

P7m04



Environnement  
Canada

Environment  
Canada

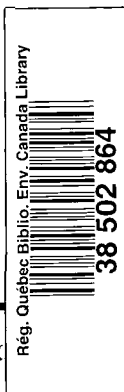
Service de la  
protection de  
l'environnement

Environmental  
Protection  
Service

# Incidence et nettoyage des déversements pétroliers sur les rivages du Canada



TD  
182  
R46  
6-EC-78-1F



*Consultation seulement.*  
SPÉCIMEN

Guide de formation  
EPS 6-EC-78-1F

Direction générale du contrôle des incidences environnementales  
Octobre 1978

## SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les guides de formation contiennent des renseignements servant principalement à la formation.

Les autres catégories de la série de rapports du S.P.E. comprennent les groupes suivants: règlements, codes et accords, politique et planification, analyse économique et technique, développement technologique, surveillance, rapports et exposés à l'enquête publique, impacts environnementaux.

Les demandes relatives aux rapports du Service de la protection de l'environnement doivent être adressées au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Ottawa, Ontario, Canada K1A 1C8.

36057566

H<sub>2</sub> 102702

**INCIDENCE ET NETTOYAGE DES DÉVERSEMENTS PÉTROLIERS  
SUR LES RIVAGES DU CANADA**

Préparé par

la Division de la recherche et du développement  
la Direction des interventions d'urgence  
la Direction générale du contrôle des incidences environnementales  
le Service de la protection de l'environnement  
le Ministère de l'environnement à Ottawa, Ontario

Rapport n° SPE 6-EC-78-1F



Ex. A

Publication distribuée  
par le Service de la protection de l'environnement  
d'Environnement Canada  
Ottawa  
K1A 1C8

Édition française de  
*The Impact and Cleanup of Oil Spills on  
Canadian Shorelines : A Summary*  
préparée par le Module d'édition française  
d'Environnement Canada

Numéro de catalogue EN 46-6/78-1F  
ISBN 0-662-90302-1

©  
Ministère des Approvisionnements et Services  
1979

## AVIS

Le présent rapport a été revu par la Direction générale du contrôle des incidences environnementales du Service de la protection de l'environnement et sa publication a été approuvée. Cette approbation ne signifie pas qu'il reflète nécessairement les vues et les principes du Service de la protection de l'environnement; elle ne constitue pas non plus une recommandation des marques de fabrique ou des produits commerciaux cités.

## RÉSUMÉ

Les rivages canadiens peuvent être classés en dix types fondamentaux : surfaces rocheuses, falaises, plages de sédiments grossiers, plages de sable, sédiments intertidaux grossiers, sable intertidal, boue intertidale, marais et deltas, hauts de plages et ouvrages édifiés par l'homme.

Nous présentons ici un exposé succinct de l'incidence possible des déversements pétroliers sur chaque type de rivage, ainsi que les techniques de nettoyage à appliquer.

## ABSTRACT

The structure of Canadian shorelines is described in terms of 10 basic types : rock surfaces, cliffs, coarse sediment beaches, sand beaches, intertidal coarse sediments, intertidal sand, intertidal mud, marshes, backshore areas and man-made structures. The expected impact of oil and cleanup strategies for each type of shoreline are presented.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ/ABSTRACT . . . . .	IV	
LISTE DES FIGURES . . . . .	VII	
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	VII	
LISTE DES ILLUSTRATIONS . . . . .	VIII	
1	TYPES DE RIVAGES	
1.1	Introduction . . . . .	1
1.2	Surfaces rocheuses. . . . .	1
1.3	Falaises de roches tendres ou meubles. . . . .	3
1.4	Plages à sédiments grossiers. . . . .	3
1.5	Plages de sable. . . . .	5
1.5.1	Plages concaves . . . . .	5
1.6	Sédiments grossiers intertidaux . . . . .	8
1.7	Sable intertidal . . . . .	8
1.8	Boue intertidale. . . . .	8
1.9	Marais et deltas . . . . .	8
1.10	Hauts de plages . . . . .	11
1.11	Ouvrages édifiés par l'homme . . . . .	12
1.12	Effets de la glace sur les rivages. . . . .	12
2	CARACTÉRISTIQUES DES RIVAGES DES DIFFÉRENTES RÉGIONS CANADIENNES	
2.1	Côte de l'Atlantique . . . . .	13
2.2	Côte du Pacifique . . . . .	13
2.3	Côtes de l'Arctique . . . . .	15
2.4	Rives des Grands lacs. . . . .	15
3	INCIDENCE DES DÉVERSEMENTS PÉTROLIERS	
3.1	Introduction . . . . .	16
3.2	Persistance des hydrocarbures . . . . .	16
3.3	Persistance des hydrocarbures dans différentes régions côtières. . . . .	16
3.3.1	Sur la côte de l'Atlantique. . . . .	16
3.3.2	Sur la côte du Pacifique. . . . .	17
3.3.3	Sur les côtes de l'Arctique. . . . .	17
3.3.4	Sur les rives des Grands lacs. . . . .	17
3.4	Sensibilité des rivages . . . . .	17

