

Septembre 1996

Environnement Canada
Section des urgences environnementales
45, promenade Alderney
Dartmouth, Nouvelle-Écosse
Canada
B2Y 2N6

Numéro de catalogue Fr XXXXXXXXXXXX
ISBN XXXXXXXXXXXX

Ce document a été imprimé sur du papier contenant des fibres recyclées.

Bulletin d'information

Comportement et effets du pétrole déversé en milieu marin

Aperçu du comportement du pétrole déversé en mer et des incidences principales sur la flore et la faune marines et l'environnement côtier

INTRODUCTION

Le pétrole qui se trouve dans le milieu marin provient de nombreuses sources qui comprennent les rejets des navires, de l'industrie et des activités côtières liées au pétrole et au gaz, les eaux de ruissellement urbain, les accidents des pétroliers, les retombées atmosphériques et les suintements naturels. Même si plusieurs millions de tonnes de pétrole ont été déversées dans les océans du globe au cours des ans, les signes d'accumulation de résidus pétroliers dans la mer sont heureusement peu nombreux. Il y a plusieurs raisons à cela dont une, et non des moindres, réside dans la capacité de l'environnement marin à disperser et à assimiler le pétrole.

Le pétrole déversé en mer est soumis à l'action de nombreuses forces physiques, biologiques et chimiques et subit ainsi plusieurs transformations. Cette évolution et les effets du pétrole sur l'environnement marin dépendent en grande partie du type de pétrole et de ses caractéristiques, de la quantité déversée, des conditions climatiques et maritimes du moment et du mouvement du pétrole vers le rivage. Le pétrole déversé remontera finalement à la surface en haute mer, pénétrera la colonne d'eau et les environnements benthiques ou atteindra les rivages, provoquant souvent des effets sensiblement différents sur chacun de ces milieux.

Afin de mieux cerner ce qui advient du pétrole déversé, il est nécessaire dans un premier temps de connaître les propriétés qui déterminent le plus son évolution.

PROPRIÉTÉS DU PÉTROLE

Type

Un des principaux facteurs dont il faut tenir compte lorsqu'on étudie le comportement du pétrole déversé en mer est le type de pétrole, c'est-à-dire s'il s'agit de pétrole non persistant (tendance à se disperser rapidement) ou persistant (dispersion beaucoup plus lente). L'essence, le naphthe et le kérosène appartiennent à la première catégorie alors que les huiles brutes font généralement partie de la seconde.

Densité

On mesure la densité du pétrole par rapport à celle de l'eau qui est de 1,0. La plupart des pétroles ont une densité inférieure à celle de l'eau, ce qui signifie qu'ils sont plus légers et qu'ils flotteront.

La densité n'indique pas seulement si un type de pétrole flottera, mais constitue également une indication quant à sa composition. Ainsi, des pétroles de densité faible sont généralement riches en composants volatils.

Caractéristiques de distillation

Les caractéristiques de distillation du pétrole sont fonction du point d'ébullition de ses différents composants. Au fur et à mesure que la température augmente, les différents composants atteignent leur point d'ébullition et se distillent. Les composants qui se distillent rapidement à des températures basses sont appelés plus volatils. On exprime généralement les caractéristiques de distillation en pourcentages du pétrole d'origine qui se distillent selon les variations de température.

Viscosité

La viscosité est un indice de la résistance à l'écoulement. Il s'ensuit que des pétroles à haute viscosité, comme le mazout de type Bunker C, coulent difficilement, à l'inverse des pétroles dont la viscosité est faible, comme l'essence.

Point d'écoulement

Le point d'écoulement est la température en deçà de laquelle le pétrole perd sa fluidité.

LE COMPORTEMENT DU PÉTROLE EN HAUTE MER

Les rejets de pétrole dans l'environnement marin sont des événements dynamiques. Même si le pétrole n'affecte que la surface de l'eau au départ, un certain nombre de processus peuvent intervenir et avoir une incidence plus vaste. On regroupe sous le terme «dégradation» les transformations physiques et chimiques que subit le pétrole dans l'environnement marin telles que l'évaporation, la dissolution et l'émulsion.

Chaque déversement de pétrole constitue, de par sa nature même, un cas unique. Cependant, deux types principaux de rejets de pétrole peuvent avoir lieu dans l'environnement marin : un déversement ininterrompu provenant de l'explosion d'un puits de pétrole ou d'une source terrestre et un déversement discontinu suivant un accident de pétrolier ou résultant d'un accident terrestre. Dans le premier cas, l'accident provoque un écoulement plutôt modeste mais ininterrompu alors que dans le second, une grande quantité de pétrole peut atteindre l'eau en relativement peu de temps.

Le comportement du pétrole déversé à la surface de l'eau en haute mer est fonction des facteurs suivants : l'étalement, le mouvement et la persistance du pétrole. D'autres processus qui agissent sur les caractéristiques physiques et chimiques peuvent également intervenir et modifier les impacts potentiels du pétrole déversé.

Étalement du pétrole

L'étalement à la surface est un aspect important de tout déversement de pétrole en mer. Le facteur principal qui détermine l'étalement initial du pétrole est son poids. Du fait qu'elle exerce une pression vers le bas, le poids a tendance à étaler latéralement l'épaisseur de la nappe. Au fur et à mesure que cette dernière s'élargit, il se forme des plaques épaisses contenant environ 90 p. cent du pétrole sur environ 10 p. cent de la superficie visible de la nappe. Ces plaques épaisses sont elles-mêmes entourées de taches plus minces qui ne contiennent qu'environ 10 p. cent de la quantité déversée au départ mais sont étalées sur plus de 90 p. cent de la superficie de la nappe.

Les premiers comptes rendus du déversement du Torrey Canyon, un pétrolier échoué au sud-ouest des côtes de l'Angleterre, ont fait état de ce phénomène d'étalement. Les premiers jours suivant le déversement, des prises de vue aériennes révélaient une nappe de pétrole de 40 milles de long et de 10 milles de large en moyenne. La totalité de la nappe était probablement constituée des taches décrites précédemment et parsemée de plaques épaisses.

Au début d'un déversement, le pétrole s'étale comme une masse plus ou moins uniforme. Toutefois, après quelques heures, la nappe se disloque en rubans étroits orientés dans le sens des vents dominants.

Déplacement du pétrole

Outre sa tendance naturelle à l'étalement, le pétrole peut être déplacé de son lieu de déversement par les courants marins, l'action des marées et les courants de surface provoqués par l'action des vents. Ces processus interviennent au bout de quelques heures et réduisent sérieusement la possibilité d'un

nettoyage efficace en mer. Ainsi, le pétrole peut se disperser sur une superficie pouvant atteindre cinq kilomètres carrés et ce, après douze heures seulement.

