluant. Après décantation\*, le volume de pétrole à éliminer peut être notablement réduit et l'eau de décantation est rejetée dans le milieu.

Aux approches de la côte, dans les baies abritées et dans les zones portuaires, il devient possible d'utiliser des barges de petites dimensions, transportables par voie routière ou aérienne. Leurs performances marines sont médiocres mais leurs capacités techniques de récupération sélective de pétrole (avec un minimum d'eau) sont élevées. Elles sont souvent employées en association avec des barges de stockage portuaires ou des citernes\* souples spécifiquement conçues pour la lutte antipollution, ce qui permet d'assurer une récupération du produit en continu.

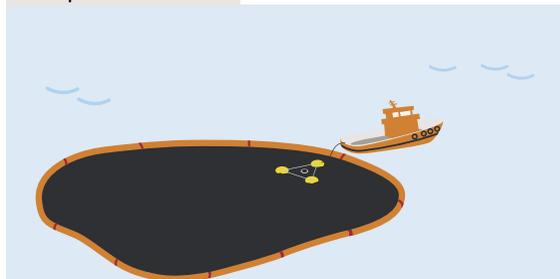
Ces navires et barges spécialisés sont plus efficaces sur des nappes épaisses et continues que sur des nappes fines et dispersées. Ils sont donc souvent exploités en association avec un confinement\* du pétrole à l'intérieur de barrages. Ils sont équipés de chaluts ou de filets utilisés en mode dynamique (remorqués par deux bateaux) ou en mode statique (amarrés à des points fixes).

À côté des navires et barges spécialisés, l'expérience des pollutions au large, en particulier par du fioul\* lourd, a montré l'intérêt des navires de pêche pour le ramassage de petites nappes dispersées. Ces navires, mobilisables par centaines, peuvent couvrir des espaces de lutte considérablement plus vastes que les quelques dizaines de navires et barges spécialisés existants. Équipés de moyens de récupération simples, proches de leurs outils de travail habituels (chaluts, filets, épuisettes), les pêcheurs compensent la faible capacité de récupération individuelle par le nombre et la motivation.

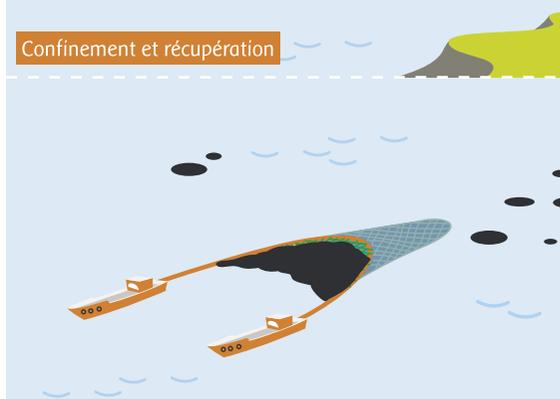


Moyens de lutte en mer : chalutage de nappe

### Récupération en mer



Confinement et récupération



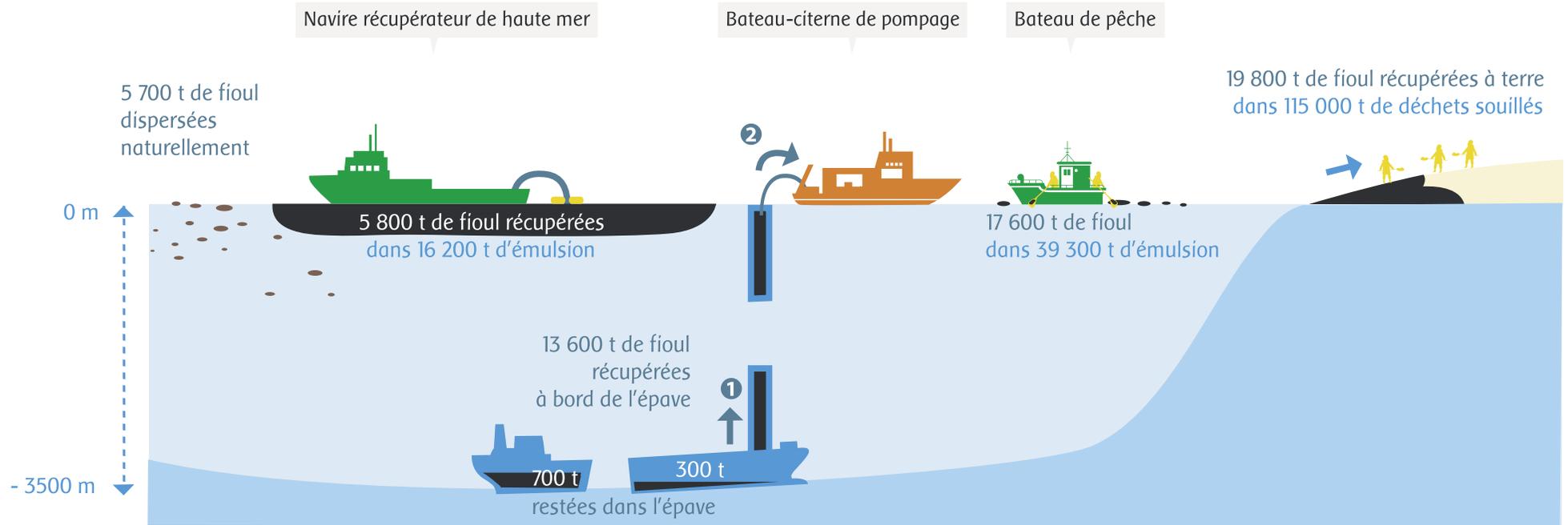
Chalutage (mode dynamique)



Navire de pêche, récupération à l'épuisette

Récupération du fioul du *Prestige*

Source : Cedre



## Une performance exceptionnelle

La lutte en mer contre la pollution de l'*Erika* n'a duré que 11 jours, avant que la tempête ne dépose les nappes sur le rivage. La même lutte contre la pollution du *Prestige* a dû s'étendre sur 6 mois. 13 navires anti-pollution et plus de 1200 bateaux de pêche y ont participé, chacun avec son expérience et ses outils. Ils ont récupéré 55 500 tonnes d'émulsion contenant autour de 23 400 tonnes de fioul ; une performance sans précédent dans l'histoire des marées noires. La complémentarité des navires spécialisés, performants sur des nappes fraîches (épaisses et concentrées) et les bateaux de pêche (intervenues plus tard, sur des galettes et plaques éparses, par écrémage), est évidente sur le schéma ci-dessus.



## Produits absorbants

L'utilisation d'absorbants flottants pour fixer et agglomérer un pétrole ou d'autres polluants en cas d'accident est une technique couramment employée sur les plans d'eau calmes et dans les ports pour récupérer de petites pollutions. On peut avoir recours, à titre provisoire, à des moyens de fortune tels que la paille ou la sciure de bois. Ces produits peuvent constituer un bon choix, s'il n'y a pas contact avec l'eau avant ou pendant le processus d'absorption.

Mais il existe des matériaux mieux adaptés correspondant à des produits de faible densité qui ont la faculté de fixer de préférence le pétrole (propriété oléophile) plutôt que l'eau (propriété hydrophobe) et de le retenir dans leurs pores.

Ces produits, appelés absorbants, agissent par phénomènes d'adsorption (en surface) et d'absorption (en masse). Ils sont disponibles en vrac, sous forme de poudres, fibres, copeaux, fines particules et conditionnés sous forme de tapis, feuilles, rouleaux, barrages.

Ce ne sont pas les produits absorbants ou agglomérants efficaces qui manquent, depuis l'écorce de pin naturelle jusqu'aux composés synthétiques les plus élaborés. Le plus souvent ils ne sont pas utilisés dans les conditions qui conduiraient à une efficacité maximale.

## Traitement de l'épave

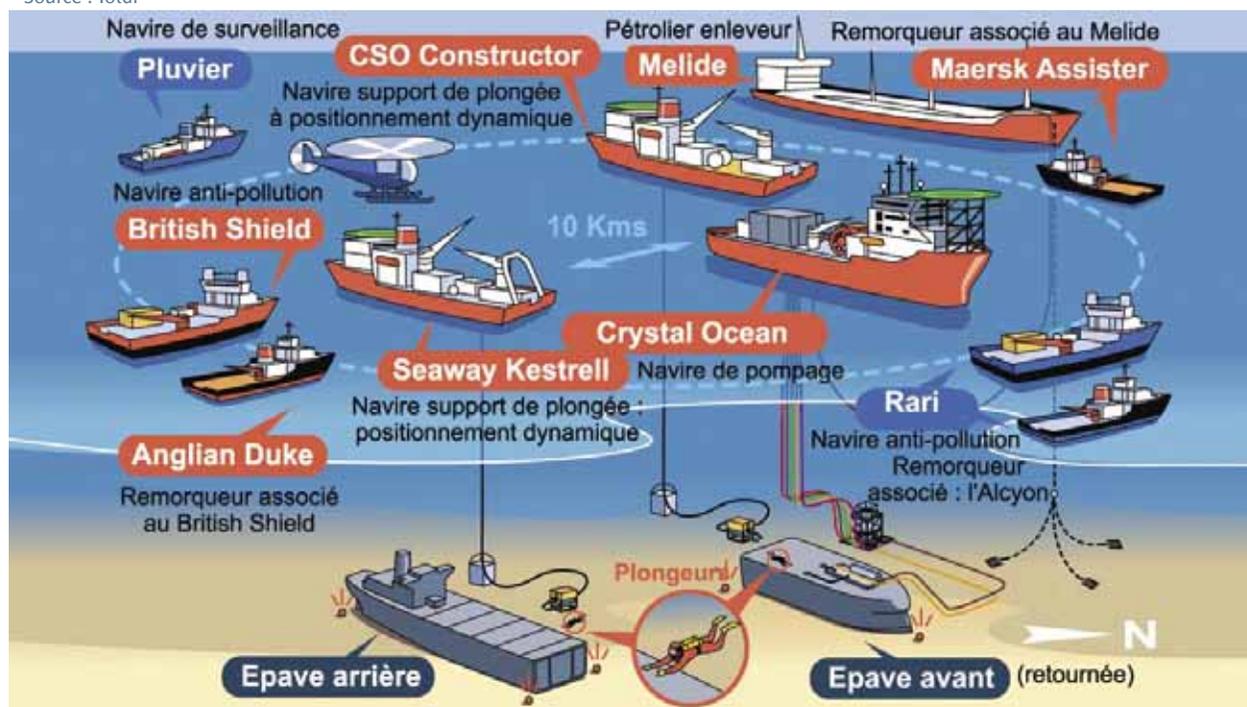
Malgré les opérations réalisées à la source pendant le déversement, lorsque le navire n'a pu être sauvé et coule à plus ou moins grande profondeur, des quantités notables de polluant peuvent rester encore emprisonnées. Celles-ci constituent une éventuelle source de pollution future.

Pendant longtemps, le principe en vigueur a été de ne rien faire, considérant ce risque de pollution future comme une préoccupation pour les générations prochaines. L'attitude a heureusement changé au cours des dernières décennies et le principe s'est progressivement établi : l'épave ne doit pas être oubliée une fois la lutte en mer achevée. Elle doit au contraire être traitée le plus rapidement possible de manière à réduire au minimum les risques de pollution.

Avec le pompage de 11 200 tonnes de fioul, le traitement de l'épave de l'*Erika* a établi en 2000 un record mondial en matière de quantité récupérée d'un navire coulé au large. Ce record a été battu, dès 2004, par les 13 600 tonnes récupérées de l'épave du *Prestige*, à plus de 3 500 m de profondeur. ■

Le pompage de la cargaison de l'*Erika*

Source : Total



## LUTTE À TERRE

### Mesures de protection

Quand les circonstances et les délais le permettent, certaines mesures doivent être prises avant l'arrivée de la pollution à la côte, en vue de faciliter les opérations ultérieures de nettoyage du littoral et d'en limiter l'impact.

Le ramassage des macro-déchets\* et des échouages naturels avant l'arrivée de la pollution permet de limiter les volumes de matériaux souillés et de faciliter les opérations de nettoyage. Selon l'ampleur des échouages, ce ramassage est réalisé soit manuellement, soit à l'aide d'engins de travaux publics ou d'engins spécifiques de type cribleuse\*. Il doit évidemment être aussi sélectif et méthodique que possible.

La protection globale de baies, d'estuaires ou d'abers à l'aide de barrages flottants est généralement illu-



Captage par un filet à mailles fines

soire en raison des forts courants qui balayent leurs accès. Mais des zones plus restreintes peuvent être protégées. Les plans Polmar définissent ces zones et intègrent des plans de poses de barrages adaptés, avec des points d'ancrage déjà définis.

La protection par barrages filtrants des chenaux, étiers et prises d'eau alimentant des claires\*, des bassins piscicoles, des marais salants, des centres de thalassothérapie et d'autres installations utilisant de l'eau de mer est elle aussi à prévoir. Les moyens possibles varient selon la taille des sites à protéger : il s'agit notamment de filets droits, de barrières filtrantes ou de barrages de terre et de matériaux divers. Certaines de ces protections combinent la



Dispositif de filtration à base de coquilles d'huître, plumes et pouzzolane\* à l'entrée d'une vasière

fonction de rétention du barrage et la fonction de fixation de l'hydrocarbure\* sur un absorbant\*. L'industrie propose des barrages absorbants, adaptés pour des quantités relativement faibles de produit fluide ou finement divisé. Un filet garni de paille peut constituer une solution, à condition de renouveler la paille suffisamment souvent et de l'éliminer correctement une fois souillée.

Le captage sur plage à basse mer, par des filets à mailles fines, attachés sur l'estran\* à l'une de leurs extrémités, au-dessus du niveau de mi-marée, est efficace pour capturer les amas échoués à marée haute. Cette technique est particulièrement performante sur un polluant visqueux, collant, de type fioul\* lourd.

L'adhérence sur un substrat\* dur peut être réduite par l'épandage, avant l'arrivée du polluant, de produits filmogènes\* (biofilms) à base d'alginate qui forment un film sur le substrat. Ces produits sont efficaces pour réduire l'adhérence du pétrole sur des surfaces dures de types rochers, enrochements, murs de béton. Ces filmogènes facilitent ainsi le nettoyage et évitent d'avoir recours à des pressions ou des températures d'eau de lavage nuisibles pour l'environnement, sous réserve que le lavage intervienne rapidement. Ils ne nuisent pas à la faune et à la flore fixées.

Enfin, pendant les travaux de ramassage, des dispositifs de protection des sols et de la végétation permettent de diminuer l'impact de la pollution et celui du passage des piétons et des engins. Une circulation intense au niveau du littoral, sans aménagement d'accès adaptés, peut en effet provoquer une dégradation accrue des biotopes et une contamination des sols par des engins et équipements souillés.



## Ramassage grossier

Première phase du nettoyage littoral, le nettoyage grossier a pour but de retirer le maximum de polluant des côtes afin qu'il ne retourne pas contaminer d'autres sites en étant remobilisé par la houle et les marées. Ce premier nettoyage fait appel à des techniques différentes : tout dépend du polluant ; s'il flotte en bordure du rivage ou s'il s'échoue.

L'écrémage, le pompage et l'aspiration sont les options majeures en cas de marée noire par un polluant fluide qui se présente sous forme de grosses

accumulations. Ces opérations peuvent faire appel à des pompes agricoles, des tonnes à lisier, des camions d'assainissement ainsi que des pompes et ensembles pompes-cuves spécifiquement conçus pour les hydrocarbures. Elles peuvent être complétées par un raclage de surface, effectué par des engins de travaux publics ou des racleurs-récupérateurs spécifiquement adaptés.

Sur les plages, le ramassage mécanique à l'aide d'engins de travaux publics ou de moyens spécifiques (cribleuses, rouleaux) présente un très bon rendement. Mais il est limité par l'accessibilité des



## Le ramassage manuel

Le ramassage manuel est inévitable : on y a recours quels que soient l'ampleur de la pollution, le polluant ou le site. C'est bien souvent le principal, voire le seul, moyen utilisé lors d'une pollution de faible ampleur ou éparse. Il demeure une des forces principales en cas de marée noire. Il est particulièrement adapté aux échouements éparpillés sous forme de boulettes ou de galettes fraîchement déposées, avant recouvrement ou pénétration. Le ramassage manuel s'impose sur des sites où toute autre technique est impossible, par manque d'accessibilité au matériel ou par la grande sensibilité du lieu.



sites aux engins lourds. Parmi ceux-ci les engins de travaux publics et agricoles, largement disponibles et manœuvrant même sur des sites de mauvaise praticabilité, sont fréquemment utilisés pour diverses tâches telles que :

- le raclage de couches épaisses de polluant ;
- la collecte et le transfert hors du site de quantités importantes de polluant et matériaux pollués ;
- le déblaiement de sédiments propres pour la recherche de pollutions enfouies.

Des engins de criblage sélectifs, qui tamisent le sable pour le débarrasser des boulettes d'hydrocarbures, ont été développés à partir de cribleuses pour les macro-déchets<sup>\*</sup>. Tractées pour les grandes, auto-motrices pour les petites, ces machines sont bien adaptées au ramassage de boulettes<sup>\*</sup> et galettes semi-solides sur sable sec. Des rouleaux oléophiles<sup>\*</sup> sont utilisés pour retirer le polluant semi-liquide déposé sur sable humide.