4	NETTOYAGE DES RIVAGES	
4.1	Rochers . . . . .	18
4.1.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	18
4.1.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	18
4.2	Falaises de roches tendres . . . . .	20
4.2.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	20
4.2.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	20
4.3	Plages de sédiments grossiers . . . . .	20
4.3.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	20
4.3.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	20
4.4	Plages de sable . . . . .	20
4.4.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	20
4.4.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	21
4.5	Plages abritées . . . . .	21
4.5.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	21
4.5.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	21
4.6	Sédiments grossiers intertidaux . . . . .	21
4.6.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	21
4.6.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	21
4.7	Sable intertidal . . . . .	22
4.7.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	22
4.7.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	22
4.8	Boue intertidale . . . . .	22
4.8.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	22
4.8.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	22
4.9	Marais et deltas . . . . .	22
4.9.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	22
4.9.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	22
4.10	Hauts de plages . . . . .	23
4.10.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	23
4.10.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	23
4.11	Ouvrages édifiés par l'homme . . . . .	23
4.11.1	Incidence des hydrocarbures . . . . .	23
4.11.2	Méthodes de nettoyage . . . . .	23



**LISTE DES FIGURES**

1	Érosion d'une falaise . . . . .	2
2	Profil d'une plage . . . . .	6
3	Coupe transversale d'une plage de cailloux et galets . . . . .	6
4	Relief et caractéristiques des rivages au Canada . . . . .	14

**LISTE DES TABLEAUX**

1	Sensibilité des rivages . . . . .	17
2	Méthodes de nettoyage des rivages . . . . .	19

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

1	Côte rocheuse . . . . .	2
2	Falaise de roches tendres . . . . .	4
3	Falaise de grès meuble . . . . .	4
4	Dépôt d'hydrocarbures au-dessus de la laisse de haute mer d'une plage de sable . . . . .	7
5	Plage concave . . . . .	7
6	Plate-forme d'abrasion intertidale . . . . .	9
7	Veys de sable . . . . .	9
8	Slikkes de grande superficie . . . . .	10
9	Delta . . . . .	10
10	Haute plage de grande superficie, et marais . . . . .	11

# 1 TYPES DE RIVAGES

## 1.1 INTRODUCTION

Du point de vue géomorphologique, les rivages du Canada peuvent être classés en 10 types fondamentaux tels que les falaises, les plages, les marais, etc. Nous avons voulu donner un aperçu de ces différences géomorphologiques pour ensuite les relier aux processus littoraux de manière à évaluer les répercussions et la persistance des hydrocarbures sur une portion particulière de la côte.

Les 10 types de rivages sont les suivants :

1. Surfaces rocheuses
2. Falaises de roches tendres ou meubles
3. Plages à sédiments grossiers
4. Plages de sable
5. Sédiments grossiers intertidaux
6. Sable intertidal
7. Boue intertidale
8. Marais et deltas
9. Arrière-côte
10. Ouvrages édifiés par l'homme.

Les renseignements contenus dans le présent rapport sont tirés des publications suivantes :

- *Coastal Environments of Canada : The Impact and Cleanup of Oil Spills*, ministère de l'Environnement, EPS 3-EC-77-13.
- *Coast Environments, Oil Spills and Cleanup Programs in the Bay of Fundy*, ministère de l'Environnement, EPS 3-EC-77-9.