Persistence du pétrole

Trois processus fondamentaux agissent sur la persistence du pétrole déversé à la surface de l'eau : l'évaporation, la dispersion et l'émulsion. Il peut aussi y avoir oxydation mais cette réaction a une portée presque nulle.

Évaporation : C'est un des processus qui affectent le plus le comportement, et donc les effets, du pétrole déversé. Le taux d'évaporation d'une nappe dépend d'un certain nombre de facteurs dont la température du pétrole et de l'air, la superficie de la nappe en contact avec l'air (jusqu'à quel point la nappe s'est étalée), l'épaisseur du pétrole et, surtout, la présence et les concentrations des composants volatils dans le pétrole. Plus la teneur en composants hautement volatils à faible point d'ébullition est élevée, plus il y a évaporation. Des déversements d'essence ou de kérosène peuvent s'évaporer en totalité en quelques heures et des déversements d'huiles brutes légères peuvent même connaître une réduction de jusqu'à 40 p. cent lors de la première journée suivant le déversement. Une mer agitée, des vents forts et des températures chaudes contribuent également à augmenter le taux d'évaporation.

Dégradation du pétrole brut

Soleil

25 %

Évaporation

Pétrole

Mer

Étalement

Dispersion : La dispersion naturelle des nappes de pétrole en mer est un processus que l'on comprend mal et que l'on ne peut prévoir avec précision. C'est toutefois un facteur important qui influe sur le contrôle de l'évolution à long terme du pétrole déversé en mer.

Les vagues et l'agitation de la mer attaquent la nappe de pétrole, occasionnant la formation de gouttelettes de différentes tailles. Les plus petites flottent ainsi en suspension dans la colonne d'eau alors que de plus grosses remontent à la surface derrière la nappe en mouvement, fusionnant avec d'autres gouttelettes pour former une nouvelle nappe ou s'étaler en une très fine pellicule.

L'ampleur de la dispersion naturelle dépend dans une large mesure de la nature du pétrole et de l'état de la mer lors du déversement. Elle augmente sensiblement sous l'action des lames.

Lors d'une simulation en laboratoire, et dans une solution comprenant une partie de pétrole pour 1 000 parties d'eau, 33 p. cent de l'huile de graissage usée s'était dispersée en 5 minutes ; 13 p. 100 de brut de Louisiane, 20 p. 100 de brut synthétique et 7 p. 100 de brut d'Hibernia s'étaient dispersés dans le même intervalle.

Dispersion naturelle

Mélange

Dispersion

Émulsion de pétrole dans l'eau

Émulsion : Ce processus survient lorsque le pétrole et l'eau sont brassés sous l'action des vagues. Il peut par contre être beaucoup plus nuisible que la simple dispersion. Lors de l'émulsion, l'eau de mer s'infiltre dans le pétrole sous forme de gouttelettes microscopiques, triplant ou quadruplant ainsi le volume du produit polluant. Ces émulsions d'eau et de pétrole sont extrêmement visqueuses et freinent considérablement d'autres processus, tels que la dispersion naturelle, qui pourraient contribuer à disperser le pétrole.

Ces émulsions, communément appelées «mousse au chocolat» ou tout simplement «mousse» sont également relativement stables et ne se désintègrent pas facilement.

Formation de mousse au chocolat

Mélange

Mousse

Émulsion d'eau (jusqu'à 80 %) et de pétrole

Oxydation : Il s'agit d'une réaction chimique faisant intervenir de l'oxygène. Le pétrole qui flotte sur l'eau subit les effets de l'oxygène dans l'atmosphère et ceux des rayons du soleil. Les molécules d'hydrocarbures présentes dans les nappes de pétrole peuvent entrer en réaction avec l'oxygène et se décomposer en substances solubles ou se combiner pour former un goudron persistant. Ces réactions s'intensifient sous la lumière du soleil et, bien qu'elles puissent continuer aussi longtemps que la nappe flotte à la surface de la mer, leur incidence sur la dispersion globale de la nappe est faible par rapport aux processus mentionnés précédemment et affectant la persistance du pétrole.

LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU PÉTROLE EN HAUTE MER

Les déversements de pétrole peuvent affecter plusieurs activités et organismes marins. Même si la nappe se trouve à la surface de l'eau, beaucoup de ressources sont exposées, notamment les oiseaux marins, les pinnipèdes (phoques, otaries, morses), les cétacés (baleines, dauphins, marsouins) et les activités de pêche commerciale.

Effets sur les oiseaux

Les oiseaux marins sont les créatures les plus vulnérables aux effets d'un déversement de pétrole et en sont les plus visiblement affectés. Ils sont souillés au contact direct des nappes de pétrole présentes

dans l'environnement côtier et les eaux proches du littoral ou du mazout échoué sur le rivage où ils font leurs nids et se nourrissent. L'impact le plus important du pétrole sur les oiseaux marins est la contamination de leur plumage. Le plumage externe offre en temps normal une protection imperméable efficace, recouvrant la peau et le plumage interne duvetueux qui isolent du froid. Il est constitué de plumes individuelles disposées en tuilage et solidement rattachées les unes aux autres par des rangées de minuscules crochets.

Une fois le plumage d'un oiseau mazouté, il s'emmêle et perd son imperméabilité tandis que le réseau des plumes et des crochets est englué. La flottabilité de l'oiseau s'en trouve amoindrie alors que le plumage perd ses propriétés isolantes. Même s'il arrive qu'une contamination au pétrole affecte le plumage d'un oiseau à un point tel qu'il coule et se noie, la mort survient plutôt par manque d'isolation, surtout dans des climats plus froids. La température constante du corps d'un oiseau est sensiblement plus élevée que celle de la mer où il passe une grande partie de son existence. En règle générale, grâce à l'efficacité du plumage imperméable et isolant, cet écart ne présente aucun problème. La contamination permet par contre à l'eau froide de traverser la barrière protectrice et la perte d'isolation précipite celle de la chaleur du corps. Dès que la température de l'oiseau tombe en dessous de 21 à 23 °C, il meurt habituellement d'hypothermie.

Au début, un oiseau légèrement mazouté peut compenser la diminution de sa température en accroissant son taux de production de chaleur métabolique ; il doit par contre se nourrir rapidement pour y arriver. Dans de nombreux cas, le surplus de poids que représente le plumage enduit et mouillé rend improbable ce type de compensation. Si le plumage n'est pas nettoyé de son pétrole et ses propriétés isolantes rétablies, un oiseau contaminé, même légèrement, meurt non seulement d'hypothermie mais également d'épuisement et d'inanition.

Les oiseaux les plus menacés (canards, huarts et grèbes, entre autres) sont ceux qui passent beaucoup de temps à flotter sur l'eau et plongent pour s'alimenter. Dans certains cas, ils peuvent même être attirés par une nappe de pétrole, car l'eau y semble calme et potentiellement riche en nourriture.