Le recours aux jets d'eau à basse pression (ou flushing<sup>\*</sup>) permet de remobiliser les amas frais de polluant déposés sur les surfaces ou piégés dans les anfractuosités de rochers afin de les canaliser vers un point de collecte.

La saturation de la plage en eau (ou flooding<sup>\*</sup>) consiste à créer, à partir du haut de l'estran<sup>\*</sup>, un flot inondant le sable à nettoyer. Cela peut se réaliser au moyen d'une canalisation souple perforée, parallèle au rivage, alimentée en eau de mer par une pompe à gros débit. Le flux entraîne le polluant décollé à l'aide de lances à eau. Plus léger, ce polluant flotte sur le plan d'eau, où il peut être confiné par un barrage et récupéré.

Le surfwashing<sup>\*</sup> consiste à descendre des galets ou du sable pollués vers la zone de déferlement de la houle et les y déposer en tas à basse mer, pour les soumettre à l'énergie des vagues. Celles-ci libèrent le polluant piégé entre les grains ou les galets, assurant un lavage naturel par effet de choc et d'abrasion. Les vagues dispersent les tas et redistribuent les sédiments sur la plage aux marées suivantes. Le polluant libéré se dépose en surface, en arrière des sédiments. Il est récupéré à la main ou à l'aide de filets capteurs.



Chantiers de nettoyage grossier<sup>\*</sup>

## Les produits de nettoyage des rochers

Il existe deux sortes de produits selon la récupération ou non du polluant en aval de la zone nettoyée.

- Si on récupère le polluant, on prendra un produit de lavage<sup>\*</sup> non émulsionnant ; le polluant décollé peut être recueilli à l'aide d'absorbants<sup>\*</sup> ou de petits récupérateurs.
- Si on ne récupère pas le polluant, on prendra un produit de lavage émulsionnant ; le polluant est alors destiné à se disperser dans l'eau de mer. L'utilisation de ce type de produit est donc nécessairement limitée à des pollutions faibles dans des zones écologiquement peu sensibles.

Comme tous les produits destinés à être utilisés dans le milieu naturel (rejet des effluents<sup>\*</sup>), ces produits doivent faire l'objet de contrôles *a priori* pour vérifier s'ils sont acceptables d'un point de vue environnemental.



## Nettoyage fin

Une fois le gros de la pollution retiré et tout risque de nouveaux arrivages de polluant écarté, la phase de nettoyage fin<sup>\*</sup> peut commencer. Même si la mer parachève naturellement l'opération, un nettoyage fin par l'homme est nécessaire lorsque :

- les délais escomptés pour l'auto-nettoyage sont incompatibles avec les impératifs économiques ou esthétiques du site (ex : site touristique en période pré-estivale ou estivale) ;
- la pollution risque d'avoir un impact important sur les ressources vivantes, naturelles ou cultivées ou de devenir une source de contamination chronique.

Le principe de base du nettoyage fin est de tirer le plus possible profit des processus de nettoyage naturel et de ne se substituer à eux que s'ils se révèlent peu efficaces. Les principaux processus d'auto-nettoyage mécanique, chimique et biologique sont :

- le nettoyage par les vagues, dont l'impact direct permet le décollement du pétrole frais des surfaces ainsi que, en site fortement exposé, le décapage des résidus par abrasion des galets et rochers ;
- le remaniement du sédiment pollué par les vagues qui permet la séparation et la remise en suspension du pétrole piégé dans le sédiment ;
- le lessivage par percolation<sup>\*</sup> forcée du pétrole

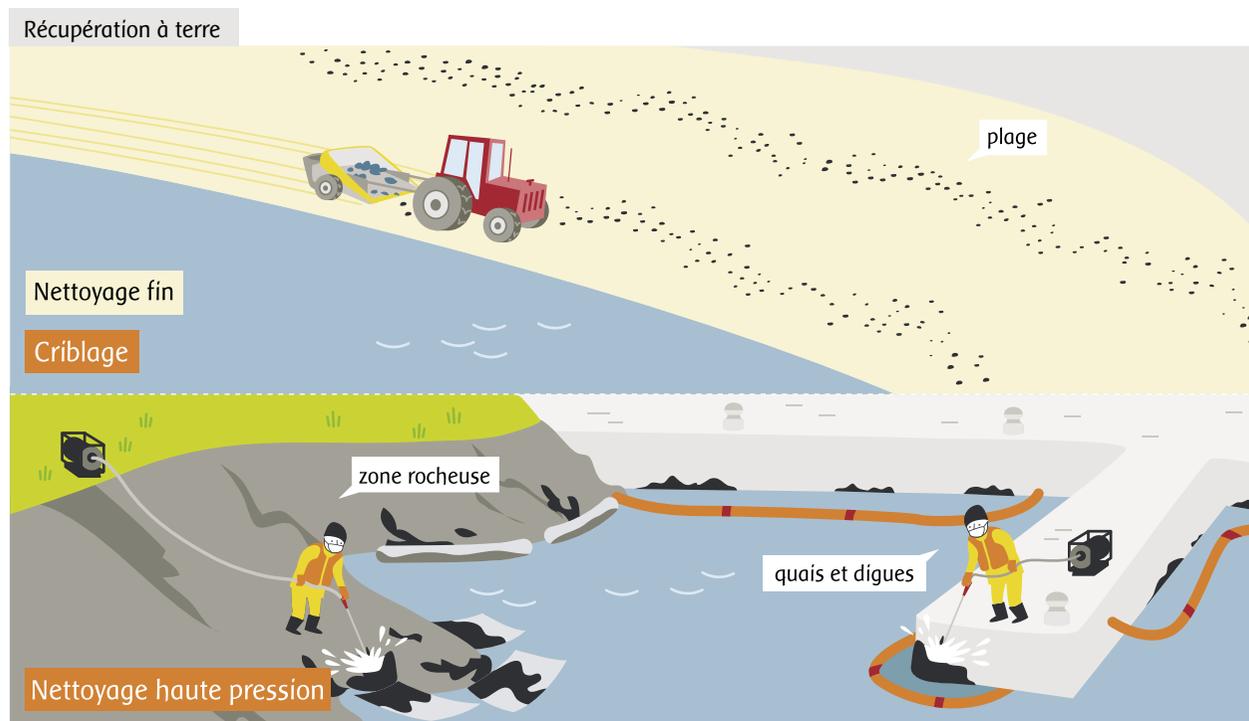
fluide à travers le sédiment, lors du retrait de la vague ou à marée descendante ;

- l'effet des ultraviolets qui détruisent les films d'hydrocarbures<sup>\*</sup> ;
- l'activité des bactéries et micro-organismes capables de dégrader des hydrocarbures.

Une large gamme de techniques existe en fonction des caractéristiques des sites, de l'ampleur de la pollution, de la nature du polluant et de la qualité du nettoyage désirée. La détermination de la technique et du degré de nettoyage à atteindre doit prendre en compte, entre autres, la sensibilité écologique du site et de ses environs immédiats.

Pour les rochers et infrastructures portuaires, un lavage est fait à l'eau froide et à basse pression sur les sites écologiquement sensibles ; à haute pression et, si nécessaire, à l'eau chaude sur les sites non sensibles. Des solvants non toxiques peuvent être utilisés pour les ouvrages portuaires ; des absorbants<sup>\*</sup> en feuille ou en vrac sur les rochers et dans les mares littorales. Dans les zones les plus exposées, laisser faire la nature est souvent la meilleure solution : comme on le verra plus loin, la dégradation des hydrocarbures y est rapide et pratiquement complète.

Sur les plages de galets, après un ramassage grossier, les films de pétrole restant en surface sont lavés à l'eau froide sous pression et entraînés vers des tranchées de récupération en bas d'estran<sup>\*</sup>. En cas de pétrole enfoui, on envisagera soit une saturation de la plage en eau pour le décoller et le remonter en surface, soit le creusement de drains, soit un lavage à l'eau froide à basse pression. Dans certains



cas, le substrat\* pourra être déplacé pour accélérer le lavage naturel, par exemple avec la technique du surfwashing\*. Des galets pourront même être lavés hors site, dans une toupie de lavage adaptée et réalisée à partir des toupies à béton.

Sur une plage de sable, les techniques du flushing\*, du flooding\*, du surfwashing et du drainage peuvent être utilisées. Sur sable sec, un deuxième criblage (éventuellement manuel) permet de parachever le nettoyage grossier\*. Sur sable humide, on peut utiliser des rouleaux oléophiles\*. Enfin, la technique du hersage permet de libérer du pétrole fluide piégé dans le sédiment et de favoriser sa dégradation naturelle. Elle peut être utilisée en soutien d'opérations de criblage.

Les marais et vasières sont des zones dans lesquelles le pétrole a tendance à s'accumuler et à générer un impact écologique très fort, par effet toxique pour les pétroles légers (action chimique), par engluement et étouffement de la végétation pour les pétroles lourds (effet physique). L'intervention y est délicate du fait de la difficile accessibilité, de la faible portance du sol et des possibilités réduites de circulation. Elle risque d'avoir des conséquences catastrophiques sur l'écosystème.

Ne pas intervenir se justifie sur des sites très abrités où un nettoyage entraînerait des dommages additionnels en raison de la fragilité écologique des biotopes concernés. La non-intervention doit être une décision réfléchie et bien argumentée pour être justifiable devant l'opinion publique et les médias. Elle ne consiste pas à « ne rien faire » : elle implique un suivi précis du site et de l'évolution du polluant.



Le nettoyage achevé, il pourra être envisagé de faucher toute ou partie de la végétation polluée ou de scarifier des encroûtements de pétrole vieilli pour faciliter la réinstallation de la végétation. Cela se fera avec la plus extrême prudence, sous contrôle écologique rigoureux. Enfin, tous les accès aménagés pour les besoins de la lutte, tous les stockages de déchets seront nettoyés et soigneusement remis dans leur état d'origine.



Rouleau oléophile\* poussé par une chenillette (↑)  
Nettoyage par fauche manuelle (↓)

## Chantiers botaniques

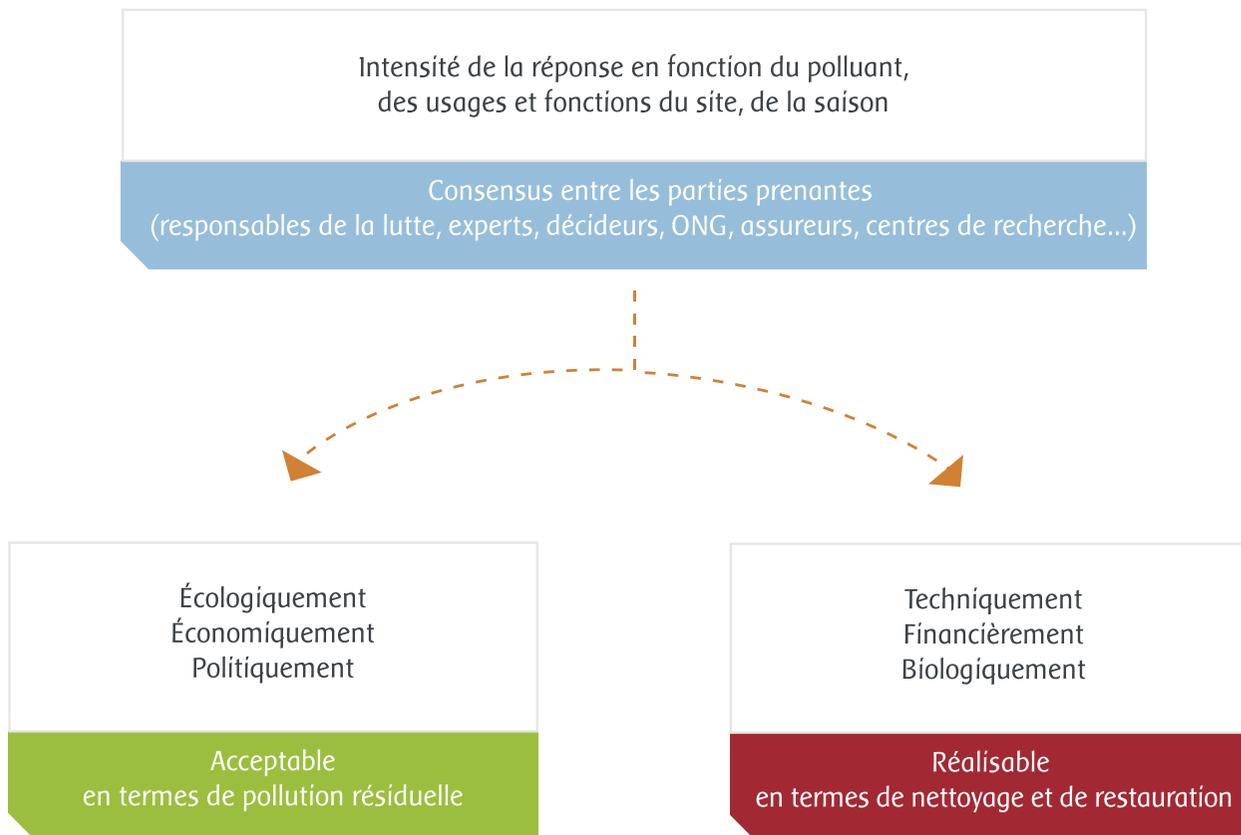
Il arrive que des secteurs de végétation, dans les dunes et sur les rochers, soient plus ou moins fortement pollués. Une intervention peut y être décidée ; il s'agit d'opérations délicates qui font l'objet d'une décision et de recommandations spécifiques de la part d'experts botanistes qui, en général, vont encadrer le chantier. Le terme « chantier botanique » englobe les opérations, parfois extrêmement minutieuses et longues, de grattage, brossage, aspiration, fauche, criblage manuel du sable et de collecte. Le but est de retirer le maximum de polluant sans endommager davantage le couvert végétal ou le sol.



## Jusqu'où nettoyer ?

Le niveau de nettoyage requis et l'urgence d'y parvenir sont fonction de la sensibilité écologique du site, de son usage et de la saison. Une partie du public demandera toujours que l'on nettoie jusqu'à la dernière trace de polluant. Mais ce nettoyage « à blanc », satisfaisant pour l'esprit, peut causer plus de dommages que la pollution elle-même sur l'environnement. Il faut donc bien évaluer les avantages et les inconvénients des techniques disponibles et ne pas éliminer *a priori* la solution d'une finition naturelle.

En pratique, on retirera d'abord, partout où c'est possible, le polluant qui demeure mobilisable et constitue une source potentielle de recontamination. Ce risque éliminé, on s'interrogera sur l'intérêt d'intervenir plus avant. Sauf cas particulier, comme une plage à forte fréquentation touristique, on ne cherchera pas à retirer toute trace de pétrole, mais à fournir au milieu les conditions les plus favorables à la réinstallation rapide des peuplements et des activités socio-économiques, sans que le polluant restant ne gêne ni le biotope, ni les usages du site.



Évaluation du niveau de nettoyage à atteindre

## Biorestauration

La biorestauration\* consiste à utiliser des processus biologiques pour accélérer la décontamination d'un site. Parmi les voies possibles de biorestauration, la biostimulation accélère le développement de bactéries naturellement présentes dans le milieu et capables de dégrader les hydrocarbures\*. Cette accélération peut avoir lieu en optimisant les conditions environnementales nécessaires aux bactéries, notamment les teneurs en éléments nutritifs et la disponibilité en oxygène. C'est une technique de finition, qui peut être utilisée *in situ*, dans le respect rigoureux des biotopes, ou sur des sédiments transportés hors site. Divers industriels ont fortement investi dans ce domaine, en participant à des programmes de recherche internationaux sur les techniques de biorestauration et en développant des produits destinés à accélérer la biodégradation\* du pétrole.

La biorestauration hors site est une application aux marées noires de techniques aujourd'hui parfaitement opérationnelles pour le traitement des sols industriels contaminés. Elle est couramment utilisée pour des sédiments souillés ramassés sur les plages; en général sous forme de « landfarming\* », c'est-à-dire par épandage et hersage de petites quantités de sédiments souillés sur des terres agricoles, en présence d'agents accélérateurs de la biorestauration naturelle. L'expérimentation a montré que les plantes cultivées dans ces conditions ne contiennent aucune trace des hydrocarbures en cours de dégradation dans le sol.

La biorestauration *in situ* a été utilisée à large échelle dans l'accident du pétrolier\* *Exxon Valdez* en Alaska (1989) en vue de provoquer une accélération importante de l'élimination des hydrocarbures biodégradables par apport d'azote et de phosphore.



Charruage pour favoriser la biodégradation\*



Essai *in situ* de biorestauration\*



Appontement\* de l'*Exxon Valdez* (Alaska, États-Unis)

## Nettoyage des oiseaux et mammifères

Le nettoyage des oiseaux et des mammifères est une composante importante et très médiatisée lors de marées noires. Il a longtemps été plus un baume, pour la conscience des hommes qu'une opération de réel intérêt écologique, car peu de sujets survivaient plus de quelques jours au stress et aux dommages : de l'engluement, de l'intoxication par ingestion d'hydrocarbures\* et du nettoyage.