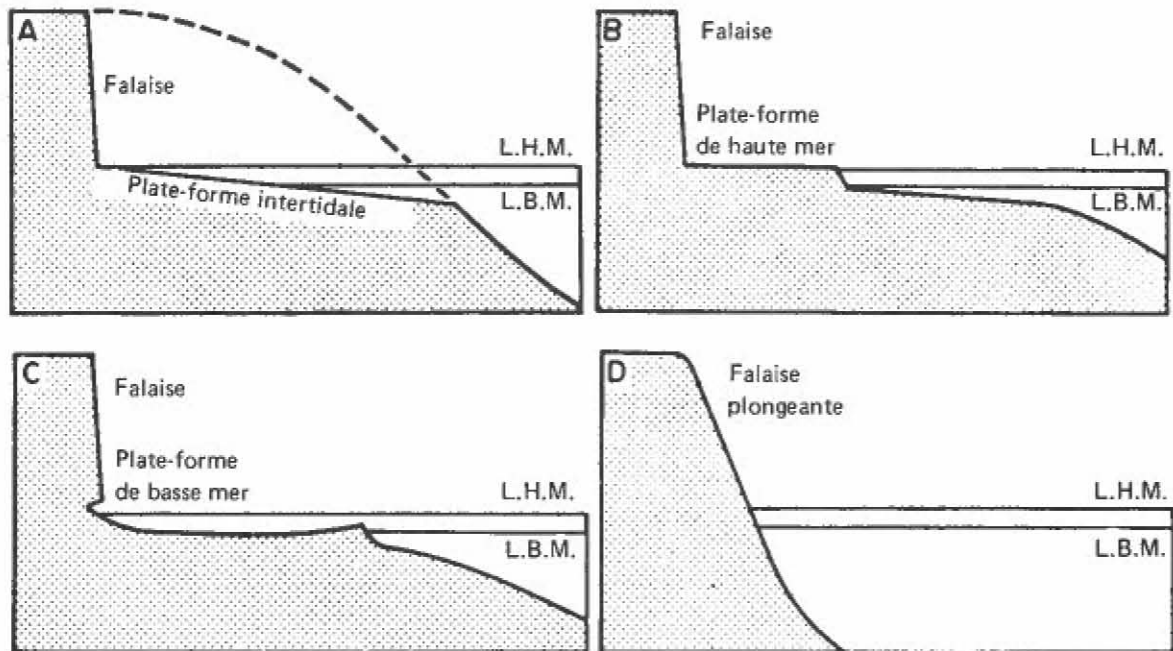
## 1.2 SURFACES ROCHEUSES

Cette catégorie comprend les falaises et les plates-formes rocheuses qui résistent aux vagues et aux intempéries. Même si ce type de côte subit lui aussi une certaine érosion, le retrait du rivage est à peine perceptible au cours des décennies et même des siècles.

Lorsqu'une côte rocheuse ne possède ni plage ni plate-forme d'abrasion intertidale (fig. 1), la morphologie du rivage dépend de la nature des rochers et de la pente générale du rivage (illustration n° 1).

L'érosion de l'arrière-plage entraîne la formation d'une plate-forme, à moins que la zone littorale ne soit profonde (fig. 1). La largeur et la nature de la plate-forme dépendent du type de sédiments ou de roches et de la structure interne des matériaux.

En général, la largeur des plates-formes intertidales va de quelques mètres à environ 15 kilomètres.



L.H.M. – laisse de haute mer

L.B.M. – laisse de basse mer

*Figure 1* L'érosion d'une falaise entraîne la formation d'une plate-forme dans la zone littorale (A, B, C) à moins que l'érosion ne soit extrêmement lente à cause de la résistance des rochers (D)



*Illustration n° 1*

Côte rocheuse

Les rivages de roches intertidales se distinguent principalement par le fait que *les sédiments ne les protègent pas*; les vagues et les marées agissent directement sur les surfaces rocheuses. Fréquemment, la flore (algues ou végétaux aquatiques) et la faune recouvrent les surfaces de la roche intertidale; il peut aussi exister beaucoup d'étangs riches en organismes et qui ne se vident pas complètement à marée basse.

### 1.3 FALAISES DE ROCHES TENDRES OU MEUBLES

Ce type de rivage est composé de roches sédimentaires ou de dépôts glaciaires non solidifiés qui s'érodent relativement rapidement (jusqu'à 2 mètres par année) (illustration n° 2). Le recul des côtes constituées de roches tendres, comme la falaise de grès présentée à l'illustration n° 3, peut être le résultat de la formation d'une encoche au niveau de la laisse de haute mer qui finira par entraîner la chute d'une partie de la falaise.

L'érosion peut aussi être le résultat de la gélivation ou d'un autre type d'altération atmosphérique. L'eau prend de l'expansion en gelant et se contracte de nouveau à la fonte; de nombreux cycles successifs de gel et de dégel conduisent à la fragmentation et à la chute des pierres de la falaise. Les falaises verticales sont rares dans les régions où les roches tendres et les dépôts meubles prédominent. Le recul des falaises est surtout dû à l'effondrement ou au glissement que provoquent de fortes pluies ou des orages. Les larges plates-formes d'abrasion intertidales sont communes sur les côtes constituées de roches tendres et sont habituellement recouvertes de sédiments provenant de l'érosion locale. Si les falaises sont abritées, leur recul sera beaucoup plus lent, et les plates-formes intertidales seront beaucoup plus étroites. Comme les régions abritées sont habituellement constituées de basses terres immergées, le relief de la haute plage n'y est pas accentué et, par conséquent, les falaises n'y sont pas très élevées.

### 1.4 PLAGES À SÉDIMENTS GROSSIERS

Selon la granulométrie des sédiments qui les composent, les plages peuvent se diviser en deux grands groupes : les plages à sédiments grossiers (c'est-à-dire, à cailloux et à galets) et les plages de sable. Une plage constituée de sédiments meubles se formera entre la laisse de basse mer et la limite intérieure de l'activité des vagues de tempête. La figure 2 présente un profil de plage typique.