Un déversement constitue également une menace pour les oiseaux marins puisqu'ils peuvent avaler le pétrole, soit en lissant leur plumage mazouté, soit en ingurgitant une nourriture contaminée. Les effets peuvent être toxiques, allant même jusqu'à occasionner des dégâts physiologiques (au niveau des fonctions biologiques) ou histopathologiques (au niveau des tissus), la diminution de la capacité reproductrice et la mort. Le tableau suivant présente les effets biologiques potentiels du pétrole sur les oiseaux marins. Certains sont provoqués par la toxicité même du pétrole alors que d'autres proviennent du stress provoqué par le mazoutage.

Toxicité du pétrole . Syndrome de contrainte

tissus adipeux
manque de graisse sous-cutanée et viscérale
muscle, atrophie
intestin, entérite, nécrose
foie, dégénérescence graisseuse, nécrose
poumons, congestion, pneumonie
reins, congestion, néphrite
glandes surrénales, hypertrophie corticale

Lors d'un déversement de pétrole, moins de 5 p. cent des oiseaux contaminés peuvent généralement être capturés et seulement la moitié de ceux-ci peuvent être nettoyés et sauvés. Le nettoyage est une opération délicate qui exige beaucoup d'adresse et peut coûter jusqu'à 30 000 \$ par animal. Le traumatisme que constitue le nettoyage pour l'oiseau s'ajoute à sa nervosité déjà considérable. Des chercheurs oeuvrent présentement au développement d'instruments d'effarouchage pour éloigner les oiseaux marins des nappes de pétrole. Ces appareils, qui peuvent être lâchés sur une nappe à partir d'un hélicoptère, émettent une série de sons brefs et stridents dont l'effet dissuasif constant se fait sentir dans un rayon de 800 mètres. Équipés d'une radio-balise, ils sont repérables et repêchables sur-le-champ.

Effets sur les oeufs

En observant les goélands mazoutés, des scientifiques ont remarqué que les adultes étaient capables de se nettoyer en lissant leur plumage mais que les oeufs qu'ils couvaient n'éclosaient pas. Ceci indique que les oeufs sont extrêmement sensibles à de petites quantités de pétrole et qu'un niveau de contamination qui ne menace pas un adulte suffit à éliminer un embryon. Le pétrole bloque les pores de la coquille de l'oeuf qui permettent à l'embryon de respirer et ce dernier meurt asphyxié. L'incidence sur la reproduction peut donc être très élevée si la contamination des oiseaux marins adultes survient pendant la saison de nidification.

Effets sur les pinnipèdes

Les pinnipèdes sont des mammifères marins qui vivent longtemps dans l'eau et peuvent ainsi être exposés au pétrole en nageant et en fouillant pour se nourrir. On en trouve surtout trois familles dans les eaux canadiennes : les phocydés (chiens de mer ou veaux marins), les otaridés (loutres et otaries à fourrure) et les odobidés (morses).

Même si des pinnipèdes ont quelquefois été retrouvés morts après un déversement, rien n'indique pour l'instant que leur sort ait été directement lié au pétrole. Des études de laboratoire ont montré que des phoques exposés à une couche de brut épaisse d'un centimètre sont morts après 71 minutes. Toutefois, on a noté chez ces animaux une grande nervosité liée à leur état de captivité, ce qui a pu aggraver les effets d'une exposition au pétrole. Des circonstances naturellement difficiles aidant, telles que des conditions d'alimentation précaires, une glace épaisse ou la mue, peuvent contribuer à la mort d'un phoque exposé au pétrole.

Un déversement peut également empêcher une femelle de reconnaître ses petits qui, abandonnés, meurent d'inanition. D'autres effets du mazout sur les phoques ont été observés, notamment une irritation des yeux et des narines. De plus, en cas de viscosité du pétrole, une peau mazoutée nuit gravement à la mobilité et à la respiration.

On estime qu'environ 24 phoques du Groënland sont morts de suffocation une fois que leurs museaux aient été obstrués par du mazout de type Bunker C, suite au déversement du Arrow dans la baie de Chedabucto en Nouvelle-Écosse.

La mort ne survient normalement pas à la suite de ces contacts et le pétrole disparaît progressivement de la peau et des orifices alors que le phoque se déplace vers une zone non contaminée.

Une peau mazoutée peut également affecter les contrôles thermorégulateurs des pinnipèdes exposés, en particulier ceux dont l'isolation provient surtout de la fourrure. La fourrure des otaries est imperméable et comprend une couche d'air isolante. La contamination peut aboutir à un enchevêtrement agglutiné de la fourrure et à une perte d'imperméabilité et de flottabilité se traduisant par un refroidissement, une hypothermie, l'épuisement et la mort. D'un autre côté, l'isolation des morses et des veaux marins dépend de leur graisse et la peau n'y joue qu'un rôle relativement secondaire. Ainsi, ils sont sans doute moins vulnérables à ce type de contrainte thermodynamique.

Un déversement peut affecter indirectement les pinnipèdes en les forçant à changer d'habitat, en les rendant plus vulnérables à leurs prédateurs, en diminuant leurs réserves de nourriture et en perturbant leurs habitudes de vie.

Effets sur les cétacés

Les cétacés (baleines, dauphins et marsouins) remontent à la surface de l'eau pendant de brefs moments afin de respirer et, parfois, se nourrir. Ils peuvent alors subir des effets potentiellement néfastes suivant leur contact avec le pétrole déversé à la surface. On n'a rapporté aucun décès de cétacés suite à un déversement, mais des baleines prisonnières d'une zone contaminée, telle qu'une baie close, peuvent être tuées et des animaux souffrant déjà de maladies ou autres problèmes de santé sont plus susceptibles d'être gravement touchés.

Des études effectuées sur des baleines grises révèlent plusieurs réactions face à une nappe de pétrole. Les cétacés passent moins de temps à la surface et soufflent moins souvent et plus rapidement. Leur vitesse de déplacement dans les zones contaminées est modifiée et leur trajectoire peut quelquefois subir des changements radicaux.

Le pétrole peut obstruer les fanons (sorte de plaque frangée et élastique qui pend de la mâchoire supérieure de la baleine à fanons et qui sert à récupérer le plancton dans l'eau) et limiter l'alimentation, suite, sans doute, aux modifications structurelles subies par les fibres des fanons. Le contact avec le pétrole peut aussi amener une irritation des yeux et les vapeurs du pétrole peuvent exercer une contrainte respiratoire si l'exposition a lieu pendant le cycle respiratoire.