Mais les techniques et les produits de nettoyage ont été considérablement améliorés et affinés ces vingt dernières années. Il existe aujourd'hui des équipes spécialisées, capables d'intervenir très rapidement en n'importe quel point du monde, avec du matériel et des produits spécifiquement adaptés aux besoins. Les animaux ne sont plus relâchés aussitôt nettoyés mais placés dans des bassins de réaccoutumance à la prise de nourriture et à la nage. Ces cliniques spécialisées parviennent à sauver jusqu'aux deux tiers des individus souillés qui leur sont apportés.

Des études récentes ont jeté une ombre sur ce tableau positif, en faisant état de mortalités anormalement élevées chez les animaux nettoyés dans les mois suivant leur retour en milieu naturel. Affectés par la pollution, la capture, le nettoyage, les effets biologiques et physiologiques de l'inhalation et de l'ingestion d'hydrocarbures, certains des individus sauvés n'auraient plus les défenses nécessaires pour survivre dans la nature. Les chercheurs travaillent maintenant à suivre, de manière précise, le devenir des individus sauvés et à développer des procédures, produits et outils plus performants et moins stressants.

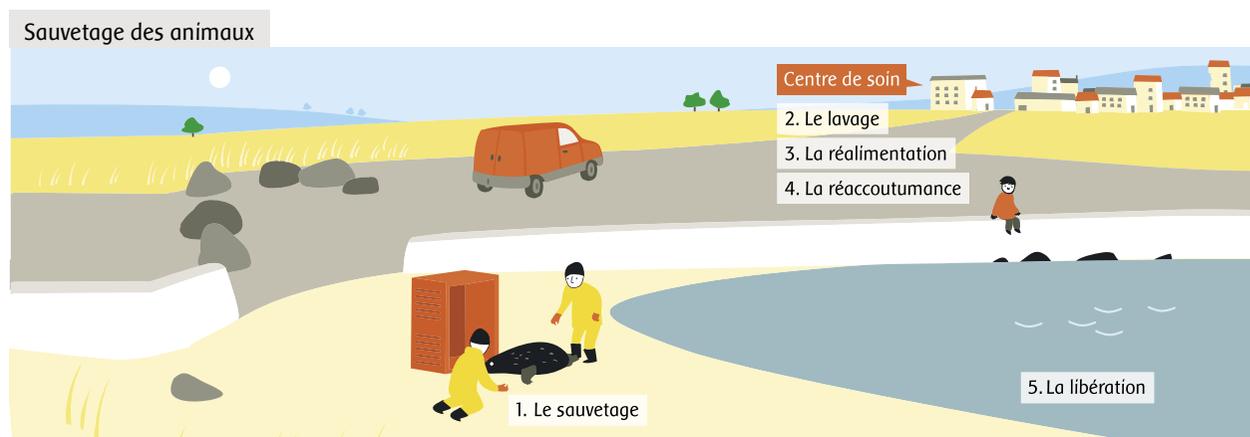
Mais la solution de loin la meilleure est d'éloigner au plus vite un maximum d'oiseaux et de mammifères des zones polluées. Des mouvements de personnes et d'embarcations, des bruits de moteurs, des sirènes, des fusées peuvent être employés à cet effet.

Des bouées effaroucheuses, largables depuis un bateau et émettant plusieurs dizaines de sons différents par séquences de 20 à 50 secondes ont été testées avec succès, sans amener d'accoutumance aussi rapidement que les autres techniques. Elles émettent des sons qui repoussent 85 % des oiseaux de mer dans un rayon de 800 mètres durant 3 jours consécutifs. C'est une bouée autonome qui peut dériver à l'intérieur d'une nappe de pétrole ou être ancrée devant un rivage contaminé. Elle peut être employée comme moyen de prévention là où il y a risque de déversement pouvant contaminer des oiseaux, comme sur une plate-forme pétrolière. ■

### \* en savoir plus

Les laboratoires Yves Rocher, l'association CHENE (Centre d'Hébergement et d'Étude sur la Nature et l'Environnement) et l'industrie pétrolière française ont mis au point ensemble une machine à nettoyer les oiseaux et un shampoing non agressif.

Ce dispositif permet de traiter les animaux plus vite que le lavage manuel, ce qui semble, d'après certains centres de soins, réduire notablement le stress généré par les opérations de lavage.



## ● DÉCHETS

### Stockage

Le pétrole récupéré en mer et arrivant sur le littoral sous forme de « mousse au chocolat » contient jusqu'à 4 ou 5 fois son poids en eau. Cette mousse engluie des sédiments, des algues, des débris végétaux et souvent des macro-déchets, qui sont ramassés avec elle dans des proportions allant jusqu'à vingt fois celle du pétrole. De ce fait, le polluant et les matériaux pollués qui sont récupérés dans la lutte contre une marée noire finissent par représenter des volumes plus importants que celui du déversement.

Le polluant et les matériaux pollués qui sont récupérés ainsi ne sont pas tous des déchets au sens technique et juridique du terme : des parties valorisables peuvent en être extraites et recyclées. Mais il est courant de les englober dans l'expression « déchets de marée noire ».

Ces déchets peuvent être liquides, pâteux ou solides. Ils peuvent contenir des proportions très variables d'hydrocarbures et d'eau. Ils peuvent intégrer des objets solides qui les rendent impropres au pompage. Leur transport, leur stockage, leur élimination font appel à des solutions très différentes selon leurs caractéristiques.

Des stockages sont nécessaires à tous les niveaux de la chaîne de récupération. Un stockage primaire de quelques heures à quelques jours est inévitable sur le site de récupération ou à son voisinage immédiat, pour faire tampon entre les chaînes de collecte et d'évacuation. Il s'accompagne généralement d'un

dégrillage des déchets liquides ou pâteux pour éviter un colmatage des pompes, à l'aide de paniers-filtres disposés au-dessus des cuves de stockage. Les émulsions qui n'ont pas déjà été cassées au pompage doivent l'être à ce stade pour éviter le stockage de grandes quantités d'eau.

Des stockages intermédiaires constituent des tampons entre les chaînes d'évacuation et de traitement. Localisés parfois sur la côte, parfois sur le site de traitement, ils doivent être très soignés et parfaitement étanches pour éviter de polluer le sous-sol ou la nappe phréatique.

Lorsque les quantités en cause dépassent les capacités de traitement des unités existantes, la mise en place d'un stockage lourd peut être nécessaire en attendant la construction d'une unité de traitement spécifique.



Benne de stockage

Ces différents stockages impliquent des travaux importants d'installation, de sécurisation, de gestion, de démantèlement et de réhabilitation. Ils requièrent aussi toute une chaîne de contrôle et de transport.



Collecte des déchets



## Transport

Les premières étapes du transport peuvent être assurées par les moyens de collecte eux-mêmes : tonnes à lisier, chargeurs à godets, bateaux récupérateurs, camions d'assainissement. Elles peuvent aussi être assurées par des pompes, camions-citernes, camions-bennes, remorques. Travaillant en site pollué, ces moyens ne sont pas contraints à une étanchéité absolue, mais ils doivent être bien adaptés à leurs conditions particulières d'exploitation. En revanche, le transport au-delà des stockages intermédiaires, par route, voie ferroviaire ou voie maritime, demande des enceintes évitant tout risque d'épandage du polluant

sur le trajet et, éventuellement, un nettoyage des pneus et bas de caisses sur une aire de décontamination en sortie de stockage.



Stockage et transport des déchets

Transport des déchets collectés



Centre de traitement spécifique des déchets industriels, Gironde, France

### \* en savoir plus

Le sujet complexe du stockage, du transport et du traitement des matériaux pollués et polluants (MPP) de marée noire\* fait l'objet d'un guide pratique au niveau national qui sert de référence à tous les plans Polmar. Ce guide a été entièrement révisé en 2004 à la lumière des enseignements des pollutions de l'*Erika* et du *Prestige*.

On peut le télécharger depuis le site [www.cedre.fr](http://www.cedre.fr), rubrique Publications.



Zierbena, port de Bilbao (Espagne), zone de stockage lourd des déchets issus de la pollution du *Prestige*



## Traitement

Le traitement des déchets liquides ou solides à teneur en hydrocarbures\* élevée (plus de 15 %) peut être assuré par recyclage en station de déballastage\* ou par incinération en centre collectif, en cimenterie, éventuellement, par dérogation, en unité d'incinéra-

tion des ordures ménagères. L'émulsion\* récupérée en mer, souillée seulement par de faibles quantités de macro-déchets\*, est l'exemple type de ce qui peut être recyclé. Les galettes épaisses ramassées sur une plage à la pelle, avec plus ou moins d'algues, de sable et de macro-déchets, pourront être recyclées ou incinérées.

### Les stockages oubliés

Lors du naufrage de l'*Erika*, les médias ont révélé la persistance de quelques stockages de déchets de marées noires\* antérieures. Il s'agissait de stockages dits « définitifs », tombés dans l'oubli. Ce concept ancien de centre de stockage définitif de déchets de marée noire ne fait plus partie des plans Polmar : ce qui sort des stockages intermédiaires doit maintenant être acheminé, après tri par catégorie de produits :

- pour une petite partie, directement vers des centres de traitement agréés par la législation en vigueur (ex : incinération de cadavres d'oiseaux) ;
- pour la majeure partie, vers des centres de stockage intermédiaire, à partir desquels ces produits ont vocation à être traités.

Les traitements sont effectués sur le site même du stockage intermédiaire pour certains produits ; après tri et acheminement vers des centres de traitement de déchets spécialisés pour d'autres. Ces traitements ont pour objet de recycler ou de détruire tout ce qui peut l'être et de transformer le reste en déchets ultimes au sens strict de la législation en vigueur c'est-à-dire tout ce qui ne peut pas être recyclé ou détruit. Les déchets ultimes ont vocation à être reçus en centres de stockages spécialisés.

Stockage oublié du *Torrey Canyon*, 1980



Les matériaux à teneur en hydrocarbures faible doivent faire l'objet d'une stabilisation à la chaux\* en fosse de stockage intermédiaire, en centrale ou sur plate-forme. Les entreprises du bâtiment et des travaux publics utilisent ensuite les matériaux stabilisés ainsi pour la construction de routes et de remblais. Mais cette méthode n'est pas exempte de critiques sur la durée de stabilité obtenue. Les traitements biologiques (biorestauration\* et landfarming\*) sont très efficaces mais en revanche très longs.

Les déchets ultimes, produits inertes ou ne présentant plus que de faibles traces de pétrole, devront

faire l'objet d'un stockage ultime dans des conditions évitant tout risque de pollution des eaux superficielles ou souterraines. Cela demandera des sites spécifiquement aménagés et rigoureusement contrôlés. Le retour du sable sur les plages d'où il a été enlevé est parfois revendiqué. C'est en général exclu : il est pratiquement impossible, lors d'une marée noire\* de traiter séparément le sable de chaque plage et encore moins pensable de remettre sur les plages des sables d'origines diverses. ■

### → La destruction des produits aquacoles

Le développement de l'aquaculture littorale a généré dans plusieurs marées noires\* récentes un nouveau type de déchets : les produits aquacoles dont le goût s'est trouvé temporairement altéré et qui ont fait l'objet d'une décision de destruction au titre de la protection des consommateurs. Les quantités en jeu peuvent être très importantes : près de 9 000 tonnes de coquillages lors de l'accident de l'*Aegean Sea* en Espagne (1992), plus de 5 000 tonnes de saumons dans l'accident du *Braer* aux Îles Shetland en Grande-Bretagne (1993).

En l'absence de réglementation, les solutions d'élimination ont été spécifiques à chaque cas, allant de

la réutilisation en alimentation animale (pour des élevages de visons, dont la chair n'est pas consommée par l'homme) à la mise en décharge avec enfouissement après traitement à la chaux ([www.ipieca.org](http://www.ipieca.org)).



### *Erika, Prestige* : des unités de traitement exceptionnelles

Pour assurer le traitement final des 270 000 tonnes de déchets souillés produits par le nettoyage du littoral pollué suite à la pollution de l'*Erika*, le groupe Total a fait construire un pilote, puis une unité spécifiquement adaptée aux besoins de traitement, sur le site de la raffinerie de Donges. La mise au point des techniques et la construction de l'unité ont demandé 8 mois, de septembre 2000 à avril 2001. L'unité a fonctionné pendant 19 mois, puis elle a été démantelée. En Galice, une unité comparable, plus petite, va traiter les 70 000 tonnes de déchets souillés issus de la pollution du *Prestige*.



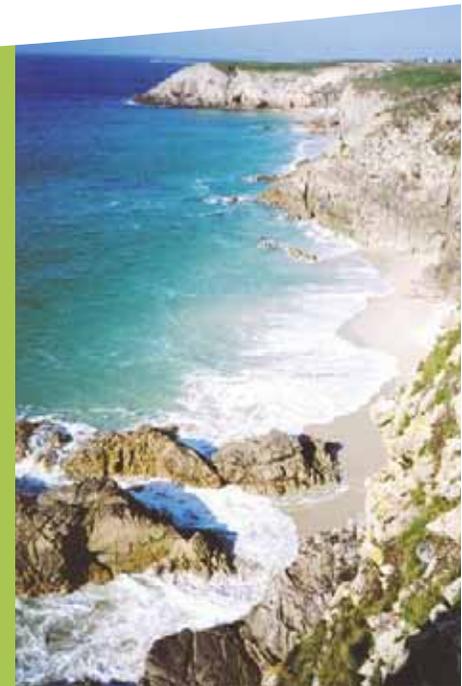




# La reconquête

Comment gère-t-on la restauration ?

- Préoccupations
- Devenir du pétrole
- Retour des équilibres
- Normalisation des activités
- Prospective



## PRÉOCCUPATIONS

### Inquiétudes du public

Quelques mois après l'accident, un peu plus d'un an dans les cas les plus graves, les opérations de nettoyage s'achèvent et les équipes d'intervention sont démobilisées. Il ne reste alors plus de pollution visible, sauf sur les sites où l'on a choisi de ne pas intervenir et de laisser agir la nature (nettoyage naturel). Mais de nombreuses questions restent ouvertes, d'ordres écologique, épidémiologique, financier, juridique. Que va devenir le pétrole non récupéré ? Ne représente-t-il pas un danger à terme, d'autant plus insidieux qu'il est maintenant caché ? Les espèces affectées, les écosystèmes, l'économie locale parviendront-ils à se rétablir ? Ne subsistera-t-il pas de dommages irrémédiables ? Quand le pollueur ou les organismes en charge de l'indemnisation payeront-ils, à qui et combien ?

Les victimes et l'opinion publique demandent que les coupables de la catastrophe soient punis au plus vite, que l'administration prenne, sans délai, les mesures nécessaires pour qu'un tel drame ne puisse pas se reproduire. Tous s'accordent sur deux exigences : « que le pollueur paye ! » et « plus jamais ça ! ».

Mais chacun a des priorités particulières selon la nature de son intérêt pour la mer et le littoral. L'écologiste se soucie du retour des espèces affectées, de l'équilibre des écosystèmes et du maintien de la biodiversité. L'hôtelier, le restaurateur et le commerçant s'inquiètent de l'image de la région, du retour des clients. Les pêcheurs et les aquaculteurs se préoccupent de pouvoir remettre leurs produits sur

le marché et de trouver des acheteurs. Les consommateurs quant à eux s'interrogent sur la qualité de l'eau, des plages et des produits de la mer.

Les défenseurs de l'environnement veulent mettre en évidence toute l'ampleur des atteintes, même les plus minimes, faire de ce cas un exemple que l'on n'oubliera pas, obtenir que soient prises des décisions drastiques vis-à-vis du transport maritime. Les opérateurs économiques veulent montrer que les zones touchées sont de nouveau proches de leur état initial pour rétablir la confiance des usagers et des consommateurs. Les responsables de la prévention et de la lutte veulent clore le dossier sur des leçons complètes et claires permettant de faire mieux la prochaine fois. Les avocats des parties en cause veulent rassembler toutes les preuves possibles sur les défaillances et responsabilités des autres parties, en vue du ou des procès à venir. Le grand public demande toute la vérité sur les responsables et les conséquences de cette nouvelle marée noire\*.

### Réponses

Les réponses à ces différentes préoccupations dépendent de la nature du pétrole, des caractéristiques des sites touchés, des espèces en cause, des circonstances du déversement et de l'efficacité de la lutte. Elles ne sont pas toujours simples. Elles demandent des travaux d'investigation longs, délicats et coûteux. Elles intègrent souvent une large part d'interprétation individuelle.