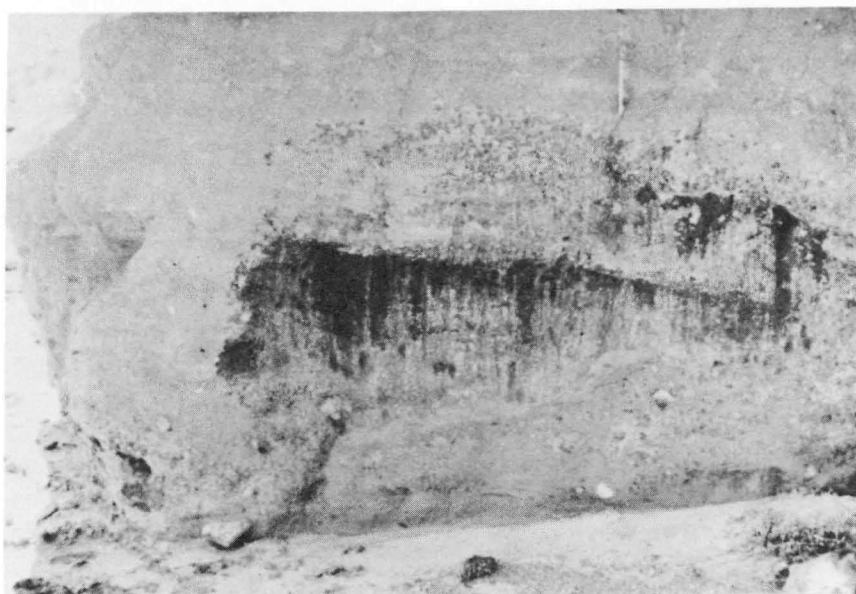
Voici un court lexique des plages :

<i>Arrière-plage</i>	Zone émergée par mer calme ou à marée basse
<i>Avant-plage</i>	Zone constamment immergée
<i>Barre d'estran</i>	Gradin de plage ou ressaut qui progresse vers le haut de plage sous l'action du déferlement
<i>Berme</i>	Accrétion frontale des barres qui se rejoignent en haut de plage
<i>Crête de berme</i>	Sommet d'une berme
<i>Estran</i>	Partie du littoral alternativement couverte et découverte par la mer



*Illustration n° 2*

Falaise de roches tendres



*Illustration n° 3*

Falaise de grès meuble

<i>Jet de rive</i>	Mouvement montant de l'eau sur l'estran, par suite du déferlement d'une vague
<i>Levée de plage</i>	Banc formé à l'arrière-plage sous l'action des ondes de tempête, au niveau de la laisse de haute mer, et qui n'est modifié que par la tempête suivante
<i>Nappe de retrait</i>	Mouvement descendant de l'eau apportée par le jet de rive
<i>Plage</i>	Partie supérieure de l'avant-plage, située entre la laisse de basse mer et la laisse de haute mer et exposée aux jets de rive. Habituellement, la pente de la plage est plus accentuée dans la zone où déferlent les vagues et elle peut atteindre 40°
<i>Terrasse de plage</i>	Zone située en haut de plage, pratiquement horizontale et située au-delà de la limite normale de l'action des vagues

Les plages à sédiments grossiers présentent une pente plus accentuée et sont plus étroites que les plages de sable. La granulométrie des sédiments et la prédominance du jet de rive sur la nappe de retrait peuvent entraîner la formation d'une levée au-delà de la berme (fig. 3). Cette levée, construite par le déferlement des ondes de tempête, est constituée de matériaux qui sont poussés en haut de la plage. Elle constitue une surélévation naturelle qui ne sera entamée ou submergée que durant les grosses tempêtes.

S'il y a, par contre, une perte nette de matériaux dans la zone intertidale, à cause d'un apport réduit de sédiments le long du rivage, on assistera à une lente invasion des terres par la plage.

## 1.5 PLAGES DE SABLE

Elles sont soumises au même processus que les plages de sédiments mixtes, et elles sont de forme similaire. Elles en diffèrent cependant par le développement de leur levée de plage : pendant les tempêtes, les vagues repoussent le sable au-dessus de la berme, constituant ainsi une terrasse plate d'arrière-plage.

Comme les jets de rive ne peuvent pas être absorbés rapidement par la plage lorsqu'ils y montent, ils continuent à s'y étaler plus haut et dépassent habituellement la berme.

La berme peut-être colonisée par des plantes halophiles qui engendrent la formation d'un petit réseau de dunes en emprisonnant le sable poussé par le vent. Si cette végétation résiste aux ondes des tempêtes subséquentes, un réseau de dunes se développera lentement.

### 1.5.1 Plages concaves.

— Il s'agit de plages isolées le long d'une côte rocheuse ou constituée de falaises. Pour le nettoyage, ces plages peuvent être considérées comme des plages de type spécial (de sédiments grossiers ou de sable). Soulignons que les plages concaves sont particulièrement aptes à retenir les sédiments et les hydrocarbures. Les matériaux prélevés sur ces plages durant le nettoyage devraient être remplacés pour en éviter le recul. L'illustration n° 5 montre une plage concave typique.