Effets sur la pêche commerciale

Une nappe de pétrole à la surface de l'eau affecte particulièrement les bateaux et le matériel utilisé pour attraper ou cultiver des espèces marines. Tout équipement flottant et piège fixe disposé à la surface de l'eau est susceptible d'être contaminé par une nappe de pétrole flottante. À défaut d'être nettoyé à fond, un équipement utilisé à des fins de culture d'espèces marines (de moules, par exemple) constituera à la longue une source de contamination aux hydrocarbures.

La réticence des consommateurs à se procurer des produits de la mer pêchés dans une région affectée par un déversement de pétrole peut avoir des conséquences indirectes très importantes, notamment des conséquences économiques lourdes et durables.

En résumé

- Le pétrole affecte les oiseaux marins principalement par voie de contamination de leur plumage.
- Les oeufs des oiseaux marins sont durement touchés par le pétrole qui obstrue les pores de la coquille, empêchant ainsi la respiration et asphyxiant l'embryon.
- Un déversement de pétrole peut affecter la capacité des pinnipèdes femelles à reconnaître leurs petits qui se retrouvent abandonnés et meurent d'inanition. Le pétrole affecte en outre les phoques de diverses manières (entre autres, une réduction de la mobilité due à une peau mazoutée).
- Le pétrole peut obstruer les fanons des baleines et ainsi nuire à l'alimentation. Les vapeurs de pétrole peuvent également occasionner une irritation des yeux et des difficultés respiratoires.
- L'équipement flottant et les pièges fixes disposés au-dessus de la surface de l'eau et servant à la pêche commerciale sont susceptibles d'être contaminés par une nappe de pétrole.

LE COMPORTEMENT DU PÉTROLE DANS UNE COLONNE D'EAU

Plusieurs processus interviennent dans l'évolution du pétrole à l'intérieur d'une colonne d'eau. Les plus notables sont la dissolution, la conversion chimique et biologique et la sédimentation.

Dissolution

Une nappe flottante peut perdre des composants grâce à la dispersion de gouttelettes de pétrole et peut même se dissoudre dans la colonne d'eau. Le taux de dissolution du pétrole en eau de mer dépend d'un certain nombre de facteurs dont la composition du pétrole, l'ampleur de l'étalement, la température et l'agitation de l'eau et la quantité de pétrole de surface qui s'est dispersée dans la colonne d'eau. Les hydrocarbures présents dans les huiles raffinées et brutes n'étant que partiellement solubles dans l'eau de mer, la dissolution, en termes de volume de pétrole soluble, est minime. Le processus revêt par contre une importance cruciale d'un point de vue biologique puisque ce sont les hydrocarbures dissous qui sont les plus hautement toxiques pour les organismes marins.

La dissolution des hydrocarbures survient à la fois sous la surface de la nappe et à partir du pétrole physiquement dispersé dans la colonne d'eau. La concentration globale d'hydrocarbures dans la colonne d'eau est fonction de la quantité d'hydrocarbures solubles dans le pétrole déversé, les plus légers étant les seuls à posséder une solubilité notable. Ces derniers s'évaporent par contre plus rapidement et, du fait que les composants disparaissent de 10 à 1 000 fois plus rapidement par évaporation que par dissolution, les concentrations d'hydrocarbures dissous dans la colonne d'eau après un déversement de pétrole sont relativement faibles.

Suite au déversement de mazout de type Bunker (un mazout résiduel lourd avec peu de fractions légères) du Arrow, les concentrations en hydrocarbures dans la colonne d'eau étaient de 2 à 131 parties pour un milliard. Lors du déversement de mazout brut (contenant un plus haut pourcentage de fractions légères) de l'Amoco Cadiz au large des côtes françaises, les concentrations en hydrocarbures étaient de 26 à 330 parties pour un milliard et, dans le cas du déversement de mazout du Kurdistan au large de la Nouvelle-Écosse, de 0,5 à 5 parties pour un milliard.

Conversion chimique et biologique

La conversion chimique du pétrole a lieu normalement à l'interface air-eau par le biais des réactions d'oxydation décrites précédemment à la page quatre (**Le comportement du pétrole en haute mer**). Ce processus a également des conséquences importantes liées au comportement du pétrole dans la colonne d'eau, du fait que les dérivés de ces réactions sont en général plus solubles que le pétrole d'origine, se dissolvant plus facilement dans la colonne d'eau où ils sont toxiques pour plusieurs espèces de la flore et la faune pélagiques.

La conversion biologique du pétrole par des micro-organismes marins tels que bactéries, moisissures et levures joue un rôle important dans la disparition du pétrole en mer. La dégradation du pétrole sous l'action de ces micro-organismes a lieu dans la colonne d'eau, dans les sédiments et à la surface des particules.

Puisque le taux de biodégradation repose sur toute une gamme de facteurs, on peut difficilement prévoir la quantité de pétrole qui disparaîtra de la colonne d'eau, ni à quel rythme ce processus se déroulera.

Sédimentation

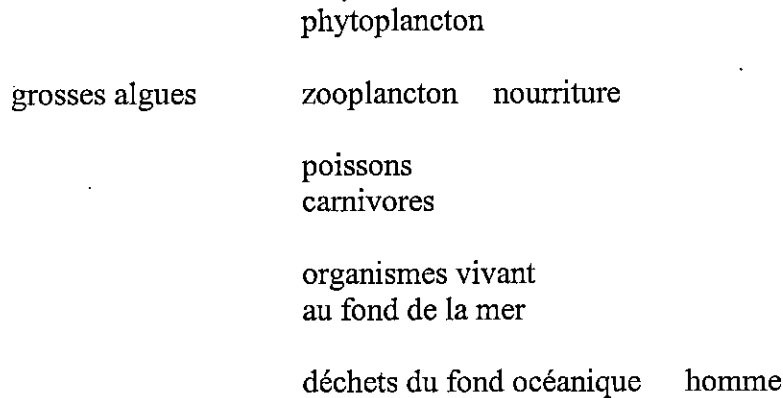
La sédimentation est un processus qui peut agir sensiblement sur le comportement du pétrole dans la colonne d'eau, notamment en présence de sédiments en suspension dans la colonne. Des hydrocarbures dissous peuvent être adsorbés à la surface des sédiments et couler au fond de la mer. Les argiles et autres matériaux inorganiques en suspension dans la colonne possèdent quelques capacités d'adsorption alors que les sédiments riches en carbone organique adsorbent beaucoup plus de pétrole, contribuant ainsi davantage à la disparition du pétrole par sédimentation.

Le zooplancton (animaux aquatiques minuscules) peut également jouer un rôle important dans la sédimentation des particules de pétrole dans la colonne d'eau du fait qu'il lui arrive d'en absorber en s'alimentant. Le pétrole passe alors dans les matières fécales qui coulent vers le plancher océanique.