Les informations claires, complètes et rapides qui sont demandées deviennent vite tardives, incomplètes et conflictuelles. Les victimes découvrent avec surprise

vite mêlée à de la colère qu'elles ne vont pas recevoir de l'État ou du pollueur des indemnités à la mesure des dommages économiques, sociaux et écologiques subis. Elles vont devoir dialoguer individuellement avec un assureur étranger ou un fonds d'indemnisation international, en apportant point par point la preuve des dommages supportés. Leur indemnisation ne sera pas basée sur leur perte de revenus, mais sur leur perte de bénéfice, nécessairement bien moindre. Pire encore, l'assureur et le fonds ont chacun un plafond de paiement. Si l'ensemble des réclamations dépasse le plafond disponible, chaque victime ne touchera qu'une part du dommage retenu. Il ne faut donc pas seulement déterminer les pertes immédiates pour que les premiers touchés reçoivent leur dû, mais aussi analyser les demandes portant sur des dommages à long terme.

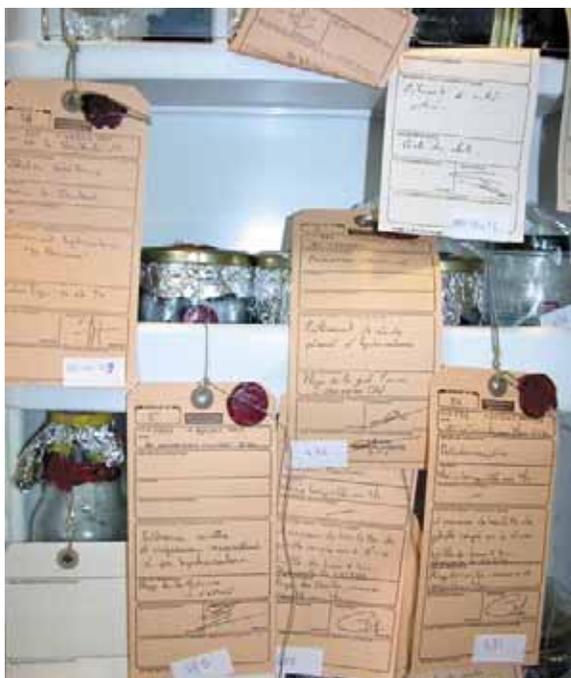
L'achèvement du nettoyage met un terme à l'action des médias. Mais il ne clôt pas le dossier pour ceux qui sont directement concernés. Il s'ouvre sur des



Restes de pétrole vieilli dans le milieu en l'absence de toutes opérations de lutte



années, voir plusieurs dizaines d'années de travaux d'expertise, de conflits financiers et juridiques, de remises en cause techniques, de révisions de textes et de procédures. Il faut étudier le devenir du pétrole resté en mer, analyser l'évolution des stocks et des écosystèmes affectés, traiter de multiples dossiers d'indemnisation, modifier des plans de lutte, réviser des lois et des règlements. Cette implication va porter sur beaucoup moins de personnes que le nettoyage, mais pendant beaucoup plus longtemps. ■



Échantillons de pétrole sous scellés lors de la pollution du *Prestige*

## ✳ en savoir plus

### Sur la connaissance des impacts

Une grande crainte après chaque marée noire est l'apparition, à terme, d'impacts de nature insidieuse, non quantifiables les premières années, comme le développement de cancers après une période sans dommage apparent ou, pire encore, d'altérations génétiques touchant les générations postérieures à la pollution.

L'interrogation sur les effets écologiques et écotoxicologiques susceptibles d'engendrer des conséquences plus ou moins lourdes sur l'environnement marin alimente de multiples débats où chacun exploite l'information disponible pour en tirer des hypothèses parfois rassurantes, parfois inquiétantes.

Devant ces interrogations, le ministère français de l'Écologie et du Développement durable a commandé après la pollution de l'*Erika* un travail sans précédent : une analyse comparée de 17 marées noires survenues dans le monde entier au cours des 35 dernières années pour déterminer quelles études d'impact avaient été réalisées, dans quelles conditions et ce qu'elles nous avaient appris en matière de conséquences sur les écosystèmes touchés.

Ce travail a été défini, supervisé et évalué par un comité de pilotage composé de représentants du ministère et de scientifiques reconnus, d'appartenances très diverses. Le sujet de chaque chapitre a fait l'objet d'un mémoire exhaustif, réalisé en équipe par deux étudiants de DESS ou équivalent, sous l'autorité de deux parrains scientifiques. Ces mémoires ont ensuite été condensés sous forme de projets de chapitres par une rédactrice spécialisée. Les projets ont été discutés et validés par les parrains et le comité de pilotage, pour aboutir à un ouvrage de référence, d'une réelle objectivité.



L'ouvrage a été publié conjointement par l'Institut océanographique de Paris, le ministère et le *Cedre*, en 2005, sous le titre « Marées noires et environnement ». Il fait apparaître que les connaissances actuelles sur l'impact sont essentiellement de nature qualitative et qu'il n'existe pas d'états quantitatifs globaux permettant une comparaison de l'ensemble de deux marées noires. Cela soulève les problèmes importants du financement et du contenu du pilotage des études d'impact.

## DEVENIR DU PÉTROLE

### Pétrole dans le milieu

Ce qui s'évapore au cours des premières heures et ce qui est photo-oxydé ou biodégradé avant et pendant les opérations de nettoyage représente entre 30 et 50 % d'un déversement de pétrole brut\*.

Les opérations de confinement\* et de récupération en mer et sur le littoral ne permettent de récupérer que 20 % du reste, 40 % au mieux.

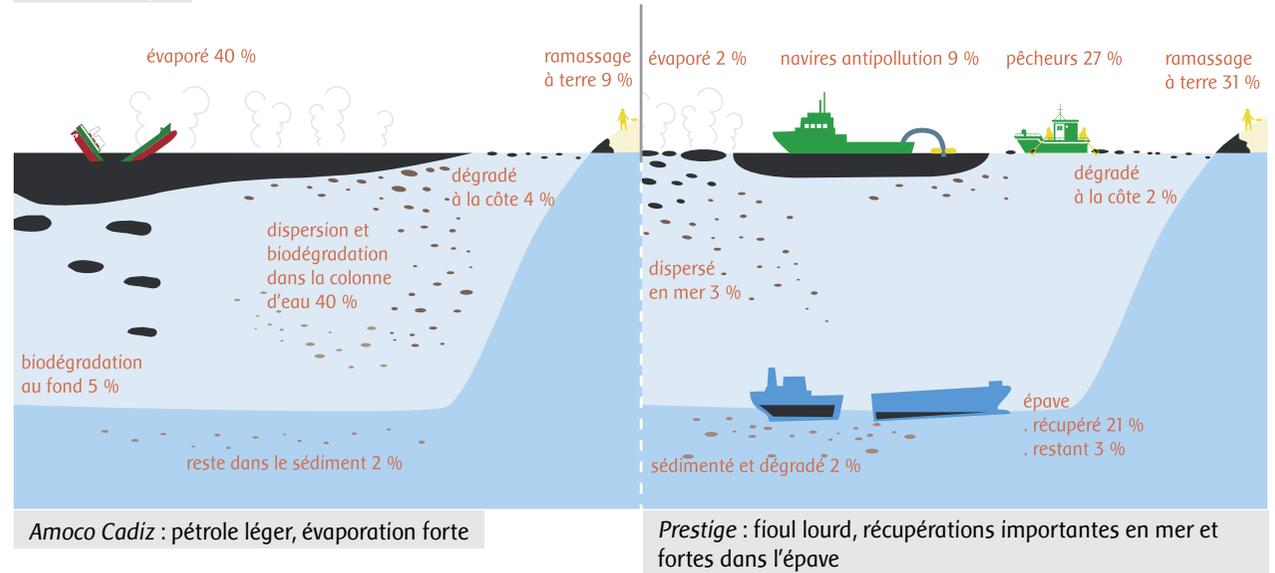
Il subsiste donc, dans le milieu, au moins un tiers et parfois plus de la moitié du volume du polluant déversé, sous trois formes : dissoute pour la part minime des composants solubles, décantée au fond pour les composés lourds et adsorbée sur les sédiments, et à l'état de particules en suspension pour le reste.

Ce pétrole qui manque dans les décomptes de la lutte ne se présente pas, sous la forme d'une nappe épaisse et continue, dérivant sous la surface et menaçant tel ou tel littoral. Les nappes d'origine sont en effet éparpillées par la houle, le vent et les courants.

La dispersion naturelle et chimique a commencé son œuvre. Le pétrole, libéré de ses composants évaporables et rapidement photo-oxydables et biodégradables, a été fractionné en galettes, boulettes\* et souillures dispersées.

Certaines nappes dérivent au large, hors de portée de la récupération en mer. D'autres se sont échouées,

#### Bilan massique



ont été plus ou moins recouvertes de sédiment, et ont été oubliées, volontairement ou non, par les opérateurs du nettoyage littoral. Il s'agit alors de pétrole vieilli, semi-solide à solide, majoritairement composé d'asphaltènes, hydrocarbures\* à longue chaîne, non toxiques.

Ce pétrole vieilli interfère sur les espèces et les écosystèmes par simple effet mécanique, comme le feraient des débris d'asphalte\* d'une route arrachés par une crue et dispersés dans la nature.

En quantités importantes dans le sable d'une plage ou la vase d'un marais, le pétrole vieilli peut modifier les cycles saisonniers d'érosion et d'engraisement\*

des sédiments, provoquant des effets localisés sur la faune.

La fraction dissoute, les gouttelettes adsorbées sur les sédiments, ainsi que les particules en suspension peuvent contenir des proportions encore sensibles de composants aromatiques\*, d'une toxicité non négligeable. Ce sont surtout elles qui pourraient contaminer à terme des organismes, par dégradation des cellules branchiales et digestives, en particulier chez les animaux filtreurs d'eau ou de sédiment. S'il reste des hydrocarbures en suspension en quantité importante cela peut prolonger des concentrations anormales dans les coquillages interdisant toute collecte.



## Persistence de fioul lourd sur le littoral

Une des grandes craintes de l'après-*Erika* était la persistance sur le littoral du fioul\* non ramassé : le produit étant réputé très peu biodégradable, il y avait un risque de le retrouver en l'état des années après. Le sujet a donc été intégré dans le programme de suivi des conséquences écologiques et écotoxicologiques de cette marée noire ([www.suivi-erika.info](http://www.suivi-erika.info)).

Les études ont mis en évidence, 3 ans après le naufrage, la persistance sur les rochers d'un fioul résiduel sous forme de couches fines, dégradé à 66 % en moyenne, et sous forme de galettes et d'encroûtements, dégradé à 55 % en moyenne, avec des variations sensibles selon les milieux. Dans les intérieurs d'enrochements, à l'abri de la lumière, le fioul restait visqueux, avec une dégradation inférieure à 20 %.

La dégradation du fioul, comme on s'y attendait, a été très faible. Mais il y a eu une photo-dégradation importante du produit exposé aux rayonnements solaires, plus forte sur les couches fines.



Plaques de granite souillées pour une étude de persistance des hydrocarbures sur substrat rocheux (↑) ; fioul\* résiduel de l'*Erika* dans un lit de galets végétalisé (↓)

## → Les craintes du public

Les craintes du public concernant le risque d'une contamination à terme des organismes prennent de multiples formes :

- craintes d'altérations du comportement, du métabolisme, de la croissance, des facultés reproductrices des animaux et végétaux qui se sont trouvés en contact avec le pétrole ;
- craintes de bioaccumulation\* de certains hydrocarbures\*, entraînant des effets en cascade dans les chaînes alimentaires, y compris jusqu'au consommateur de produits de la mer ;
- craintes de développement de tumeurs bénignes ou malignes chez les organismes touchés et leur descendance ;
- craintes d'éventuelles aberrations chromosomiques susceptibles d'affecter l'intégrité des générations futures ;
- craintes d'impacts à long terme sur la santé des opérateurs ayant participé au nettoyage du littoral et au sauvetage des oiseaux.

Ces craintes doivent être prises en compte par les autorités et faire l'objet d'une information objective en temps réel pendant la crise, puis d'études approfondies dans le cadre du suivi des impacts.

## Pétrole dans les organismes

De nombreux travaux scientifiques sur le devenir du pétrole dans les organismes ont été réalisés. Ils ont démontré que certains hydrocarbures<sup>\*</sup> peuvent provoquer des proliférations cellulaires anormales (tumeurs) lorsqu'ils sont injectés ou implantés dans les chairs. Des mises en contact répétées avec ces produits peuvent provoquer des lésions ou des nécroses, en particulier des yeux et du nez, ainsi que des altérations chromosomiques au niveau des cellules reproductrices. Après certaines marées noires<sup>\*</sup>, il a été mis en évidence divers effets mutagènes, cancérigènes, pathologiques ou métaboliques à terme.

Mais le lien direct entre la pollution et ces effets n'a jamais été clairement démontré, de multiples autres facteurs d'origine naturelle ou humaine interférant dans la vie des espèces. À la grande colère des victimes, cette situation aboutit généralement à un rejet des demandes de dommages à long terme sur les écosystèmes, en considérant les argumentations qui les fondent comme de simples spéculations sans valeur probante.

L'altération<sup>\*</sup> du goût et de l'odeur des chairs de certaines espèces est par contre parfaitement observable et mesurable. Ce « goût de pétrole » s'établit en quelques heures à quelques jours dans une eau contaminée. Il disparaît ensuite en quelques semaines lorsque cesse la contamination. Il revêt une importance particulière pour les espèces faisant l'objet d'une activité de pêche ou d'aquaculture, en les rendant temporairement impropres à la mise sur le marché. Cela impose des décisions rapides

### Analyses et tests organoleptiques

Chaque pays gère les interdictions de mise sur le marché des produits aquacoles selon ses propres règles, assurant au consommateur le niveau de protection qu'il est en droit d'attendre, sans pour autant interdire au-delà du raisonnable ou détruire des stocks à l'excès.

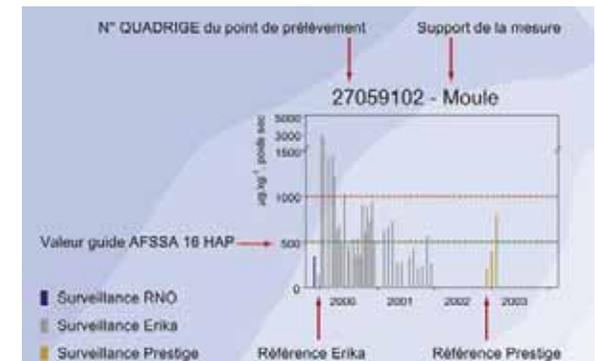
Ce n'est facile ni à établir, ni à mettre en œuvre : les résultats de tests et analyses pratiqués sur des échantillons peuvent être interprétés de manière très différente selon la nature et la sévérité des critères qu'on choisira de retenir.

Dans la pollution de l'*Agean Sea* en Galice, les autorités espagnoles ont choisi les tests organoleptiques comme référence, avec destruction de produits aquacoles contaminés.

Dans celle de l'*Erika* en France, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a préféré utiliser des analyses de teneur en « paquet » de 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques connus comme potentiellement cancérigènes, sans destruction de stock (sauf pour des filières mytilicoles engluées).

d'interdiction de pêche ou de commercialisation. Ces interdictions, fondées sur des analyses de chair ou des tests organoleptiques souffrent rarement de contestation. Il en va tout autrement des décisions de réouverture des activités. Le consommateur imaginera difficilement qu'on puisse lui proposer un poisson ou un crustacé qui a pris un goût de pétrole, avec la simple assurance de la disparition de ce goût. Ne vaudrait-il pas mieux tout détruire, en application du principe de précaution ?

Les mécanismes écotoxicologiques en cause ne sont pas différents de ceux qui interviennent pour les espèces non exploitées. Mais le problème purement écotoxicologique jouxte des problèmes économiques et de santé publique. Il est hors de question de faire prendre le moindre risque aux consommateurs. Il faut les rassurer sur la qualité de produits qui ont souvent été annoncés comme irrémédiablement contaminés les jours suivant la catastrophe. Et il faut aussi éviter de causer, par des décisions excessives,



Suivi de la contamination des moules lors des pollutions de l'*Erika* et du *Prestige*  
(Source : Ifremer)



des dommages additionnels à des professions déjà lourdement affectées.

En pratique, comme il est matériellement impossible de savoir quel poisson ou quel crustacé sauvage a été contaminé, la pêche est de nouveau autorisée à partir du moment où des analyses chimiques ou des tests organoleptiques répétés assurent qu'il n'y a plus de contamination sur l'ensemble de la zone en cause. Pour les productions aquacoles, des destructions de stocks avant réouverture des ventes sont parfois mises en œuvre, afin de garantir aux consommateurs des produits irréprochables.

## Études d'impact

Les études d'impact de marées noires\* se heurtent à plusieurs problèmes qui demeurent aujourd'hui dans beaucoup de pays sans solution satisfaisante. La connaissance de la situation avant la pollution est toujours très incomplète. Malgré la multiplication des réseaux de surveillance du milieu marin, les états des lieux permanents des peuplements et leurs variations saisonnières restent plus qualitatifs que quantitatifs.

Créer, sur l'ensemble du littoral, des réseaux spécifiques aux besoins d'évaluation des dommages suite à une marée noire serait excessivement coûteux. Il faut donc, le plus souvent, recourir à des échantillonnages en urgence devant le front de la pollution, ce qui demande une mobilisation rapide.