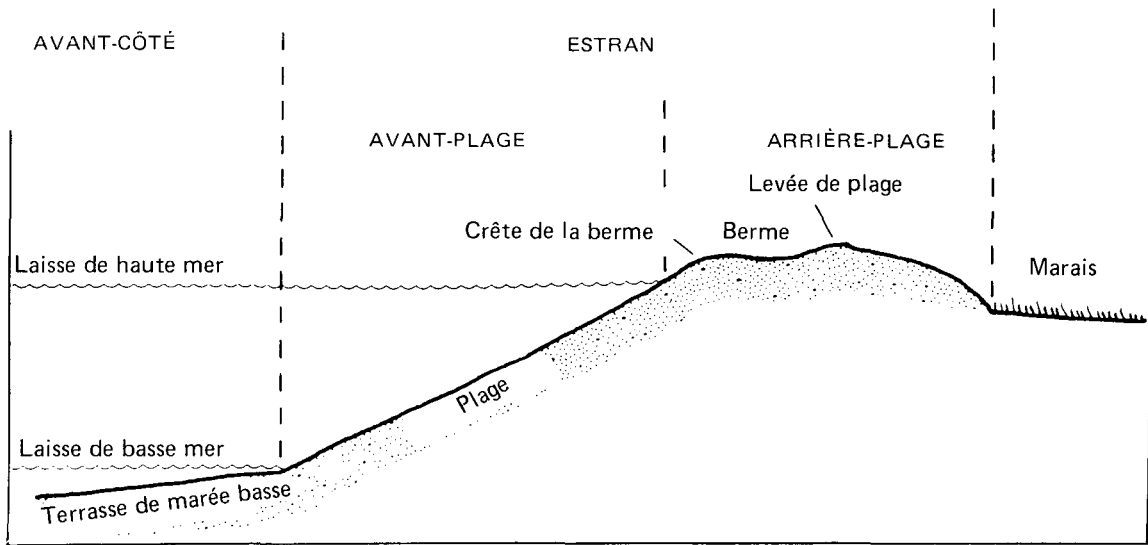


Figure 2 Profil d'une plage

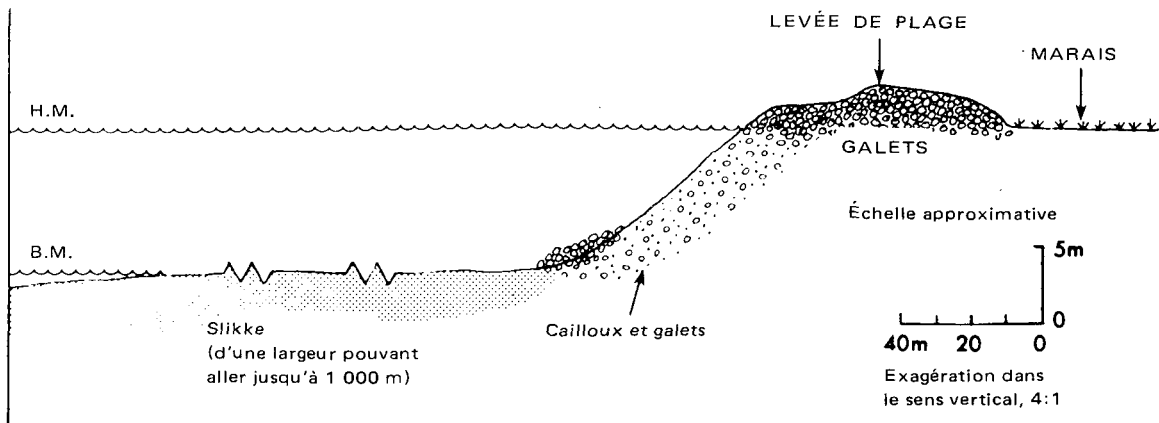


Figure 3 Coupe transversale d'une plage de cailloux et galets





*Illustration n° 4*

Dépôt d'hydrocarbures au-dessus de la laisse de haute mer d'une plage de sable



*Illustration n° 5*

Plage concave

## 1.6 SÉDIMENTS GROSSIERS INTERTIDUAUX

Les sédiments accumulés sur une plate-forme (illustration n° 6) protègent la surface rocheuse de l'abrasion et de l'érosion. Toutefois, si la couche de sédiments est mince, elle peut elle-même causer l'abrasion. La vitesse d'abrasion diminue à mesure que diminue la force des vagues et qu'augmente la granulométrie des sédiments.

## 1.7 SABLE INTERTIDAL

Les rivages constitués de sable intertidal se caractérisent par la présence de dunes mouvantes de différentes tailles, qui amènent une érosion locale et le dépôt de sédiments de surface. Souvent, à marée basse, les couloirs qui séparent les dunes sont humides et peuvent même contenir de l'eau stagnante. Les dunes mouvantes sont typiques des régions où l'on observe de vastes bancs intertidaux et où l'apport de sédiments est important.

Sur les plages où la granulométrie des sédiments apportés dans la zone littorale est variée et où les vagues sont suffisamment fortes pour trier ces sédiments, les sables se déposent habituellement sur la terrasse de marée basse. Les matériaux plus grossiers sont déposés sur la pente de la plage proprement dite ainsi que sur ses parties supérieures. Les terrasses de marée basse sablonneuses se caractérisent habituellement par une surface plane et une forte teneur en eau (illustration n° 7).