LES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DU PÉTROLE DANS LA COLONNE D'EAU

Le pétrole dans la colonne d'eau peut avoir des effets néfastes sur le phytoplancton (plantes aquatiques microscopiques flottant librement), le zooplancton et les poissons. La vie marine a besoin, comme tout

autre vie, de l'énergie de la lumière solaire. Les plantes marines, dont le phytoplancton, de loin le plus important, emmagasinent cette énergie par voie de photosynthèse sous une forme que d'autres animaux et notamment leurs prédateurs, tels que le zooplancton et les poissons, peuvent utiliser. Le diagramme suivant illustre de façon schématique la chaîne alimentaire extrêmement complexe de la mer.



Effets sur le phytoplancton

Le phytoplancton revêt une importance énorme car ce sont les organismes qui fixent dans un premier temps l'énergie solaire et produisent la matière biologique dont dépendent tous les autres organismes marins. Il joue donc un rôle essentiel dans la perpétuation de la vie en mer. Lors d'un déversement de pétrole en mer, le phytoplancton est le premier à l'absorber. Le potentiel de bioaccumulation est énorme car d'autres organismes marins consomment de grandes quantités de phytoplancton.

On s'est interrogé sur les conséquences néfastes d'un déversement sur le phytoplancton sur la base de trois scénarios :

1. il peut bloquer la lumière du soleil et réduire la photosynthèse ;
2. il peut interférer dans les échanges gazeux à la surface de l'eau, occasionnant une réduction des niveaux d'oxygène dissous dans la colonne d'eau ; ou
3. il peut avoir des effets toxiques.

L'expérience acquise lors de déversements et grâce à des simulations en laboratoire d'événements semblables indiquent cependant qu'aucun de ces effets potentiels n'a de véritable incidence à long terme.

Ainsi, des expériences ont démontré qu'il faudrait une nappe de produit noir uniforme de 2 000 milles carrés pour réduire la photosynthèse en mer du Nord d'environ seulement 1 p. cent.

En ce qui a trait à l'oxygène dissous, des mesures prises sous des nappes de pétrole lourd ont indiqué une saturation de 98,5 p. cent par rapport à la normale. D'où un effet négligeable sur le phytoplancton.

Il est vrai que certains composants du pétrole déversé, notamment ceux dont le point d'ébullition est bas et qui sont solubles dans l'eau, sont extrêmement toxiques pour le phytoplancton. Lors de l'examen

des effets potentiels d'un déversement en mer sur le phytoplancton, il ne faut pas oublier que la production annuelle mondiale de phytoplancton est de l'ordre de 150 000 millions de tonnes alors que les pertes annuelles de produits pétroliers en mer sont de l'ordre de 2,5 à 10 millions de tonnes, dont seulement une fraction est toxique pour le phytoplancton. En zone côtière, les effets d'un déversement sont locaux et passagers.

Effets sur le zooplancton

Le zooplancton constitue le prochain maillon supérieur de la chaîne alimentaire. C'est le principal consommateur de la chaîne alimentaire marine et il peut contribuer au transfert de la contamination aux hydrocarbures à des organismes supérieurs tels que les poissons et les mammifères.

Le zooplancton est une communauté hautement diversifiée constituée de nombreux types d'animaux allant des protozoaires unicellulaires aux polychètes complexes (vers), mollusques et crustacés. Les oeufs et les larves de poissons en font également partie.

Les hydrocarbures, notamment ceux dont le point d'ébullition est bas et qui sont solubles dans l'eau, sont tout aussi hautement toxiques à l'endroit du zooplancton qu'au phytoplancton. On a également observé de nombreuses réactions sous-léthales au mazout, allant de modifications réversibles du comportement à une réduction de la croissance et des taux de reproduction.

Toutefois, il est extrêmement improbable qu'un déversement de pétrole puisse sérieusement affecter le zooplancton. Toute incidence néfaste envisageable ne serait que de courte durée et d'une portée locale. Normalement, les populations touchées se rétabliraient rapidement grâce à la venue de nouveaux individus provenant de zones voisines non contaminées.

Effets sur les poissons

Toute répercussion négative d'un déversement de pétrole en mer sur les poissons a un impact écologique et économique potentiel. Les poissons sont des proies et des prédateurs importants au sein de l'écosystème marin et la pêche commerciale constitue l'activité principale de nombreuses communautés côtières. L'homme a déjà exercé une influence négative directe et mesurable sur les stocks de poissons et tout stress supplémentaire causé par la pollution au pétrole pourrait être de grande portée.

Le pétrole déversé peut avoir des effets toxiques sur les poissons et on a observé une mortalité massive chez les poissons à la suite de déversements majeurs, notamment dans des baies ou des estuaires où les poissons adultes ne pouvaient éviter le pétrole.

On a également observé divers effets sous-léthaux dont certains, tels qu'une respiration accrue, étaient mineurs, de courte durée et complètement réversibles. D'autres effets, une croissance interrompue par exemple, duraient plus longtemps et présentaient un danger potentiel. Le foie, les branchies et les reins de poissons exposés aux hydrocarbures de pétrole ont été atteints et certains ont souffert de dégénérescence musculaire.

Un déversement de pétrole en mer peut, tel que mentionné précédemment, occasionner des concentrations nocives d'hydrocarbures dans une zone d'impact relativement restreinte. Des concentrations élevées peuvent se produire à l'intérieur de la colonne d'eau suite à un déversement. Cependant, elles sont normalement de très courte durée et les concentrations les plus fortes se trouvent près de la surface et au fond. De jeunes poissons et des oeufs se trouvant dans ces zones peuvent en subir des effets néfastes. Ainsi, les oeufs et les larves de poissons tels que la morue de l'Atlantique, qui vivent pendant plusieurs semaines à la surface de l'eau ou en dessous, tout comme les poissons vivant et se nourrissant au fond seraient particulièrement vulnérables à un déversement de pétrole.

L'expérience acquise à l'échelle mondiale au cours de déversements majeurs semble par contre indiquer que les effets néfastes sont compensés par l'arrivée de populations en provenance de zones océaniques non contaminées.

Un des effets néfastes les plus notables d'un déversement réside dans le fait que les poissons ingèrent des hydrocarbures de pétrole présents dans l'eau, les sédiments et leur nourriture. Ces hydrocarbures s'accumulent dans les tissus et peuvent atteindre des niveaux inoffensifs pour l'animal mais suffisants, cependant, pour affecter un organisme prédateur en amont de la chaîne alimentaire. Les hydrocarbures présents dans les tissus des poissons peuvent également donner à la chair un goût huileux ou semblable au kérosène, empêchant toute commercialisation des marchandises avariées.