Or le financement et l'organisation d'études d'impact complètes et d'une durée suffisante sont rarement prévus dans les plans de lutte. Un comité de pilotage doit être mis en place. La préparation d'appels

d'offres et l'attribution de contrats ont des délais incompressibles. Quand les études commencent, l'échantillonnage sur le front de la pollution n'est souvent plus possible et l'information essentielle a été perdue.

Pour certains, les études doivent se réaliser sur des fonds publics, sans intervention dans leur coût et leur contenu du pollueur, de ses assureurs ou du système international d'indemnisation. Pour d'autres, il est logique que ces derniers participent aux décisions, dans la mesure où il leur sera demandé d'en rembourser les coûts.

Les études peuvent mobiliser des équipes importantes, pendant de longues années. Jusqu'où faut-il aller ? Jusqu'au point de ne plus trouver d'effets importants ou jusqu'à celui de ne plus trouver la moindre trace d'un effet localisé ? ■

### en savoir plus

#### Sur les études d'impacts de marées noires :

- *Exxon Valdez*, Alaska - États-Unis, 1989 : Wells, P. G., Butler, J.N. Hughes, J.S. *Exxon Valdez oil spill : fate and effects in Alaskan waters*. Philadelphie : ASTM, 1995. 955 p.
- *Braer*, Îles Shetland - Grande-Bretagne, 1993 : *The ecological steering group on the oil spill in Shetland*. Edimbourg : The Scottish Office, 1994. 45 p.
- *Sea Empress*, pays de Galles - Grande-Bretagne, 1996 : [www.swan.ac.uk/biosci/empress/overview.htm](http://www.swan.ac.uk/biosci/empress/overview.htm)
- *Erika*, Bretagne - France, 1999 : [www.suivi-erika.info](http://www.suivi-erika.info)

## RETOUR DES ÉQUILIBRES

### Recolonisation naturelle

Lorsque les opérations de nettoyage s'achèvent, des peuplements ont été altérés, parfois même éradiqués, par les effets directs du pétrole et du nettoyage. Partiellement dépeuplés, les sites touchés se trouvent dans la situation d'ouvrages maritimes neufs. Ils voient s'installer sur eux d'abord des espèces colonisatrices, puis progressivement des peuplements comparables à ceux du milieu environnant. Une crainte est que cette séquence de colonisation se trouve affectée par la subsistance, pendant des mois ou des années, de quantités anormalement élevées d'hydrocarbures\* dans l'eau et les sédiments. La mise en place de suivis scientifiques, construits pour déterminer s'il y a reconstitution des équilibres d'origine et en combien de temps, a été instaurée dans ce but.

Ces travaux ont montré que les zones les plus affectées par une marée noire\* de grande ampleur retrouvent des équilibres comparables à celles des zones environnantes dans des délais typiques de :

- 2 à 6 ans pour les zones de faible sensibilité (pointes rocheuses et autres zones battues par les vagues) ;
- 5 à 15 ans pour les zones de sensibilité moyenne (plages et autres zones d'activité hydrodynamique modérée) ;
- 10 à 25 ans pour les zones de forte sensibilité (marais littoraux et autres zones d'activité hydrodynamique très réduite).

Ces durées ne sont pas clairement supérieures à celles que demandent des zones comparables pour compenser intégralement une altération de leurs peuplements due à une catastrophe naturelle, comme une coulée de boue ou une éruption volcanique. Mais il est essentiel de tout faire pour qu'une zone affectée par une marée noire n'en subisse pas une seconde avant d'avoir entièrement récupéré son état initial.

Ainsi, les zones du littoral breton (France) qui ont été touchées successivement par les pollutions du *Torrey Canyon* (1967), de l'*Amoco Cadiz* (1978) et du *Tanio* (1980) ont vécu deux bouleversements d'écosystèmes en phase de récupération. Si la grande majorité de leurs peuplements est revenue aujourd'hui à une situation d'équilibre comparable à celle des zones environnantes, des traces de surabondance d'espèces opportunistes ou de sous-abondance d'espèces sensibles restent encore mesurables dans certains milieux.

Sous nos latitudes, un délai de 6 à 7 ans est généralement suffisant pour faire disparaître presque toute trace d'une grande marée noire. Pas toutes cependant : certains milieux très protégés, tels des marais maritimes et quelques vasières du fond de l'Aber Benoît, où les arrivées de pétrole de l'*Amoco Cadiz* avaient été massives, restaient encore polluées treize ans après l'échouement\* du navire.

### Soutien de l'homme à la nature

Face à l'importance des délais du retour à l'équilibre dans les zones les plus sensibles, l'homme s'est demandé s'il ne pouvait pas aider la nature à aller plus vite, en pratiquant des opérations de repeu-

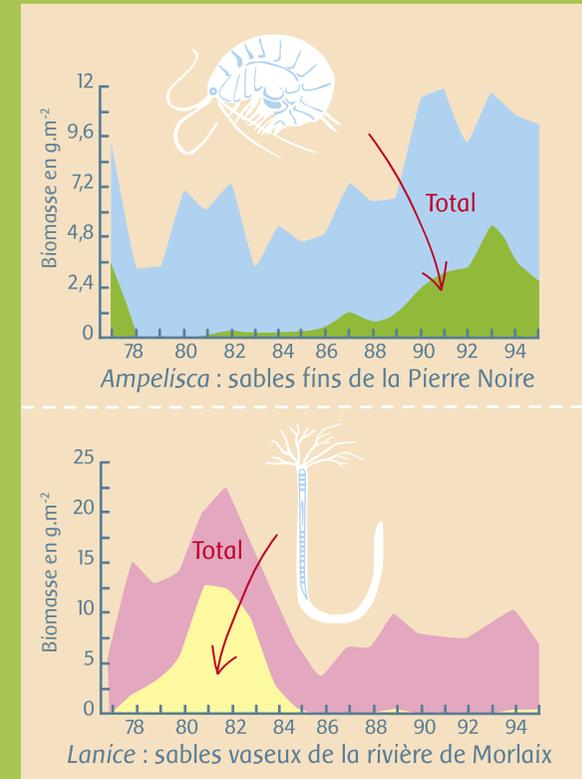
### Un exemple de problème d'évaluation de l'impact

(Source : DAUVIN J.C. *Surveillance du milieu marin : travaux du RNO de la qualité du milieu marin*, édition 1996)

Les graphiques d'évolution de la biomasse des peuplements de la baie de Morlaix après la marée noire de l'*Amoco Cadiz* (1978) semblent se contredire si l'on regarde seulement les quantités globales. Il faut descendre au niveau d'une espèce particulière, ou de groupes d'espèces, pour comprendre ce qui s'est réellement passé.

Dans les sables fins, les *Ampelisca* (puces de mer), espèces sensibles, disparaissent pratiquement pendant deux ans et ne retrouvent leur niveau normal que 14 à 15 ans après la catastrophe.

Dans les sables vaseux, les *Lanice* (vers annelés) se développent de façon anormale et pullulent dès l'année de la catastrophe ainsi que les 7 années suivantes, avant de revenir à leur modeste niveau antérieur.



plement, comme il replante des arbustes après des incendies de forêts, ou plus simplement, en facilitant, par des mesures de protection, la repousse naturelle de la végétation littorale et la recolonisation par les animaux de l'estran\*.

La facilitation de la repousse par des mesures de

protection est aujourd'hui couramment pratiquée pour les sites terrestres qui ont été piétinés par les opérateurs du nettoyage du littoral ou dégradés par des passages de véhicules ou des stockages provisoires. La simple protection de ces sites par des barrières, évitant tout nouveau passage de personnes ou de véhicules, suffit souvent à faciliter la recolonisation.

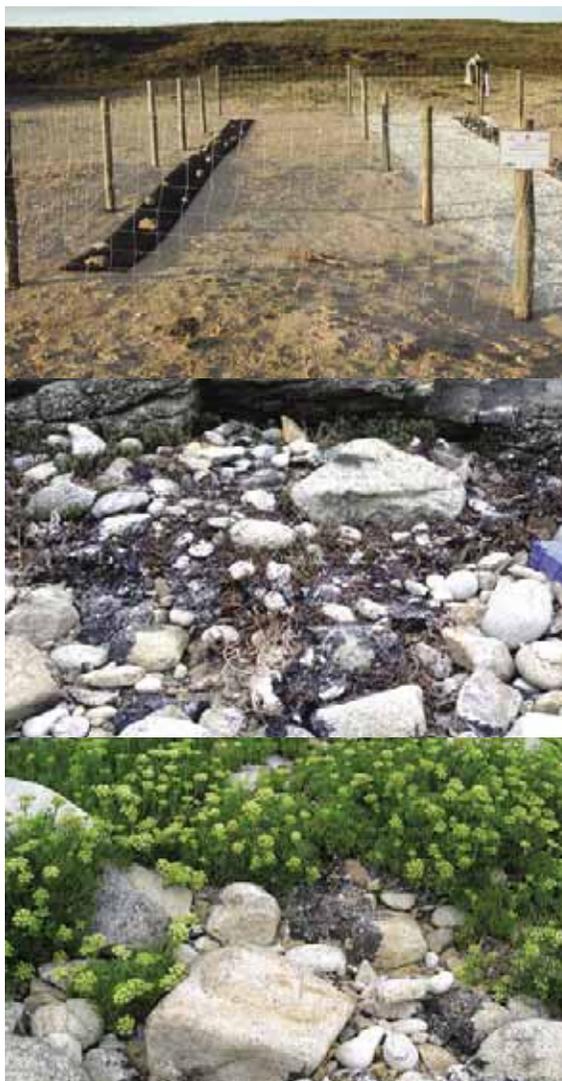


Le repeuplement effectif sur l'estran et en mer pose plus de problèmes. Les connaissances techniques en matière de repeuplement et de réintroduction d'espèces marines sont très en retrait des connaissances du même ordre concernant le milieu terrestre. Elles portent sur un nombre restreint d'espèces, qui ne constituent qu'une part extrêmement faible des peuplements naturels et sont souvent des fins de chaînes alimentaires. Or, c'est naturellement par les végétaux et par les animaux du début des chaînes alimentaires qu'il faut commencer les opérations de repeuplement.

En dehors de quelques cas, comme les moules, les coques ou les palourdes, les techniques de réensemencement sont soit inexistantes, soit embryonnaires. Il n'y a donc pas, en général, de solution opérationnelle préconisable.

Des solutions sont connues cependant pour quelques milieux particuliers. Il existe ainsi des techniques de reconstruction de récifs coralliens, utilisées pour la réparation de dégâts causés par des échouements de navires, qui peuvent être adaptées au contexte de la pollution pétrolière. Il existe aussi des techniques de bouturage de plantes sous-marines (posidonies en milieu méditerranéen) et de plantes des marais (palétuviers en milieu tropical) qui ont fait l'objet d'essais pilotes et pourraient être plus largement appliquées dans des accidents futurs.

D'autres propositions vont voir le jour dans les prochaines années. L'ensemble ouvrira, à terme, un nouveau volet de la lutte contre les marées noires : l'aide de l'homme à la réparation des dommages à l'environnement, une fois les opérations de nettoyage achevées. ■



Restauration botanique (↑) ; recolonisation naturelle : situation en décembre 1999 (→) et en été 2003 (↓)

## La réparation environnementale

La réparation des atteintes à l'environnement est un sujet complexe, qui fait entrer en jeu des notions d'indemnisation, de remplacement et de restauration. La question de l'indemnisation ne sera pas développée ici, la France n'ayant actuellement pas, à la différence d'autres pays européens, comme l'Italie, de législation sur le dommage environnemental. La même remarque s'applique au remplacement, pratique consistant à financer, en compensation d'un site naturel dégradé, la protection d'un site équivalent ailleurs.

On observera seulement qu'à travers son adhésion aux Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures (FIPOL), notre pays est fondé à obtenir le remboursement d'études d'impact environnemental et, quand c'est possible, de mesures de restauration environnementale. Ce remboursement s'entend, à condition que les études et mesures soient basées sur des techniques éprouvées et d'un coût raisonnable, en regard de l'importance de la pollution et des dégâts qu'elle a causés.

## ● NORMALISATION DES ACTIVITÉS

### Remise en marche de l'économie

L'économie est affectée par une marée noire\* de plusieurs manières :

- des activités se trouvent physiquement interrompues. C'est le cas, par exemple, d'un transporteur maritime ou d'un pêcheur dont le bateau se trouve souillé au port ou bloqué par la pose d'un barrage de protection ;
- des activités se trouvent affectées par des mesures d'interdiction. C'est le cas, par exemple, d'un pêcheur ou d'un aquaculteur dont les produits sont interdits de commercialisation ;
- des activités se trouvent affectées par la défection totale ou partielle de leur clientèle. C'est le cas d'un fournisseur de glace industrielle qui n'a plus de pêcheurs à livrer ou d'un propriétaire de camping dont une partie des clients ne vient pas.

Plus complexe, des activités peuvent subir un dommage économique induit par des craintes sans fondement réel du public. C'est le cas, par exemple, de saliculteurs voyant leurs clients se détourner de leurs produits sans avoir conscience que ceux-ci proviennent de récoltes des années antérieures. Plus complexe encore, une atteinte à une ressource de la pêche peut se traduire plusieurs années plus tard par une baisse des captures, une classe d'âge ayant été lourdement affectée.

Il faut donc agir. Les actions de soutien aux secteurs productifs affectés et d'aide à la remise à niveau de l'économie sont aujourd'hui des composantes bien établies de la lutte contre les marées noires\*.

Les premières sources de ces actions sont les administrations nationales et locales, responsables de la gestion des secteurs touchés. Les assurances et le système international d'indemnisation sont naturellement des intervenants incontournables. Mais d'autres entités peuvent intervenir, en particulier, la Commission européenne et divers programmes des Nations Unies, à travers des dons, des prêts bonifiés ou des financements de projets de redéveloppement.

Des aides financières transitoires, dirigées vers les opérateurs économiques dont l'activité a été interrompue (pêcheurs, aquaculteurs, établissements de tourisme), prennent le plus souvent la forme de versements de sommes journalières basées sur un revenu sectoriel minimum garanti. Ces allocations de chômage technique constituent un soutien essentiel pour les opérateurs touchés, privés de ressources en attendant de pouvoir reprendre leur activité. Des reports de mensualités d'emprunts ou des garanties bancaires s'y ajoutent parfois, pour éviter que ceux qui étaient engagés dans des remboursements de crédits ne soient pris à la gorge par des dettes qu'ils ne peuvent plus honorer.

Des aides à la reconquête des marchés vont aux organisations professionnelles. Les plus fréquentes consistent en financements de campagnes publicitaires destinées à rétablir l'image de la région et de ses produits. Ces campagnes d'ensemble sont souvent complétées d'actions de promotion des entreprises, qui ont dû interrompre leur activité.

Des aides techniques, financières, stratégiques, juridiques peuvent être nécessaires pour permettre aux

opérateurs économiques touchés de bien évaluer leur situation et relancer au mieux leurs activités productrices. C'est particulièrement important pour les activités aquacoles lorsqu'il faut reconstituer un cheptel entièrement détruit.

Les factures de toutes ces aides seront naturellement présentées pour remboursement, au pollueur, à ses assureurs et au système international d'indemnisation.

### → « De Galice et si frais »

Sous le titre « De Galice et si frais » ce placard publicitaire explique qu'après la marée noire de l'*Aegean Sea* en Galice (Espagne), 100 km de littoral seulement ont été affectés sur 1 350 et vante la qualité des eaux et des produits de la mer de la province.



## Indemnisation des dommages

Dans les accidents de voiture ou les inondations, l'assureur des victimes prend en charge le règlement des dommages aux victimes, faisant son affaire d'obtenir un éventuel remboursement par l'assureur du coupable ou le fonds de catastrophe naturelle. Ces procédures ne sont pas entrées dans la pratique de l'indemnisation des marées noires\*. Mais de gros progrès ont été réalisés.

En 1978, l'État français, les communes bretonnes et les opérateurs économiques touchés avaient dû engager un procès aux États-Unis contre l'armateur\* de l'*Amoco Cadiz*, faute de trouver une possibilité de négociation avec ses assureurs ou une juridiction en France permettant de condamner une société étrangère.

Aujourd'hui, l'armateur d'un pétrolier\* pollueur, qu'il ait ou non une responsabilité propre dans l'accident, est responsable des dommages causés. Un fonds international, le FIPOL\* (Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures\*), est accessible aux victimes et la loi du pays touché s'applique à l'évaluation des dommages, dans les limites de la convention internationale régissant le fonds.

L'indemnisation obéit à des règles très strictes. C'est nécessaire pour éviter les abus. Cela déconcerte et irrite beaucoup de victimes de bonne foi qui se découvrent subitement forcées d'ouvrir leurs livres de compte aux experts du FIPOL et de prouver la relation entre la pollution et leurs dommages. Cela soulève aussi la critique des scientifiques qui sont

habitués à utiliser des modèles mathématiques pour évaluer les évolutions des écosystèmes et des ressources exploitables. Ils se voient opposer le principe que les dommages calculés sur des modèles mathématiques théoriques ne sont pas recevables.