## 1.8 BOUE INTERTIDALE

Les dépôts de ce type existent surtout dans les régions qui sont à l'abri des vagues. Les slikkes, qui se caractérisent souvent par un réseau de chenaux (illustration n° 8), peuvent s'étendre sur de grandes superficies ou au contraire, se limiter à la partie inférieure de la zone intertidale des plages concaves.

## 1.9 MARAIS ET DELTAS

De façon caractéristique, un marais est une étendue plane, recouverte de végétation, située au-dessus de la laisse de haute mer normale et parcourue par des chenaux boueux et dépourvus de végétation.

Les marais se forment lorsque la végétation se fixe sur les sédiments de la zone intertidale supérieure. Lorsque le marais est de formation récente, ces bordures constituent une zone où cette colonisation végétale est lente, tandis que les bordures des vieux marais sont constituées d'escarpements (formations résistantes qui surplombent habituellement les terrains avoisinants) qui subissent l'érosion des vagues à la limite des marées hautes normales.

Dans les régions où le marnage est important, les chenaux sont souvent profonds, caractérisés par de forts courants de marée, lorsque cette dernière change de sens, et ils découpent le marais; certaines de ces régions sont donc très difficile d'accès. À leur bordure, les chenaux présentent souvent des levées qui dominent légèrement le reste du marais.



*Illustration n° 6*

Plate-forme d'abrasion intertidale



*Illustration n° 7*

Veys de sable



*Illustration n° 8*

Slikkes de grande superficie



*Illustration n° 9*

Delta

Les deltas ressemblent aux marais sous plusieurs aspects : ils sont soumis aux inondations causées par les ondes de tempête, les marées et les crues. Les basses terres entre les chenaux de cours d'eau constituent habituellement des marais (illustration n° 9).

#### 1.10 HAUTS DE PLAGES (débordement, débris, passes et lagunes)

Pendant une tempête, les vagues submergent la levée de plage et poussent les matériaux vers l'intérieur des terres. Ce processus, appelé débordement, entraîne l'ensevelissement des terres ou du marais situé au-delà du haut de plage (illustration n° 10). La limite supérieure de l'activité des ondes de tempête est marquée par une ligne de débris (bois, troncs, détritus, etc.) qui s'accumulent normalement le long de la laisse de haute mer pour être par la suite poussés plus haut par les ondes de tempête.

Les passes se forment surtout aux endroits où des cours d'eau se jettent dans la mer. La morphologie des passes change constamment à cause des courants de marée.

Les lagunes drainées par les passes présentent des zones intertidales boueuses. Lorsqu'une lagune ou un étang est enfermé en arrière d'une plage, les dépôts de débordement l'emplissent graduellement. Les changements du niveau des eaux provoqués par le ruissellement des terres adjacentes provoquent la formation de lignes de débris; ces dernières marquent la limite supérieure du niveau des eaux. La superficie des lagunes ou des étangs est habituellement trop petite pour engendrer des vagues notables; elles ne sont par conséquent le théâtre d'aucun changement de forme important.



*Illustration n° 10*

Haute plage de grande superficie, et marais

### **1.11 OUVRAGES ÉDIFIÉS PAR L'HOMME**

Les quais, les brise-lames et autres ouvrages de ce type peuvent être considérés comme des types de rivage spéciaux et sont divisés en trois catégories aux fins du nettoyage : les ouvrages de béton, de roches ou de blocs de béton et ceux sur pilotis. Les ouvrages de béton sont traités de la même façon que les rochers. Ceux qui sont faits de roches ou de blocs de béton, comme les brise-lames, sont traités de la même manière que les plages de sédiments grossiers. Les structures montées sur pilotis telles que les quais constituent des cas spéciaux et doivent être traitées comme tel.

### **1.12 EFFETS DE LA GLACE SUR LES RIVAGES**

La formation de glace sur l'eau ou sur le rivage influe sur la transformation du littoral. Une couche de glace uniforme empêche la formation des vagues et la glace qui flotte sur l'eau en atténue généralement l'action. De plus, la glace qui se forme sur les rivages les protège contre l'action des vagues et empêche les nappes d'hydrocarbures de s'y déposer. La glace côtière (ou pied de glace) se forme habituellement avant la glace en mer et persiste plus longtemps. La glace formée en mer et qui échoue sur une plage peut pousser les sédiments vers l'intérieur et constituer une levée. Celle-ci, si elle est formée avant un déversement d'hydrocarbures sur la côte, pourrait empêcher que la pollution gagne au-delà de cette limite; toutefois, si cette levée se forme après la pollution de la plage par les hydrocarbures, elle entraînera l'ensevelissement ou le mélange de ces hydrocarbures avec les sédiments de la plage.