En résumé

- L'obstruction de la lumière solaire par le pétrole déversé est sans conséquence écologique réelle sur le phytoplancton en haute mer.
- En zone côtière, les effets d'un déversement sur le phytoplancton sont locaux et passagers.
- Il est hautement improbable qu'un déversement de pétrole puisse affecter sérieusement le zooplancton. Toute incidence néfaste potentielle serait locale et de courte durée.
- Le pétrole déversé peut être toxique pour les poissons et une mortalité massive de poissons a été rapportée à la suite d'accidents graves, notamment dans des baies et des estuaires où les poissons adultes ne pouvaient éviter le pétrole.
- Les hydrocarbures présents dans les tissus des poissons peuvent affecter la qualité de la chair, empêchant toute commercialisation des poissons avariés.
- De nombreux effets néfastes d'un déversement sont compensés par l'arrivée de poissons en provenance de zones océaniques non contaminées.

LE COMPORTEMENT DU PÉTROLE DANS LES ENVIRONNEMENTS BENTHIQUES

Le pétrole peut atteindre le plancher océanique de plusieurs manières. Certains types de pétrole sont assez denses et coulent dès le déversement, atteignant le fond dans un état sensiblement inchangé. Il y a cependant peu de pétroles dont la densité soit assez élevée pour leur permettre de couler, et ceux qui le font ont un poids moléculaire très élevé. Ils sont également très résistants aux processus naturels de dissolution et de dégradation et leur état ne change pratiquement pas, une fois le plancher océanique atteint. Ils ont pour effet principal d'enfouir les animaux, les plantes et les habitats marins.

D'autres pétroles, par exemple certains bruts, flottent au départ et peuvent couler, une fois devenus plus lourds et visqueux suite à l'évaporation et de la dissolution des composants plus légers.

Une partie du pétrole est adsorbée sur des particules en suspension dans la colonne d'eau pour ensuite couler. Le pétrole dispersé dans la colonne d'eau et qui est ingéré par le zooplancton aboutit également au fond par le biais des matières fécales de ces animaux.

La dégradation du pétrole qui atteint le plancher océanique se poursuit surtout par voies de dissolution des composants solubles dans l'eau et de dégradation microbienne à la fois aérobie (au niveau des couches sédimentaires supérieures) et anaérobie (au niveau des couches inférieures où l'oxygène est absent).

LES EFFETS DU PÉTROLE SUR LES ENVIRONNEMENTS BENTHIQUES

Le pétrole qui atteint le plancher océanique peut avoir une incidence néfaste sur plusieurs plantes et animaux marins, notamment les algues, les invertébrés, les crustacés (crabes, crevettes, homards) et les échinodermes benthiques (holothurides ou concombres de mer, oursins, étoiles de mer), les micro-organismes, les poissons démersaux (vivant au fond) et quelques mammifères marins tel que le phoque barbu qui fouille de vastes étendues au fond de l'océan.

Effets sur les macro-algues benthiques

Il arrive dans des cas extrêmes qu'un déversement de pétrole puisse tuer des macro-algues benthiques. Des études de laboratoire ont confirmé que de hautes concentrations en hydrocarbures sont toxiques pour certaines algues. Toutefois, en situation réelle, la mort est plutôt la conséquence de la détérioration physique.

Des observateurs ont remarqué, suite à un déversement au large de Cape Flattery dans l'état de Washington, qu'un encroûtement de mazout de type Bunker sur des frondes de varech avait occasionner la mort des plantes affectées.

Même si le varech mazouté ne meurt pas, les frondes peuvent être endommagées et la plante même, déplacée du fait de la surcharge.

L'exposition au pétrole diminue la photosynthèse chez les macro-algues et on a relevé, en zone intertidale, des excroissances ressemblant à des tumeurs, des éclosions prématurées et un développement entravé des substances reproductrices.

Effets sur les invertébrés benthiques

Les invertébrés benthiques les plus vulnérables au pétrole qui atteint le plancher océanique sont ceux qui se déplacent peu et vivent dans les sédiments, principalement les mollusques bivalves et les polychètes (vers marins).

Pratiquement immobiles, ces organismes sont particulièrement sensibles aux effets du pétrole présent dans les sédiments du fond, et peuvent même mourir lorsqu'il y a accumulation de concentrations élevées. Les filtreurs, tels que certains mollusques, sont moins vulnérables au pétrole dans les sédiments mais beaucoup plus à celui qui se trouve dans la colonne d'eau.

On a rapporté des taux de croissance réduits chez des jeunes polychètes et palourdes vivant dans des sédiments contaminés. En cas d'exposition prolongée au pétrole, les mollusques bivalves connaissent à long terme une croissance valvaire, une augmentation du poids des tissus, un emmagasinage alimentaire et un développement gonadique entravés.

Le pétrole présent dans les sédiments du fond pousse par ailleurs les invertébrés benthiques à abandonner leurs abris et à ralentir leurs réactions normales aux stimuli physiques, les rendant plus vulnérables aux attaques de leurs prédateurs.

Effets sur les crustacés et les échinodermes

On a relevé la mort de crustacés benthiques (tels que crabes, crevettes et homards) et d'échinodermes benthiques (tels qu'oursins et étoiles de mer) après des déversements majeurs, comme celui de l'*Amoco Cadiz*. La mortalité est fonction de la quantité de pétrole qui atteint le fond, de la dissolution des hydrocarbures contenus dans les sédiments contaminés et de la présence de concentrations élevées en hydrocarbures dans les eaux proches du fond.

Des études de laboratoire effectuées sur des crustacés exposés au pétrole ont également fait état d'effets sous-léthaux comprenant des pontes prématurées, des accouplements moins nombreux et des couvées réduites. L'exposition a en outre affecté la réussite et le moment de la mue des crustacés.

On a également observé que des échinodermes benthiques en eau contaminée au pétrole avait rétracté leurs ventouses, ce qui peut diminuer leur adhérence au substrat.

La plupart des crustacés et des échinodermes peuvent se déplacer et émigrer d'une zone contaminée à un habitat sain. Normalement, les effets à long terme d'un déversement de pétrole en mer sur ces animaux sera donc faible.

Effets sur les micro-organismes

Les micro-organismes marins, notamment les bactéries et les champignons, bien qu'affectés, peuvent agir de manière significative sur le pétrole présent dans les sédiments benthiques et dans les eaux proches du fond. On trouve certaines bactéries qui contribuent à la dégradation du pétrole dans tous les environnements marins. En outre, on en a rapporté un très grand nombre dans le voisinage des fuites naturelles de pétrole dans le plancher océanique et des décharges régulières d'hydrocarbures en provenance des industries terrestres. On a en outre remarqué que certains champignons marins contribuent à la dégradation du pétrole.