On ne s'étonnera donc pas que l'indemnisation soit un sujet extrêmement conflictuel, avec des offres de règlement amiable bien inférieures aux sommes demandées. La victime n'a alors que le choix de se soumettre aux règles en vigueur ou de les contester devant une juridiction nationale. Il est exceptionnel que tous se soumettent et la plupart des grandes marées noires des dernières décennies n'ont, de ce fait, pas échappé à un grand procès, parfois clos après de longues années de combat par un accord amiable à la porte du tribunal.

## Qui paye ?

Il est aujourd'hui encore nécessaire de prouver qu'un navire pétrolier\* est coupable d'une pollution pour en obtenir réparation. Mais dans les eaux de tous les pays signataires de la Convention internationale sur la responsabilité civile, signée dans le cadre de l'Organisation Maritime Internationale par plus de cent pays (dont la France), un pétrolier qui déverse une partie de sa cargaison ou de son fioul\* de soute\* en mer pour quelque raison que ce soit est civilement responsable de l'indemnisation des victimes jusqu'à un certain plafond.

Au-delà de ce plafond, l'indemnisation est assurée, selon des règles internationales, par le FIPOL\*, géré par les États membres et financé par des contributions obligatoires des importateurs de pétrole.

Ce sont donc l'armateur\*, au travers de ses primes d'assurance, et l'importateur pétrolier, au travers d'une contribution à la tonne importée, qui financent la protection des victimes en répercutant plus ou moins intégralement, les coûts induits sur le prix de vente des produits. Ce système fonctionne sans bonus-malus. Il mutualise ainsi les risques sans encourager les armateurs et importateurs à une plus faible accidentologie.

Le FIPOL possède lui-même un plafond global d'indemnisation par sinistre. En cas d'estimation de dommages supérieurs au plafond, il réduit les versements aux victimes au prorata du rapport entre le montant maximum disponible et le total des dommages reconnus.

Ce plafond s'est révélé bien trop bas pour faire face à une pollution majeure par fioul lourd. Pour que les opérateurs économiques touchés par la pollution de l'*Erika* soient indemnisés en totalité, il a fallu que l'État français et le groupe Total mettent volontairement leurs dépenses hors liste. De la même façon, à la rédaction de ce document, les versements lors de la pollution du *Prestige* sont limités à seulement 30 % des dommages pris en compte.

Une initiative européenne après la pollution de l'*Erika* a conduit à la création d'un fonds complémentaire de troisième niveau, qui est maintenant effectif pour les pays signataires dont la France. Si ce fonds avait été en œuvre à la date du naufrage du *Prestige*, les versements actuels auraient pu avoisiner 90 % des dommages acceptés. ■

### → Faire valoir ses droits

Pour aider les demandeurs d'indemnisation, le FIPOL\* a publié un manuel pratique à leur usage et met en place à chaque grande marée noire, dans la zone touchée, en association avec l'assureur du navire, un bureau d'information et de réception des demandes. Dans le cas de l'*Erika*, ce bureau était installé à Lorient. En France, dans le cas du *Prestige*, il était installé à Bordeaux. Les victimes disposent d'un délai de 3 ans après le sinistre pour faire valoir leurs droits et parvenir à une entente amiable. Au-delà, ils ne peuvent conserver leurs droits qu'en engageant une procédure judiciaire.



### Les règles d'indemnisation du FIPOL\*

Toute dépense, toute perte doit avoir été effectivement encourue.

Toute dépense doit se rapporter à des mesures jugées raisonnables et justifiables.

Les dépenses, les pertes ou les dommages encourus par un demandeur ne sont recevables que dans la mesure où ils peuvent être considérés comme ayant été causés par la contamination.

Il doit y avoir un lien de causalité entre, d'une part, les dépenses, les pertes ou les dommages visés par la demande et, d'autre part, la contamination résultant du déversement.

Un demandeur n'a droit à réparation que s'il a subi un préjudice économique quantifiable.

Un demandeur doit prouver le montant de la perte ou de son dommage en produisant des documents ou d'autres preuves appropriés.

### → Le problème du lien

Touché par une marée noire, un éleveur de turbots perd une grande partie de son stock de deuxième année. Mais il parvient à sauver l'essentiel de son stock de première année en improvisant une circulation d'eau semi-fermée. Le reste de son stock de deuxième année, impropre à la vente, est détruit quelques mois plus tard par décision administrative. L'éleveur continue à entretenir et nourrir son stock de première année, qui semble avoir peu souffert.

L'année suivante, ces poissons sont gravement touchés par une maladie fréquente en élevage, qui se traite habituellement sans dommage majeur. D'autres élevages de la région, non affectés par la pollution de l'année précédente, subissent de fait des pertes minimales. L'exploitant est convaincu que ses pertes lourdes sont dues à un effet à moyen terme du pétrole, qui a fragilisé ses animaux. Mais comment prouver, un an après, le lien entre les pertes subies et la marée noire passée ?

Il n'y a pas de solution évidente à ce type de problème, qui conduit souvent à l'arbitrage d'un juge, dont chaque partie en cause va chercher à entraîner l'intime conviction.

## Procédure et règlements amiables

### *Amoco Cadiz* (16-3-1978, France)

Dans le cadre du régime en vigueur à l'époque, la responsabilité d'établir la faute de l'armateur devant les tribunaux français afin de lever sa limitation de responsabilité, les autorités françaises et les victimes se tournent vers la maison mère de l'armateur qu'elles attaquent devant les tribunaux américains lors d'une procédure qui va durer 14 ans.

### *Tanio* (7-3-1980, France)

C'est la première marée noire de grande ampleur que connaît le FIPOL. La responsabilité de l'armateur est limitée à 11,8 millions de Francs de l'époque et celle du FIPOL est de 2 447 millions (au total 84 millions d'Euros d'aujourd'hui). L'indemnisation par le FIPOL se règle à l'amiable, cinq ans après l'accident. L'État français et le FIPOL engagent conjointement une procédure au tribunal de Brest contre l'assureur, l'armateur, le chantier naval ayant fait les dernières réparations et plusieurs autres parties prenantes. En 1997, un règlement extra-judiciaire permet au FIPOL de récupérer une partie de ses versements et à l'État français de compléter son indemnisation.

### *Aegean Sea* (3-12-1992, Espagne)

La responsabilité de l'armateur est limitée à 1 121 millions de Pesetas de l'époque et l'intervention du FIPOL à 9 513 millions de Pesetas (au total 59,2 millions d'Euros d'aujourd'hui). Après un long processus de demandes d'indemnisation accord global a été signé en 2002 entre le gouvernement espagnol et le FIPOL, réglant l'ensemble des désaccords qui subsistaient.

### *Braer* (5-1-1993, Grande-Bretagne)

La responsabilité de l'armateur est limitée à 4,9 millions de L  
L'indemnisation amiable progresse rapidement jusqu'à  
En 2000, le retrait d'une

n 2002.

### *Sea Empress* (15-2-1996, Grande-Bretagne)

La responsabilité de l'armateur est limitée à 7,5 millions de Livres Sterling de l'époque, et l'intervention du FIPOL à 51 millions de Livres (au total 90 millions d'Euros d'aujourd'hui). Comme pour le *Braer*, les règlements amiables, l'assureur, le FIPOL, l'autorité portuaire de Milford Haven voit par de Livres d'indemnités avaient été payées conjointement par l'assureur et le FIPOL, tandis que les procédures continuaient.

## PROSPECTIVE

### Mythes et réalités

Aussi légitime et compréhensible qu'elle soit, la revendication « Plus jamais ça ! » qui suit chaque marée noire\* a tout aussi peu de chances d'être satisfaite que les « Plus jamais d'accident ! » demandés après une catastrophe aérienne ou ferroviaire. Les défaillances intervenues doivent être analysées et la prévention renforcée en conséquence. Mais le risque zéro n'existe pas. Quels que soient les efforts faits, il arrivera encore des déversements accidentels. « Plus jamais ça ! » est un mythe démagogique.

« Plus jamais comme ça ! » est par contre tout à fait réaliste. Chaque déversement majeur a conduit à des renforcements de la prévention et de la préparation à la lutte. Même si la pelle et le seau restent des outils essentiels de la lutte contre une marée noire, de nombreux progrès ont été réalisés. La fréquence des accidents a nettement baissé. La récupération de fioul\* lourd en mer est devenue possible. L'es-tran\* peut être maintenant nettoyé sans aggraver les dommages, y compris avec des machines. La filière des déchets est devenue gérable en flux tendu. Dans tous les domaines, le retour d'expérience a permis d'avancer. Mais la croissance du trafic et des navires, la diversification des cargaisons, ont généré de nouveaux risques, qu'il va falloir apprendre à gérer. En même temps, la demande publique pour un nettoyage et une remise en état plus rapides et plus respectueux de l'environnement augmente à chaque accident. Dans tous les domaines, il faudra faire beaucoup mieux pour satisfaire.



### Les « paquets » européens *Erika*

La marée noire de l'*Erika* a déclenché un train d'initiatives européennes, les « paquets » de mesures « Erika 1 » et « Erika 2 ». Ces paquets étaient en cours de négociation au moment de la marée noire du *Prestige*. Ils ont été largement poussés par l'émotion que cette nouvelle marée noire a suscitée.

Le paquet « Erika 1 », intégralement entré en vigueur en juillet 2003, comprend trois mesures principales :

- un renforcement du contrôle de l'État du pavillon\*, avec la publication d'une liste noire des navires défectueux ;
- la mise en place de procédures de contrôle des sociétés de classification\* des navires ;
- une entente avec l'Organisation Maritime Internationale pour accélérer au niveau mondial la sortie de flotte des pétroliers\* à simple coque.

Le paquet « Erika 2 », partiellement en vigueur à la rédaction de ce dossier, comprend aussi trois mesures principales :

- la création de l'Agence européenne de sécurité maritime (EMSA), fonctionnelle depuis le printemps 2003 ;
- une entente au niveau des Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures\* (FIPOL\*) sur un fonds d'indemnisation de 3<sup>e</sup> niveau (COPE) entré en vigueur en mars 2005, portant l'indemnisation possible dans les pays adhérents à près d'un milliard d'Euros ;
- la création d'un système européen de suivi et contrôle du trafic maritime dans les zones d'autorité des pays membres.

Un troisième paquet de mesures, visant à renforcer la compétitivité des pavillons européens, le respect des règles en vigueur, la prévention des pollutions et la coopération internationale, a été proposé en 2005. Il devrait entrer en vigueur en 2006-2007.

## Prévention

Pour qui a vécu une grande marée noire\* et pris la mesure des conséquences écologiques et économiques de telles catastrophes, il n'y a pas d'hésitation possible : aucun effort en vue de renforcer la prévention d'un nouveau déversement ne doit être négligé. Mais chaque effort a un coût, qui doit être confronté aux progrès attendus et il n'y a pas de solution miracle pour tout régler.

La double coque\*, par exemple, est efficace en cas de frottement contre une roche, une épave ou un autre navire. Mais elle ne protège pas d'un abordage\* à pleine vitesse, ni d'une défaillance de structure dans le mauvais temps.

Les moyens de prévention les mieux adaptés à chaque contexte sont connus. De nouvelles techniques susceptibles de renforcer substantiellement cette prévention, en particulier la surveillance par satellite, se développent à grands pas. Le problème majeur n'est donc pas de savoir quoi faire, mais de bien choisir et de se donner les moyens de le faire.

Les risques peuvent être largement réduits par une combinaison judicieuse de différentes mesures : rails de circulation\* de navires, systèmes de surveillance du trafic ; double coque ou systèmes comparables ; contrôles effectifs des navires par l'État du pavillon\* et l'État du port ; renforcement des procédures de sécurité sur les navires, les pipelines\*, les plates-formes ; et remorqueur de haute mer prêt à apparaître en permanence, etc. Les efficacités relatives de ces mesures varient d'un cas à l'autre et les meilleurs choix ne sont pas les mêmes partout.

Se donner les moyens de faire ce qu'on a retenu comme prioritaire demande une forte volonté. L'accident, par l'émotion qu'il crée, offre la possibilité de faire consentir, voir d'imposer aux professionnels du transport des contraintes nouvelles. Il faut en profiter sans attendre : un ou deux ans après, l'émotion passée, il devient très difficile de faire accepter des changements majeurs.

On ne se fera par ailleurs, pas d'illusions : le coût de ces changements sera en fin de compte répercuté sur les consommateurs.

## Au-delà des marées noires

Les mesures de renforcement de la prévention générées par une marée noire\* peuvent aller au-delà du seul cadre de la pollution accidentelle\*. Les déballastages\* en sont un exemple frappant.

La surveillance de l'épave de l'*Erika* a fait prendre conscience de l'importance des rejets illicites dans le golfe de Gascogne et de la tendance de certains à profiter d'une pollution pour déverser préférentiellement leurs eaux huileuses dans cette zone.

Prenant en compte l'évolution de la technologie photographique, l'instruction relative à la recherche et à la répression de la pollution en mer par les navires, engins flottants et plates-formes a fait alors l'objet d'une modification fondamentale : l'obligation de prélever des échantillons d'hydrocarbures\* dans le sillage et à bord du navire suspecté a été supprimée en juillet 2002, ouvrant la voie à l'acceptation de photos et vidéos comme preuves de la pollution. En même temps, des juridictions spéciali-



Déroutement d'un navire suspecté de déversement illicite au large de la pointe de Bretagne (France)

sées dans le jugement de déversements illicites en mer ont été instaurées.

Les navires suspectés de pollution dans les eaux territoriales françaises et la ZEE\* sont maintenant dérottés vers un port français. Ces navires devront répondre à l'enquête judiciaire et déposer une caution qui garantit le paiement de l'amende, avant de continuer leur route. Alors que les condamnations étaient rares et les amendes jamais payées ; depuis l'*Erika* (1999), les condamnations sont devenues fréquentes, avec des amendes lourdes, au paiement assuré par la caution versée.

## Mise à jour des organisations

Lorsque chaque armateur\* et chaque capitaine repoussera toute idée de rejeter des hydrocarbures\* en mer, de prendre un raccourci par un détroit dangereux ou de faire naviguer un navire mal entre-

tenu ; un peu par souci de l'environnement, un peu par peur des conséquences d'une pollution pour leurs finances ou leur image, un grand pas aura été franchi. Il faudra néanmoins continuer à renforcer la préparation des hommes et leur capacité d'intervention face à un accident, toujours possible.

### La préparation de l'industrie pétrolière

Le « *Global Response Network* » (GRN) formalise la collaboration entre les organisations, à but non lucratif, d'intervention et de lutte contre la pollution, financées par l'industrie pétrolière. Ces organisations collaborent et partagent des moyens matériels et humains, afin de maximiser l'efficacité des opérations de lutte en cas de sinistre. Aujourd'hui le GRN regroupe des organisations ayant un rayon d'action régional et mondial et qui sont basées en différents points du globe. Les membres du GRN sont *Alaska Clean Seas*, *Australian Marine Oil Spill Centre*, *Clean Caribbean Americas*, *East Canada Response Corporation*, *Western Canada Marine Response Corporation*, *Marine Spill Response Corporation (US)*, *Oil Spill Response Limited (UK)* et *East Asia Response Limited (Singapour)*.



Préparation et capacité d'intervention impliquent bien sûr des plans d'intervention, des stocks de lutte et du personnel formé. La capacité d'intervention n'est pas fonction directement de l'ampleur des stocks de dispersants\*, de barrages, de pompes, ni du nombre des hommes ayant suivi un stage spécialisé au cours de leur cursus professionnel. Il faut surtout du matériel adapté, régulièrement renouvelé, armé par des hommes entraînés, rapidement mobilisables et capables de bien encadrer des intervenants recrutés sur place.

Pour bien exploiter ces moyens, il faut en même temps une forte capacité de collecte, de transmission et d'exploitation de nombreuses données : observations en mer, modélisation des prévisions de



Formation au nettoyage des enrochements

dérives des nappes d'hydrocarbures, observation et quantification des arrivages sur le littoral, prévisions des besoins en hommes et matériel, performances du nettoyage du littoral, information des autorités et du public.

La complémentarité possible entre les stocks et les équipes des secteurs privé et public, les moyens modernes de transport rapide de matériel d'un site à l'autre permettent d'être efficace avec des stocks et des équipes de dimensions réduites. La lutte contre les marées noires\* a dépassé aujourd'hui le stade de la découverte et de l'approximation.

Face à des accidents moins fréquents, elle est devenue un secteur organisé, dans le cadre d'une stratégie de niveau mondial, qui recherche la plus grande efficacité au meilleur coût. En complément de ses moyens propres, chaque responsable opérationnel dispose d'un réseau de partenaires susceptibles de lui apporter très rapidement le soutien humain et/ou matériel qui peut lui être nécessaire.

Il importe cependant de ne pas relâcher les efforts. Les marées noires de l'*Erika* et du *Prestige* ont hissé d'un cran important le niveau de performance à atteindre. Il n'est plus question aujourd'hui pour une organisation de lutte d'être seulement efficace dans son action. Elle doit aussi être capable de communiquer en temps réel sur ce qu'elle fait et sur ce qu'elle va faire, d'expliquer ses choix, voire de les justifier.

Le combat contre une marée noire n'est plus seulement un combat contre le polluant, mais aussi un combat sur le front de l'information.