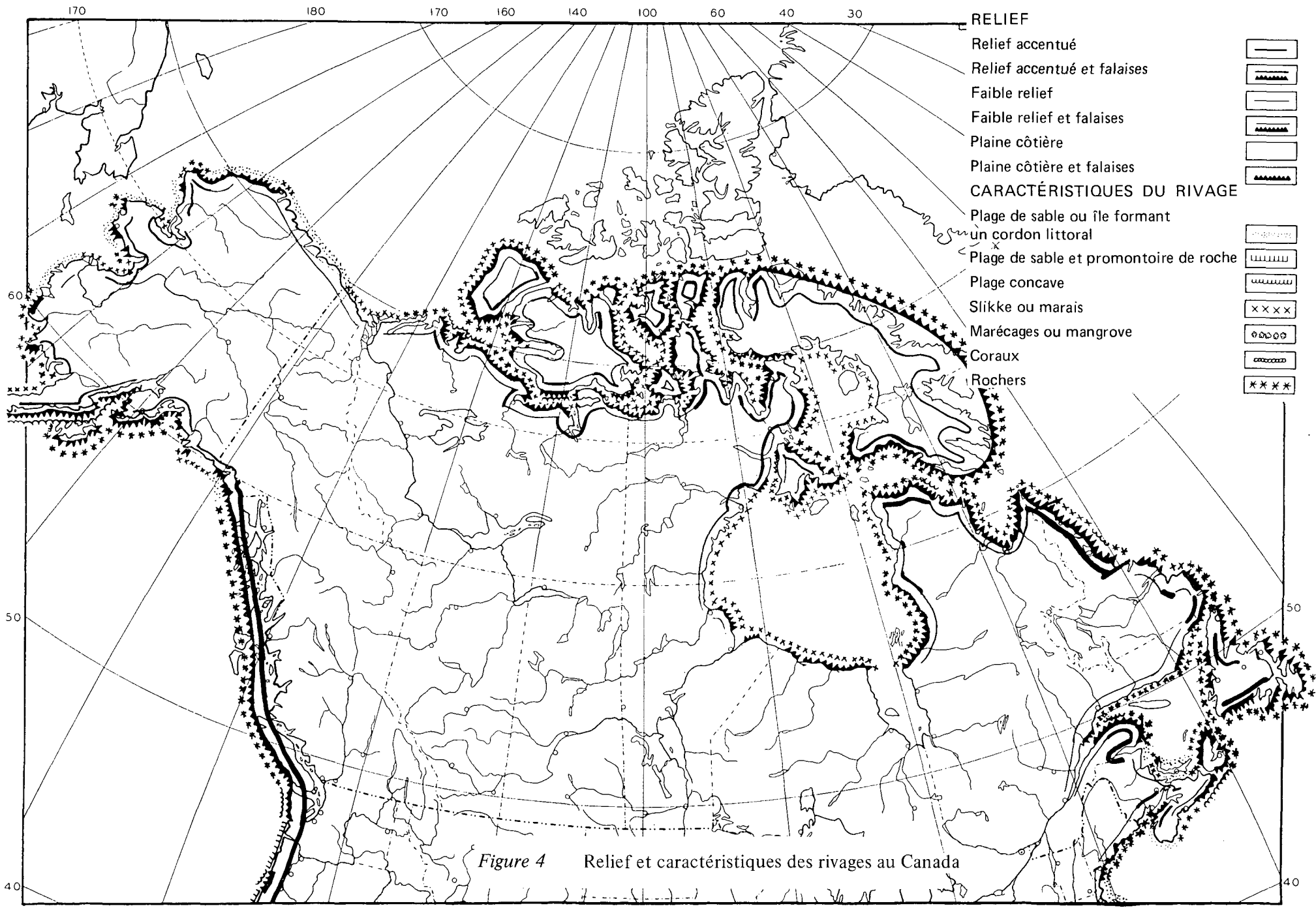


Figure 4 Relief et caractéristiques des rivages au Canada

## 2 CARACTÉRISTIQUES DES RIVAGES DES DIFFÉRENTES RÉGIONS CANADIENNES

Sauf exceptions, la majorité des études scientifiques détaillées effectuées pendant les quelque vingt dernières années sur les côtes canadiennes ont porté sur le bassin inférieur des Grands lacs, la partie sud du golfe Saint-Laurent et les deltas du Mackenzie et du Fraser.

Même si elles présentent un large éventail de milieux géologiques, océanographiques, climatiques et biologiques, les côtes du Canada sont surtout constituées de rochers ou de plages à sédiments grossiers et sont exposées à des vagues de faible intensité.

Environ 90 p. 100 des côtes canadiennes subissent l'influence de la glace sur les plages ou dans les eaux avoisinantes. Les côtes de la Colombie-Britannique constituent la seule exception à cette règle. Les côtes de l'Arctique subissent l'influence des glaces pendant plus de six mois de l'année, et la plupart des régions nordiques peuvent parfois rester emprisonnées sous les glaces pendant plusieurs années consécutives.

### 2.1 CÔTE DE L'ATLANTIQUE

La côte de l'Atlantique est peu abritée et surtout constituée de rochers; elle s'étend de la frontière des États-Unis jusqu'au cap Chidley, dans le nord du Labrador. Cette façade de 45 369 km représente 18,6 p. 100 de l'ensemble des côtes canadiennes; elle comprend l'immense golfe du Saint-Laurent (7 500 km) et la baie de Fundy, plus petite (1 400 km). L'ampleur des marées et la force des vagues auxquelles sont soumis les rivages de cette région varient énormément d'un lieu à l'autre. Cette région a cependant comme caractéristique constante de présenter un rivage de rochers, modelé surtout par des ondes de tempêtes et où les sédiments littoraux sont généralement rares.