Manifestement, l'exposition au pétrole stimule la croissance de micro-organismes qui agissent sur la dégradation du pétrole puisqu'il constitue une de leurs principales sources alimentaires. La dégradation lente mais persistante du pétrole effectuée par ces organismes explique en partie la stabilité des niveaux d'hydrocarbures dans les sédiments océaniques et ce, malgré l'accumulation constante du produit.

En résumé

- Un déversement peut, dans les cas extrêmes, tuer des macro-algues benthiques.
- Le pétrole présent dans les sédiments du fond pousse les invertébrés benthiques à abandonner leurs abris et à ralentir leurs réactions face aux stimuli physiques, les rendant plus vulnérables aux attaques de leurs prédateurs.
- L'impact à long terme d'un déversement de pétrole sur la plupart des crustacés et des échinodermes est normalement faible car ils peuvent se déplacer et quitter une zone contaminée pour un habitat sain.
- L'exposition au pétrole stimule la croissance de micro-organismes qui contribuent à la dégradation du pétrole.

LE COMPORTEMENT DU PÉTROLE SUR LES RIVAGES

La quantité de pétrole déversé en mer et qui atteint le rivage dépend de la saison pendant laquelle survient l'accident, du type et de la quantité de pétrole déversé, du degré de dégradation, de la nature du rivage, des conditions météorologiques et des méthodes de récupération du pétrole adoptées dans l'environnement marin.

Le pétrole récemment déversé et qui échoue sur le rivage se dégrade rapidement, surtout par voies d'évaporation et de dissolution. Jusqu'à 40 p. cent de la masse peut disparaître dans les quelques jours suivant le déversement. Le pétrole restant, visqueux, résiste à la dégradation.

Sous l'action des vagues et de la glace, les sédiments de plage peuvent recouvrir le pétrole échoué, voire même le porter plus en amont dans les zones intertidales supérieures. Le pétrole enfoui dans des sédiments intertidaux résiste à la dégradation et le pétrole échoué dans les zones intertidales supérieures peut durcir et former une masse persistante semblable à de l'asphalte.

Le pétrole qui aboutit sur des rivages exposés et battus par de fortes vagues disparaît rapidement, souvent à l'intérieur d'une seule saison. Le pétrole est davantage persistant dans les marais salants et les zones intertidales abritées au substrat sablonneux, et moins dans des milieux rocheux, tel qu'illustré ci-dessous.

PERSISTANCE DU PÉTROLE DANS DIVERS ENVIRONNEMENTS CÔTIERS

> 10 années =====> 1 année
marais et lagunes isolés
estrans tidals isolés
zones rocheuses et petites plages isolées
plages de gravier
plages de sable et de gravier

estran tidals exposés
plages de gros sable
plages de sable fin exposées
plates-formes brise-lame érodées
caps rocheux exposés

EFFETS DU PÉTROLE SUR LES RIVAGES

Selon le type de rivage, le pétrole peut avoir un effet dévastateur ou minime, à la fois écologique et économique. La présence du pétrole en eaux côtières ou sur les plages peut avoir des effets nuisibles évidents sur les activités récréatives, les sports et autres aménagements, qui auront un impact économique négatif sur le tourisme.

Les installations industrielles peuvent également en pâtir, notamment celles dont le fonctionnement repose sur l'apport en eau de mer propre.

Les effets biologiques sur les rivages sont également très préoccupants, tout particulièrement dans des zones sensibles telles que les marais salants qui sont des zones hautement productives offrant un lieu de reproduction pour de nombreuses espèces marines. La végétation des marais et les algues intertidales peuvent être endommagés, tandis que les invertébrés intertidaux peuvent être exposés à la contamination. Les mammifères marins que l'on associe normalement aux rivages mais qui passent une grande partie de leur existence dans les eaux estuariennes, tels que la loutre de mer, la loutre de rivière et le lemming peuvent également être touchés lorsque le pétrole atteint les rivages, de même que les oiseaux de rivage et les échassiers.

Effets sur les aménagements côtiers

Un littoral contaminé représente une des conséquences les plus tangibles et peut-être les plus néfastes d'un déversement. Poussé en direction du rivage, le pétrole enduit les roches, le sable, les plantes et les animaux. Des morceaux de goudron dégradé peuvent également échouer sur la plage, ajoutant à la contamination générale et à l'incidence néfaste évidente sur les activités récréatives et sportives. Les effets sont généralement de courte durée et constituent un problème de taille dans les zones hautement achalandées en période touristique.

Effets sur les industries côtières

Les centrales électriques, les raffineries de pétrole, les usines de pâtes et papiers et autres industries consomment de l'eau propre en grande quantité à des fins de refroidissement. En zone côtière, elles utilisent normalement l'eau de mer et sont par conséquent particulièrement vulnérables à un déversement de pétrole survenant près de leur prise d'eau. Le pétrole qui pénètre un système industriel de refroidissement à l'eau peut sérieusement endommager les conduits, les pompes et autres composants de l'infrastructure. Au pire, l'industrie doit interrompre ses activités pendant le nettoyage du système de refroidissement. Dans le cas d'une centrale électrique, les conséquences d'un tel arrêt des activités sur la communauté côtière peuvent être graves. Le pétrole déversé en mer et qui atteint les

côtes peut occasionner l'arrêt des activités d'autres industries côtières telles que les chantiers navals, les compagnies de transport maritime et de traversiers et les usines de dessalage qui produisent de l'eau douce potable à partir de l'eau de mer.

Les effets d'un déversement sont toutefois hautement préoccupants dans le cas de l'aquiculture commerciale, du fait surtout de la pratique de plus en plus répandue de garder des poissons dans des cages et autres viviers immergés pendant de longues périodes avant leur mise sur le marché. Par ailleurs, la culture d'algues, de poissons, de crustacés et de mollusques suppose, dans de nombreux cas, l'utilisation de réservoirs à terre permettant aux juveniles d'atteindre des dimensions commercialisables ou une taille et un âge suffisants en vue d'un transfert en mer. Les réservoirs sont habituellement remplis d'eau de mer propre puisée en zone proche du rivage et pourraient en conséquence être sérieusement affectés par l'approche d'une nappe de pétrole. En règle générale, les jeunes plantes et animaux marins sont plus vulnérables à la pollution que leurs aînés.