Navette en aluminium utilisée pour évacuer les restes de la cargaison de fioul\* des épaves du *Prestige*

## Tendances

Tenter de prédire ce que sera la lutte contre les marées noires\* de demain expose, comme toute prédiction, à se voir démenti par les faits. Mais plusieurs tendances sont aujourd'hui sans équivoque. On en mentionnera ici six particulièrement importantes.

Il faut savoir à tout instant ce qu'il en est réellement d'un navire en difficulté, sans se limiter à l'information que son capitaine transmet. L'expérience a montré que les capitaines sont soucieux avant tout de sauver leur navire et minimisent souvent le risque de pollution dans leurs déclarations. Que ce soit par des balises\*, des avions, des hélicoptères ou des satellites, la demande de la société est que l'autorité publique responsable de la sécurité maritime et de la lutte antipollution soit en mesure de voir ce qui se passe, pour décider, si nécessaire, d'intervenir quand il en est encore temps.

Il faut être capable de frapper vite et fort en mer, sans épargner les moyens, quitte à les réduire ensuite. La lutte contre la pollution du *Prestige* a clairement montré que cette lutte en mer peut être beaucoup plus qu'un simple plastron symbolique, pour peu que les vents et les courants veuillent bien lui donner un peu de temps. Cette lutte en mer est une attente forte des opérateurs économiques du littoral et du public. Elle peut encore susciter des difficultés en matière d'indemnisation des dépenses engagées.

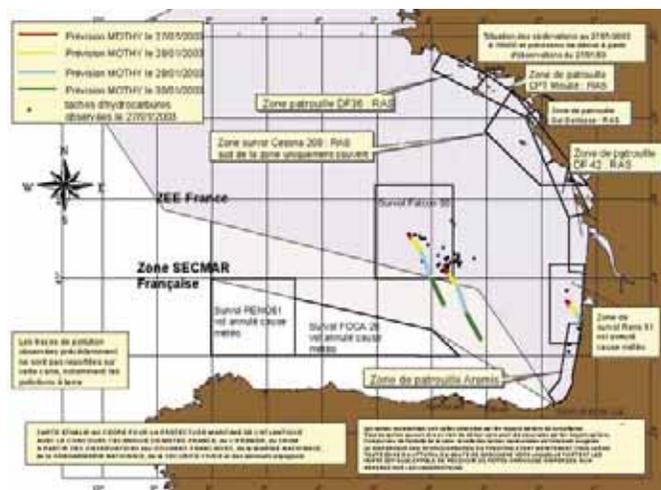
Il faut un suivi de la pollution et des prévisions de ses mouvements sans faille. Les responsables de la lutte à terre, les politiques et le public attendent de la technologie moderne qu'elle soit capable d'annoncer précisément où, quand et sous quelle forme les nappes dérivantes vont atteindre le littoral. Ceci, afin d'avoir le temps de protéger les sites qui peuvent

l'être et pour être en mesure d'engager les forces et les moyens de lutte disponibles vite et efficacement.

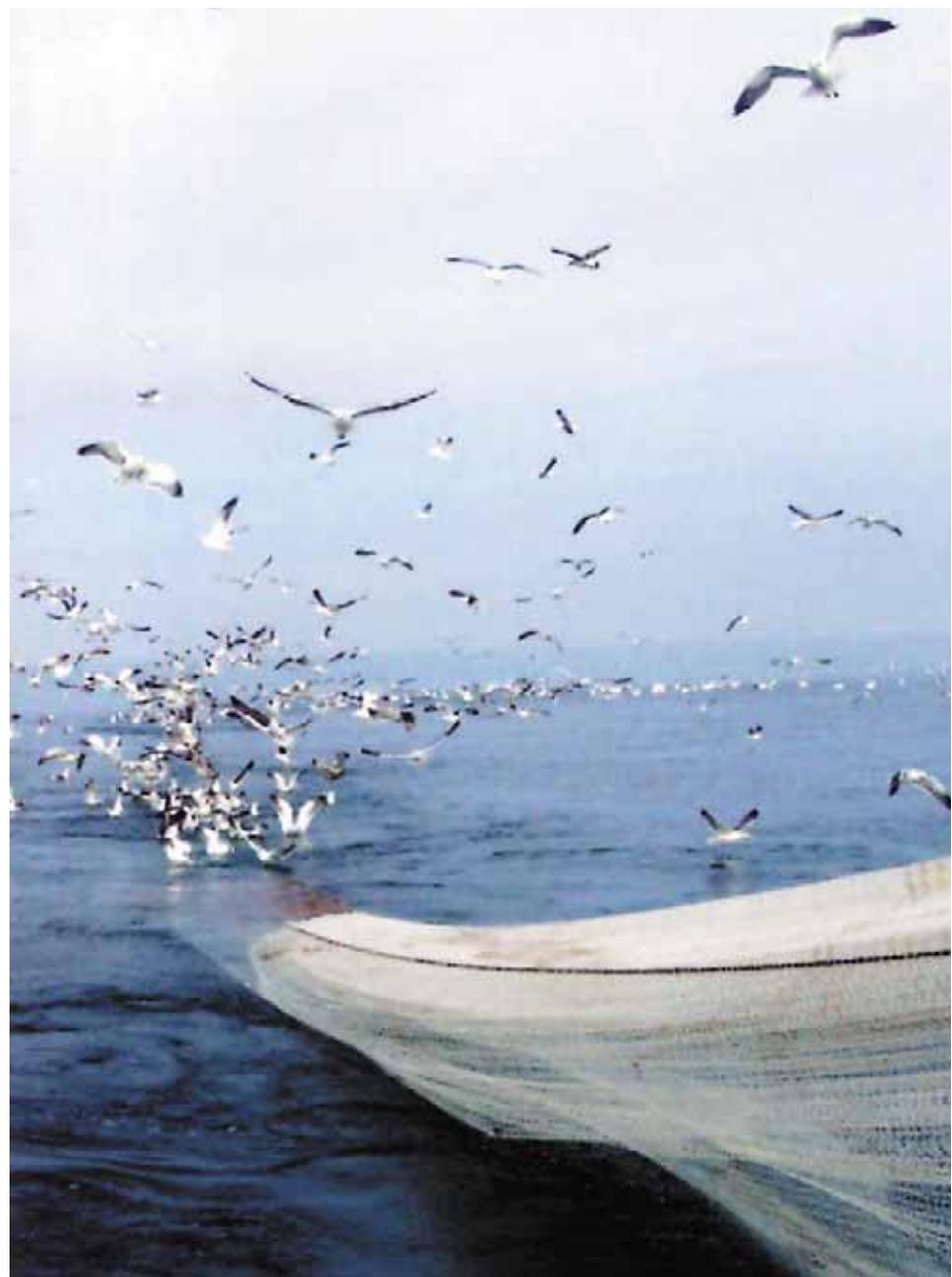
On n'hésitera pas à fermer temporairement l'accès des usagers aux plages ou l'exploitation de zones de pêche, à interdire la mise sur le marché de produits issus de cultures marines, voire à détruire des stocks de ces produits. En application du principe de précaution, nos sociétés attendent des autorités que toutes les mesures soient prises pour protéger l'utilisateur, le professionnel et le consommateur contre tout risque pour leur santé.

On ne se limitera pas à nettoyer le polluant répandu : on réparera ensuite, dans toute la mesure du possible, les dommages faits à l'environnement par la pollution et par les opérations de lutte. Ceci s'applique aux sites, à la flore et à la faune et entre dans le domaine de l'indemnisable, pourvu que les travaux réalisés restent raisonnables en regard des dommages subis. La question de l'indemnisation des dommages environnementaux au-delà des dépenses de restauration reste par contre un sujet de débat.

On traitera les épaves pour éviter que le polluant piégé à l'intérieur ne constitue un risque pour le futur. Même si ces épaves sont loin des côtes et le risque à échéance de plusieurs décennies. Cette exigence, logique vis-à-vis des générations futures, sera elle aussi une source de conflits majeurs sur ses coûts avec les pollueurs vers lesquels on se retournera ensuite pour être indemnisé des dépenses engagées. On traitera par ailleurs intégralement les déchets ramassés, sans laisser de dépôts oubliés. ■



Carte de prévision de dérive du fioul\* du *Prestige*, 27 janvier 2003, Golfe de Gascogne





Lexique .....	p.112
Bibliographie .....	p.116
Crédit photos .....	p.118

Les mots marqués par \* dans le texte, sont définis ici. Il s'agit soit de mots spécifiques au vocabulaire de l'industrie pétrolière ou de l'antipollution, soit de mots utilisés dans un sens particulier, différent de leur sens général.

(A) : anglicisme

## A

**Abordage** : heurt entre deux navires.

**Absorbant** : tout produit destiné à adsorber des liquides déversés dans l'environnement ceci afin de faciliter leur récupération.

**Adsorption** : phénomène physicochimique par lequel une espèce chimique peut s'accumuler à la surface d'un solide (à son interface avec l'air, l'eau) et tout autre fluide gazeux ou liquide.

**Affréteur** : celui qui prend un navire en location.

**Allègement** : opération consistant à vider une partie de la cargaison d'un navire dans un autre navire.

**Altération** : goût et odeur de pétrole que peuvent prendre certains animaux marins exploités par l'homme lors d'une pollution par des hydrocarbures.

**Anti-adhérent** : produit destiné à empêcher, sur les zones où il est appliqué, l'adhérence ultérieure du polluant.

**Appontement** : plate-forme avec tablier et pont sur pilotis le long de laquelle un navire vient s'amarer.

**Armateur** : personne qui se livre à l'exploitation commerciale d'un navire, qu'il en soit propriétaire ou locataire.

**Armement** : action d'armer un navire, de le pourvoir de tous les moyens nécessaires à la navigation.

**Aromatique** : composé qui contient un ou plusieurs noyaux benzéniques qui lui confèrent une odeur, un « arôme » (exemple : les hydrocarbures).

**Asphalte** : substance de couleur noire, constituée par un ensemble d'hydrocarbures de haut poids moléculaire (bitume, goudron).

**Assurance P&I** : assurance couvrant la responsabilité du propriétaire du navire.

**Avarie** : dommage subi par le navire ou la cargaison.

## B

**Bac à slop** : citerne de décantation et de récupération des résidus à bord des pétroliers.

**Balise** : émetteur radioélectrique positionné par satellite, qui permet le repérage d'une nappe de pétrole.

**Ballast** : compartiment d'un navire que l'on remplit plus ou moins d'eau de mer, afin de l'équilibrer.

**Baril** : petit tonneau servant d'unité de mesure du pétrole brut et de ses dérivés (environ 159 litres soit 136,4 kilogrammes).

**Big bag** : (A) conteneur souple de grande capacité muni de sangles.

**Bioaccumulation** : capacité des organismes à accumuler des substances chimiques à travers la chaîne alimentaire jusqu'à des concentrations bien supérieures à celles normalement présentes dans le milieu.

**Biodégradation** : décomposition de certaines substances (en particulier des hydrocarbures) par des organismes vivants.

**Biorestauration** : consiste à favoriser/augmenter les processus naturels de dégradation par les micro-organismes. Synonyme de bioremédiation.

**Bitume** : mélange naturel ou artificiel d'hydrocarbures qui se présente à l'état solide ou liquide (pâteux), de couleur noire, opaque. Cette substance est traitée et

utilisée comme revêtement imperméable des chaussées et des trottoirs.

**Boulette** : petite boule de pétrole vieilli.

**Byssus** : faisceau de filaments sécrétés par certains coquillages (la moule par exemple) pour se fixer de façon définitive ou temporaire.

## C

**Cale sèche** : bassin que l'on peut fermer à l'aide d'une porte et assécher une fois le navire à l'intérieur pour pouvoir effectuer des travaux de peinture ou d'entretien sur sa coque.

**Carénage** : nettoyage et réparation de la carène (partie immergée) d'un navire.

**Citerne** : compartiment du navire destiné à recevoir de la cargaison ou du ballast.

**Claire** : bassin en terre dédié aux cultures de coquillages en marais (entreposage et affinage d'huîtres et de moules).

**Colonne d'eau** : volume d'eau dans un tube vertical réel ou imaginaire.

**Conchyliculteur** : éleveur de coquillages (notamment huîtres et moules).

**Confinement** : blocage de la migration des substances polluées, liquides ou solides hors d'un site par un barrage.

**Couloir de circulation** : passage, itinéraire que doivent emprunter les navires à proximité de certaines côtes.

**Coupe pétrolière** : mélange d'hydrocarbures défini par l'intervalle des températures d'ébullition ou par le nombre d'atomes de carbone de ses composants (exemple : essence lourde 100-180°C, C7-C10).

**Cribleuse** : engin qui permet de prélever une épaisseur de sable de 5 à 20 cm à travers un tapis grillagé métallique vibrant (jouant le rôle de tamis), pour récolter les déchets solides (boulettes de pétrole).

## D

**Déballastage** : opération qui consiste à vider de son contenu un réservoir à ballast.

**Décantation** : séparation des matières en suspension, en les laissant se déposer au fond d'un récipient.

**Dégazage** : ventilation des citernes pour éliminer les vapeurs d'hydrocarbures et permettre l'accès en vue de visite ou de travaux.

**Dégrillage** : phase initiale de l'épuration d'une eau polluée consistant à éliminer les déchets solides et les particules de fort diamètre.

**Désémulsifiant** : produit liquide pour briser les émulsions pâteuses d'eau dans le pétrole que l'on récupère sur le littoral ou en mer.

**Dispersant** : produit liquide utilisé pour mettre le pétrole en suspension dans la masse d'eau et aider à sa dissémination, afin d'en accélérer la dégradation par le milieu naturel : en mer ou en eau douce.

**Dissolution** : mise en solution d'un solide (ou gaz) dans un liquide (ex : le sucre se dissout dans l'eau).

**Double coque** : compartiment étanche entourant la carène ou une partie du navire pour le protéger en cas de voie d'eau dans la coque.

## E

**Échouage** : action volontaire d'échouer un navire pour des travaux, dans une cale sèche par exemple.

**Échouement** : action accidentelle d'échouer un navire, qui nécessitera son renflouement.

**Écotoxicologie** : science qui étudie les conséquences écologiques de la pollution, de la contamination chimique ou radioactive.

**Écrémage** : récupération des hydrocarbures à la surface de l'eau.

**Effluent** : eaux usées ou déchets liquides rejetés dans l'eau lors d'opération de nettoyage dans la lutte contre une pollution.

**Émulsion** : mélange de deux substances non miscibles (qui ne se mélangent normalement pas), comme l'eau et l'huile.

**Émulsification** : dispersion, à l'état de particules très fines, d'un liquide dans un autre liquide et aboutissant à un liquide extrêmement hétérogène.

**Engraissement** : selon le cycle sédimentaire du littoral, à l'approche de l'été le sable migre vers le haut de la plage, on parle alors de l'engraissement de la plage. Au début de l'hiver, il redescend vers l'avant de la plage, c'est la phase d'amaigrissement (dégraissement).

**Épithélium** : tissu composé de cellules juxtaposées disposées en une ou plusieurs couches tapissant la face interne des organes.

**Estran** : portion du littoral comprise entre les plus hautes et les plus basses mers (= zone intertidale).

**État de référence** : état initial d'un milieu, avant pollution.

**Eutrophisation** : enrichissement de l'eau, qu'elle soit douce ou saline, par des nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accéléreront la croissance des algues et des formes plus développées de la vie végétale.

**Évaporation** : passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux.

## F

**Filmogène** : produit susceptible de former une pellicule (un « film »), utilisé pour réduire l'adhérence du pétrole sur des surfaces dures de types rochers, enrochements, murs de béton pour faciliter le nettoyage. Il est appliqué avant l'arrivée du polluant.

**Fioul (ou fuel ou mazout)** : résidu de la distillation du pétrole, formé d'un mélange de carbures solides et liquides, se présentant sous la forme d'un liquide épais, visqueux, brun, utilisé comme combustible.

**FIPOL** : Fonds internationaux d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.

**Flooding** : (A) saturation de la plage en eau.

**Flushing** : (A) technique de nettoyage permettant de remobiliser de la pollution fraîche à l'aide de jets basse pression afin de la canaliser vers un point de collecte.

## G

**Génotoxique** : agent qui augmente l'apparition de mutations.

**Goudron** : dérivé houiller de couleur noire. Sous-produit de la distillation de la houille lors de la fabrication du coke, le goudron est très visqueux, voire solide. Dans le langage courant, on le confond souvent avec le bitume d'origine pétrolière.

## H

**HAP** : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique = hydrocarbure constitué par la fusion d'un nombre variable de cycles benzéniques (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) ; l'HAP le plus simple est le naphthalène (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>).

**Hydrocarbure** : composé contenant seulement du carbone et de l'hydrogène, principal constituant du pétrole.

**Hydrocarbure biogénique** : huiles et essences aromatiques présentes dans de multiples espèces végétales ou animales.

## I

**Intertidale (zone)** : partie du littoral comprise entre les limites extrêmes atteintes par les marées (= estran).

**Irisation** : production des couleurs de l'arc-en-ciel par décomposition de la lumière correspondant à des films minces d'hydrocarbures de couleur argentée, plus ou moins colorés de quelques microns d'épaisseur.