Effets sur les algues et la végétation des marais

Le pétrole tue les algues et la végétation des marais intertidaux de plusieurs façons dont le revêtement et la suffocation, l'intoxication directe et le déplacement des plantes causé par le surplus de poids que représente le pétrole échoué. On a relevé une réduction des taux de croissance et de reproduction de la végétation des marais là où le pétrole déversé a atteint les communautés intertidales. L'ampleur de ces effets et le taux de rétablissement des communautés végétales varient selon les saisons, la portée et la durée de l'exposition au pétrole et la sensibilité de chaque espèce aux hydrocarbures échoués sur place. Les plantes subissent par ailleurs les effets néfastes de la disparition de la partie de leur habitat enfoui sous le pétrole. Dans la plupart des cas, l'ampleur et la durée de la disparition de l'habitat intertidal est fonction de la persistance du pétrole et des processus de dégradation. Les plantes vivant en zone intertidale supérieure dans des environnements peu soumis à l'action des vagues souffriront en général davantage que celles dont l'habitat subit une plus forte action des vagues pouvant disperser le pétrole plus rapidement. En outre, le pétrole fixé sur les sédiments marécageux entravera toute croissance future.

Effets sur les invertébrés intertidaux

La faune pullulante de la zone intertidale comprend des espèces relativement immobiles telles que bernaches, moules et bigorneaux et d'autres plus mobiles telles qu'escargots, patelles et vers. Lors d'un déversement, ces animaux meurent le plus souvent étouffés sous des couches de pétrole échoué, lesquelles perturbent l'alimentation, la respiration et l'adhérence au substrat.

On a en outre observé des effets sous-léthaux suivant le contact de ces types d'animaux au pétrole, notamment une diminution de poids et une réduction de la capacité reproductive.

Les habitats intertidaux sont en règle générale extrêmement vulnérables à l'exposition du pétrole et leur potentiel de rétablissement est largement tributaire de la persistance du produit. Les communautés d'invertébrés, vivant dans des habitats rocheux et exposés où le pétrole se disperse très rapidement, récupèrent très vite. La récupération est toutefois beaucoup plus lente lorsque l'action des vagues est plus faible, permettant ainsi la persistance du pétrole.

Effets sur les mammifères

Certains mammifères marins sont particulièrement vulnérables à un déversement de pétrole qui atteint le rivage. Ces animaux, tels que loutres, lemmings et ours polaires dans le nord, passent une grande partie de leur existence sur les rivages et dans les eaux du littoral.

La mort survenant par contamination au pétrole est heureusement assez rare chez ces animaux mais on a relevé une série d'effets négatifs liés principalement à l'ingestion de pétrole au cours du nettoyage de la fourrure mazoutée. Il s'agissait entre autres de troubles neurologiques, d'anémie, d'excroissances et d'une fréquence accrue de maladies et de parasites. Tous ces animaux sont mobiles et peuvent éviter les zones contaminées, ce qu'ils ne manquent pas de faire. L'impact à long terme d'un déversement de pétrole sur ces populations est par conséquent assez faible, bien que les individus exposés peuvent s'en trouver menacés.

Effets sur les oiseaux de rivage et les échassiers

Les oiseaux de rivage (pluviers et bécasseaux) et les échassiers (hérons et butors) peuvent souffrir de la contamination due aux rivages mazoutés. Ils peuvent être souillés et avaler du pétrole alors qu'ils se lissent les plumes. Le pétrole peut entrer en contact avec les oeufs lors de la nidification et un oiseau mazouté est en général inapte à de longs vols. Les oiseaux de rivage et les échassiers peuvent subir des effets négatifs si un déversement de pétrole a lieu pendant la migration d'un grand nombre à travers des zones telles que les bancs de vase situés à la tête de la baie de Fundy.

En résumé

- Le pétrole échoué sur les plages peut avoir des effets nuisibles importants sur les activités récréatives, les sports et autres installations, qui se répercuteront sur le plan de l'économie touristique.
- Les centrales électriques, les raffineries de pétrole, les usines de pâtes et papiers et autres industries qui ont recours à l'eau de mer à des fins de refroidissement sont particulièrement susceptibles à la contamination des conduits, des pompes et autres pièces du système de refroidissement.
- Les effets négatifs d'un déversement de pétrole sur l'aquiculture commerciale comprennent l'encrassement du matériel, l'infection des fruits de mer et la mort de certains poissons ou crustacés.
- Les algues et la végétation des marais intertidaux peuvent connaître une série de réactions négatives : revêtement et suffocation des plantes, effets toxiques directs, déplacement des plantes et détérioration ou enlèvement au cours des activités de nettoyage des rivages.
- Le pétrole sur les rivages étouffe les animaux intertidaux, perturbant ainsi leur alimentation, leur respiration et leur adhérence au substrat.
- Les impacts à long terme d'un déversement sur les populations de loutres et de lemmings demeurent relativement faibles, même si certains individus exposés peuvent être menacés.

- On n'a relevé aucune réaction négative à longue échéance des suites d'un déversement chez les populations d'oiseaux de rivage et d'échassiers.

Pour tout renseignement supplémentaire, communiquer avec :

Dans la région du Québec

Coordonnateur régional des urgences environnementales
Direction de la protection de l'environnement
Environnement Canada
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec) XXXXXXXXXXXXX
Tél. : 514-283-2345
Télec. : 514-496-1157

Dans la région de l'Atlantique

Coordonnateur régional des urgences environnementales
Direction de la protection de l'environnement
Environnement Canada
4e étage, Queen Square, 45, promenade Alderney
Dartmouth, N.-É. B2Y 2N6
Tél. : 902-426-2576
Télec. : 902-426-9709

Nouvelle-Écosse

Directeur provincial de Nouvelle-Écosse
Bureau de la protection de l'environnement de Nouvelle-Écosse
Environnement Canada
5151, chemin Terminal, 5e étage
C.P. 2107
Halifax, N.-É. B3J 3B7
Tél. : 902-426-5601
Télec. : 902-426-5602

Nouveau-Brunswick

Directeur provincial du Nouveau-Brunswick
Bureau de la protection de l'environnement du Nouveau-Brunswick
Environnement Canada
527, rue Queen, C.P. 400
Fredericton, N.-B. E3B 4Z9
Tél. : 506-452-3286
Télec. : 506-452-3003

Île-du-Prince-Édouard

Directeur provincial de l'Île-du-Prince-Édouard
Bureau de la protection de l'environnement de l'Î.-P.-É.
Environnement Canada
97, rue Queen
Charlottetown, Î.-P.-É. C1A 4A9
Tél. : 902-566-7042
Télééc. : 902-566-7279

Terre-Neuve et Labrador

Directeur provincial de Terre-Neuve et Labrador
Bureau de la protection de l'environnement de Terre-Neuve et Labrador
Environnement Canada
C.P. 5037
Saint-Jean, T.-N. A1C 5V3
Tél. : 709-772-5488
Télééc. : 709-772-5097

Ce document a été rédigé par Duerden & Keane Consultants Inc., en consultation avec Mme Colleen Mullin, de la section des urgences environnementales, Environnement Canada, région de l'Atlantique.

Publié par le ministre fédéral de l'Environnement
© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1996