## J

**Jauge brute** : correspond au volume de l'ensemble des compartiments situés sous le pont d'un navire. Elle s'exprime en tonneaux (ancien système) ou en unités (nouvelle convention).

## K

**Kérosène** : carburant obtenu par distillation de pétrole brut et utilisé pour l'alimentation des réacteurs d'avions.

## L

**Landfarming** : (A) technique de dégradation qui consiste à mettre en place un système pouvant accueillir des terres avec du polluant et créer une activité bactérienne.

**Laisse de haute mer** : correspond au plus haut point atteint par la marée haute sur l'estran.

## M

**Macro-déchet** : déchets de toutes natures de formes variées et d'origine humaine aussi bien que naturelle, flottant en mer ou déposés sur le littoral.

**Marée noire** : déversement brutal et localisé de pétrole, dépassant très largement ce que le milieu est capable d'assimiler sans dommages.

**Mazout** : voir « fioul ».

**Mésocosme** : dispositif expérimental clos destiné à étudier les effets des polluants sur un milieu.

**Mousse au chocolat** : expression utilisée pour décrire un pétrole émulsionné (Émulsification).

## N

**Navire poubelle** : navire dans un état de délabrement sous tous les aspects.

**Nettoyage grossier** : il s'agit de la première phase de nettoyage. L'enjeu est de retirer en priorité et le plus rapidement possible les grosses accumulations de polluant et de matériaux divers fortement souillés afin de limiter l'extension de la pollution et de limiter l'impact écologique.

**Nettoyage fin** : c'est la deuxième phase de nettoyage. Il s'agit de rendre aux sites leurs usages antérieurs et de permettre au milieu affecté de retrouver à terme un fonctionnement écologique normal.

## O

**Oléoduc** : conduite, tuyau pour le transport du pétrole.

**Oléophile** : qui présente une affinité pour les corps gras, qui les absorbe sélectivement.

**Offshore** : (A) installation de forage pétrolier au-delà des côtes terrestres, sur plate-forme.

**Oxydation** : réaction chimique dans laquelle un composé se combine avec un ou plusieurs atomes d'oxygène. Dans cette réaction un corps perd un ou plusieurs électrons.

## P

**Pavillon** : nationalité du navire.

**Pavillon de complaisance** : registre d'immatriculation tenu par un pays qui accorde son pavillon sans assumer ses responsabilités en matière de contrôles de sécurité.

**Percolation** : circulation de l'eau à travers le sable, grâce à la gravité.

**Pétrochimie** : chimie industrielle des dérivés du pétrole.

**Pétrole brut** : huile minérale naturelle non raffinée, accumulée en gisements et utilisée comme source d'énergie.

**Pétrolier** : navire conçu pour transporter des hydrocarbures liquides (pétrole brut ou produits raffinés) en vrac dans ses citernes.

**Pipeline** : (A) tuyau, d'assez grand diamètre, pour le transport à grande distance de certains fluides, spécialement des carburants liquides tels que les hydrocarbures (oléoduc), du gaz naturel (gazoduc), etc.

**Photo-oxydation** : phénomène d'oxydation d'un polluant facilité voire provoqué par la lumière solaire.

**Plateforme de forage** : surface plane, horizontale, plus ou moins surélevée, servant à exploiter les gisements pétrolifères sous-marins.

**Platier** : portion rocheuse du littoral entre les plus hautes et les plus basses mers.

**Polludrome** : canal d'essai spécifique au *Cedre*. Cet outil sert à simuler le vieillissement du pétrole en mer.

**Pollution chronique** : pollution permanente liée aux activités humaines.

**Pollution accidentelle** : pollution qui résulte d'un fait soudain, indépendant de la volonté de l'homme.

**Port en lourd** : poids de marchandises maximum autorisé,

exprimé en tonnes, qu'un bateau peut transporter d'après les documents de bord.

**Port refuge** : voir « zone refuge ».

**Pouzzolane** : terre volcanique de couleur marron à grise.

**Ppm** : partie par million, correspond à une concentration (mg/l, g/t) d'un millionième ( $1/1\ 000\ 000^e$ ,  $10^{-6}$ ).

**Produit de lavage** : produits qui permettent de décrocher plus facilement le pétrole des rochers.

**Produit raffiné** : produits pétroliers obtenus à partir du pétrole brut par raffinage dans les proportions et avec les qualités souhaitées : propane, butane, essences automobiles, kérosène, gazoles, bitumes, fiouls.

**Puits offshore** : lieu d'activité d'extraction pétrolière situé en mer.

## R

**Raffinage** : opération ou ensemble d'opérations par lesquelles on sépare un mélange (homogène ou hétérogène) de substances, de manière à obtenir un ou plusieurs corps purs ou un ou plusieurs mélanges avec des propriétés bien déterminées.

**Rail de circulation** : voir « couloir de circulation ».

**Rejet opérationnel** : rejet en mer des eaux souillées contenant une quantité d'hydrocarbures. Rejet lié à l'activité normale d'un navire.

## S

**Séparateur** : appareil destiné à séparer les composants d'un mélange, ici les séparateurs eau/huile séparent les hydrocarbures de l'eau.

**Sédimentation** : technique de séparation par gravité des particules de densité plus faible que celle de l'eau.

**Société de classification** : société de droit privé impliquée dans l'élaboration de normes de sécurité (coque et machines du navire) et dans l'inspection des navires pour vérifier le respect de ces normes.

**Soutes** : compartiments utilisés pour stocker le combustible qui alimente la machine.

**Stabilisation à la chaux** : ajout de chaux vive aux matériaux pollués par le pétrole afin d'obtenir des composés chimiquement plus stables.

**Station de déballastage** : ensemble d'installations permettant l'accostage des pétroliers, la réception de leurs eaux de lavage de leurs citernes et le traitement par décantation de ces eaux.

**Substrat** : nature des sédiments superficiels.

**Superpétrolier** : navire pétrolier de grande dimension transportant plusieurs centaines de milliers de tonnes de pétrole ; s'applique en général aux navires ne pouvant pas passer par le canal de Suez ou celui de Panama.

**Surfactant biologique** : voir « tensioactif ».

**Surfwashing** : (A) technique de nettoyage des plages consistant à descendre vers la zone de déferlement des sédiments pollués pour les déposer en vue de les soumettre à l'énergie des vagues.

## T

**Tanker** : (A) voir « pétrolier ».

**Téledétection** : science et technique de la détection à distance (satellite, aéronef).

**Tensioactif** : produit entrant dans la composition des dispersants.

**Terminal** : installation portuaire destinée à recevoir des pétroliers pour chargement ou déchargement.

**Torchère** : tuyauterie élevée qui permet de dégager et de brûler les gaz excédentaires d'hydrocarbures.

**TPL (tonnes de port en lourd)** : capacité de transport d'un navire (cargaison et soute). Voir « port en lourd ».

## V

**Vetting** : (A) politique d'un affréteur visant à évaluer que le risque présenté par l'utilisation d'un pétrolier est acceptable pour lui.

**Viscosité** : résistance d'un liquide à l'écoulement uniforme et sans turbulence.

**Volatil** : qui passe spontanément ou facilement à l'état de vapeur.

**Vrac** : cargaison qui n'est pas en colis ou en palettes et ne nécessite pas d'arrimage.

## Z

**ZEE** : Zone Économique Exclusive, espace maritime intermédiaire entre la mer territoriale et la haute mer, où l'État riverain dispose de droits souverains en matière d'exploration et d'exploitation des ressources de la mer et de son sous-sol.

**Zone refuge** : lieu, le plus souvent un port, où amener un navire en difficulté, en vue de stabiliser sa situation, pour minimiser l'atteinte à l'environnement.

### Publications du Cedre

Bulletins d'information du Cedre. N°1 (1<sup>er</sup> semestre 1993) au n°19 (mai 2004)

CEDRE. *La gestion des déchets : des marées noires aux rejets opérationnels / Les journées d'information du Cedre, 21 octobre 2004, Paris (France)*. Brest : Cedre, 2004. Non p.

CEDRE. *Gestion des matériaux pollués et polluants issus d'une marée noire - Guide opérationnel*. Brest : Cedre, 2004. 64 p.

CEDRE. *L'observation aérienne des pollutions pétrolières en mer - Guide opérationnel*. Brest : Cedre, 2004. 60 p.

KERAMBRUN L. *Guide de nettoyage du littoral suite à un déversement de pétrole*. Brest : Cedre, 2004. 118 p.

CEDRE. *Reconnaissance de sites pollués par les hydrocarbures - Guide opérationnel sur l'évaluation de la pollution du littoral*. Brest : Cedre, 2006. 41 p.

### Ouvrages jeunesse

CEDRE, ELF. *Mieux comprendre l'environnement : les marées noires*. Paris : Elf Aquitaine, 1998. 55 p.

EPALZA M. *Les poissons alertent les humains. Altxa Muttillak : le magazine des jeunes pêcheurs basques*, 2001, n°7 (2<sup>nd</sup>e édition de 2002). 71 p.

ILDHOI. *Les marées noires. Information sur la lutte contre les déversements d'hydrocarbure en mer. Livret pédagogique*. Vacoas : Information sur la Lutte contre les Déversements (ILDHOI), 2004. 43 p.

LA LIGUE DE L'ENSEIGNEMENT. *Un monde de brut : document pédagogique sur l'économie du pétrole et le développement durable*. Paris : La ligue de l'enseignement, 2004. Non p.

TRACQUI V., HEINRICH C. (ill.), ROBIN P. (ill.). *Copain des mers*. Toulouse : Éditions Milan, 2005. 237 p.

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).

### Ouvrages

BASTIEN VENTURA C., GIRIN M., RAOUL-DUVAL J. *Marées Noires et environnement*. Paris : Institut Océanographique, 2005. 407 p. (Propos).

BERTRAND A. *Transport maritime et pollution accidentelle par le pétrole : faits et chiffres (1951-1999)*. Paris : Éditions Technip, 2000. 146 p.

BOY DE LA TOUR X., LE LEUCH H., VALAIS M. *Le pétrole*. Paris : Hachette, 1991. 62 p.

CLARK R.B. *Marine Pollution*. Fifth edition, reprinted in 2002. Oxford : Oxford University Press, 2001. 236 p.

ECOLOGICAL STEERING GROUP ON THE OIL SPILL IN SHETLAND (THE). *The environmental impact of the wreck of the Braer*. Edimbourg : The Scottish Office, 1994. 207 p.

LACAZE J.C. *La pollution pétrolière en milieu marin*. Paris : Masson, 1980. 118 p.

LAURENT E.-N., CASTELLANET F. *2003 : 20 Prestige souilleront la Méditerranée cette année ! Rapport sur la pollution marine par hydrocarbures et les dégazages sauvages en Méditerranée*. Paris : WWF France, 2003. 21 p.

OMI. *MARPOL 73/78 : édition récapitulative de 2002. Articles, protocoles, annexes et interprétations uniformes de la convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires, telle que modifiée par le protocole de 1978 y relatif*. Londres : International Maritime Organisation, 2002. 547 p.

*Oil In The Sea III : Inputs, Fates and Effects*. Washington DC : National Research Council of the National Academies, 2003. 265 p.

COMITÉ PROFESSIONNEL DU PÉTROLE. *Pétrole 2003 : éléments statistiques*. Rueil-Malmaison : Comité Professionnel Du Pétrole, 2004. Pagination multiple.

COMITÉ PROFESSIONNEL DU PÉTROLE. *Pétrole 2004 : éléments statistiques*. Rueil-Malmaison : Comité Professionnel Du Pétrole, 2005. 107 p.

O'SULLIVAN A.-J., JACQUES T.-G. *Système de Référence d'Impact. Effets des hydrocarbures sur l'environnement marin : impact sur la faune et la flore*. Bruxelles : Commission européenne, 2003. 80 p.

RAMADE F. *Dictionnaire encyclopédique des pollutions : de l'environnement à l'homme*. Paris : Édisciences (Dunod), 2000. 704 p.

SECRÉTARIAT DE LA CNUCED. *Étude sur les transports maritimes 2003*. Genève : Nations unies, 2003. 171 p.

SECRÉTARIAT DE LA CNUCED. *Étude sur les transports maritimes 2004*. Genève : Nations unies, 2004. 141 p.

TOUTAIN. *Prévenir les catastrophes écologiques ? Les marées noires*. Toulouse : Éditions Milan, 2004. 63 p.

WELLS P.G., BUTLER J.N., HUGHES J.S. *Exxon Valdez oil spill : fate and effects in Alaskan waters*. Philadelphie : ASTM, 1995. 955 p.

Les expressions marquées par \* dans le texte, correspondent à des données bibliographiques décrites ici.

## — C crédit photos

### Couverture

© BSAM/Douanes françaises ;

### Chapitre 1

p. 7 : © document Total/Euronav ; p. 11 gauche : © Cedre, droite : © document Total/ Dufour Marco ; p. 13 gauche et droite : © Cedre, milieu : © documents Total/Atofina ; p. 14 : © Cedre : pipeline SEP-Congo, région de Matadi, République Démocratique du Congo, février 2005 ;

### Chapitre 2

p. 15 : © Cedre ; p. 17 : © Cedre ; p. 18 : © Cedre ; p. 20 haut : © reproduced courtesy of the National Oceanic and Atmospheric Administration/ Department of Commerce (NOAA), milieu et bas : © Cedre ; p. 22 milieu : © G. Massart/CNEXO, droite : © Cedre ; p.23 gauche © Cedre, milieu : © Marine nationale ; p. 24 : © Cedre ; p. 25 : © Ifremer/ Campagne Nautinil 2003 ; p. 26 : © Cedre : crique polluée par un arrivage de pétrole, marée noire du *Prestige*, Galice, Espagne, décembre 2002 ;

### Chapitre 3

p. 27 : © Cedre ; p. 29 gauche : © document Total/ Schaff Philippe, milieu : © document Total/ROUSSEL MARC ; p. 31 : © Cedre ; p. 33 : © Cedre ; p. 34 : © Marine nationale ; p. 38 : © BSAM/Douanes françaises ; p. 39 : © Cedre ; p. 40 : © E.C.P.A.D./ France/Patrick Babef ; p. 42 : © Cedre ; p. 43 gauche : © OMI, milieu : © Cedre ; p. 44 : © document Total/ Borowski John : plateforme pétrolière de Elgin/ Franklin située au large de l'Écosse, Royaume-Uni ;

### Chapitre 4

p. 45 : © G. Massart/CNEXO ; p. 46 : © Cedre ; p. 48 : © Cedre ; p. 49 : © Philippe Delaporte/LPO ; p. 50 gauche : thèse de doctorat UBO spécialité physiologie, C. Goanvec, décembre 2004, droite : © Cedre ; p. 51 : © Cedre ; p. 52 : © Cedre ; p. 53 milieu : © Cedre, droite : © France Télécom R&D ; p. 55 gauche : © Océanopolis/Natalie Padey, droite : © Océanopolis/Thierry Joyeux ; p. 56 : © Cedre ; p. 57 : © Cedre ; p. 59 : © Cedre ; p. 60 gauche : © Cedre, droite : © FIPOL ; p. 61 gauche et milieu : © Cedre, droite : © DR ; p.62 : © Cedre : plate-forme végétalisée polluée et guillemot mazouté suite au naufrage de l'*Erika*, Pointe du fort, Le Croisic, Loire-Atlantique, France, février 2000 ;

### Chapitre 5

p.63 : © Cedre ; p. 66 : © Cedre ; p. 67 : © SGMer ; p. 69 : © Cedre ; p. 70 : © ESA - ESRIN ; p. 72 : © Cedre ; p. 73 : © Cedre ; p. 72 : © Cedre ; p. 75 haut : © Cedre, bas : © BSAM/Douanes françaises ; p. 76 : © Cedre ; p. 77 : © Cedre ; p. 78 : © Cedre ; p. 80 : © Cedre ; p. 81 : © Cedre ; p. 82 : © Cedre ; p. 84 milieu : © Cedre, droite : © FSL ; p. 86 : © Cedre ; p. 88 : © Cedre ; p. 89 : © Cedre ; p. 90 : © Cedre ; p. 91 : © Cedre ; p. 92 : © Cedre : déploiement d'un barrage flottant depuis le pont du BSAD Argonaute, Baie de Douarnenez, Finistère, France, 2004 ;

### Chapitre 6

p. 93 : © Cedre ; p. 94 : © Cedre ; p. 95 gauche : © Cedre, droite : © Institut Océanographique ; p. 97 : © Cedre ; p. 98 : © Ifremer ; p. 100 : © Cedre ; p. 102 : © DR ; p. 104 : © FIPOL ; p. 107 : © Marine nationale ; p. 108 : © Cedre ; p. 109 gauche : © Ministère espagnol des transports, milieu : © Cedre ; p. 110 : © Cedre : activités de pêche au large du Cap Ferret, Gironde, France, 2003.

La charte graphique et les illustrations ont été réalisées par Hippocampe Brest [www.hippocampe.com](http://www.hippocampe.com).