Les côtes extérieures exposées du Labrador, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse sont principalement constituées de rochers et diffèrent, de ce point de vue, des rivages qui présentent une accumulation de dépôts dans les régions plus abritées du golfe Saint-Laurent et de la baie de Fundy. La glace joue un rôle important dans toutes les régions de la côte Atlantique, sauf dans celles les plus au sud.

### 2.2 CÔTE DU PACIFIQUE

Elle représente 10,5 p. 100 de l'ensemble des côtes canadiennes et se caractérise principalement par une côte de montagnes et de fjords à structure relativement stable. La chaîne côtière dont les sommets s'élèvent jusqu'à 4 000 m et un réseau complexe d'îles, de passes et de fjords donnent à cette côte un aspect irrégulier et accidenté. Elle fait face à l'ouest et se situe à des latitudes moyennes. Elle est exposée aux vagues engendrées dans le Pacifique nord par des vents dominants de l'Ouest. La côte exposée présente un milieu modelé plus par la houle que par des ondes locales de tempête. Habituellement, la houle se caractérise par une période plus régulière et plus longue et par des crêtes plus aplaties que celles des vagues dans les eaux libres où elle est



engendrée. La côte du Pacifique est exposée à de fortes vagues pendant toute l'année. Toutefois, contrairement aux rivages exposés, les rivages abrités ne connaissent pas de vagues très fortes.

### 2.3 CÔTES DE L'ARCTIQUE

Ces côtes comptent pour les trois quarts des rivages océaniques du Canada. Elles bordent d'une part l'océan Arctique, d'autre part la baie Baffin et le détroit de Davis, bras formé par l'Atlantique du nord-ouest, et comprennent les côtes de la baie d'Hudson, vaste mer intérieure. Les glaces influent fortement sur l'action des vagues et des marées et sur la morphologie de cette région. Ces côtes subissent l'action de la glace pendant plus de six mois de l'année.

Tous ces rivages présentent une grande variété de caractéristiques, variant du vaste delta du fleuve Mackenzie aux fjords escarpés de la baie Baffin. La durée de l'action des vagues et des marées dépend directement de la présence de la glace en mer et sur le rivage.

### 2.4 RIVES DES GRANDS LACS

Les Grands lacs constituent la plus vaste nappe d'eau douce au monde (245 000 km<sup>2</sup>). La rive nord des lacs Supérieur, Érié et Ontario ainsi que la rive est et la rive nord du lac Huron appartiennent au Canada; le lac Michigan est situé entièrement en territoire américain. Nous ne possédons aucune mesure précise de la longueur de la rive canadienne des Grands lacs, mais elle est estimée à environ 15 000 km. L'ensemble du bassin des Grands lacs descend par étages à partir du lac Supérieur (184 m au-dessus du niveau moyen de la mer), en passant par le lac Huron (117 m) et le lac Érié (174 m), jusqu'au lac Ontario (75 m) qui est drainé dans l'Atlantique nord par le fleuve Saint-Laurent. Les rives des Grands lacs sont essentiellement soumises aux mêmes processus naturels que les côtes océaniques, mais en diffèrent principalement par l'absence de marées astronomiques et par le fait qu'elles enferment des masses d'eau relativement petites qui en font des habitats protégés et peu soumis à l'action des vagues.

### 3 INCIDENCE DES DÉVERSEMENTS PÉTROLIERS

#### 3.1 INTRODUCTION

L'incidence d'un déversement pétrolier sur une côte dépend du volume et du type d'hydrocarbures déversés, des conditions climatiques et météorologiques au moment du déversement, des conditions précises de vagues et de marées, de la morphologie des côtes et du type de sédiments qui recouvrent le littoral. Tous ces facteurs peuvent être connus à l'avance avec une certaine précision et servir de base à des mesures d'urgence locales et régionales, puisqu'ils permettent d'estimer :

- Comment et où les hydrocarbures se déposeront;
- La persistance de ces hydrocarbures;
- Si les méthodes de nettoyage dont on dispose conviennent à une région donnée et si elles seront efficaces; et
- Les lignes directrices portant sur les opérations de nettoyage.

#### 3.2 PERSISTANCE DES HYDROCARBURES

Voici les principaux facteurs qui déterminent la persistance des hydrocarbures dans diverses régions :

- Les caractéristiques physico-chimiques du pétrole brut diffèrent considérablement de celles du pétrole raffiné;
- Les mélanges «légers» comprennent des constituants volatils qui s'évaporent facilement lorsqu'ils sont exposés à l'air;
- Les mélanges «lourds» sont très visqueux et se dégradent plus lentement;
- La vitesse de dégradation dépend : *a*) de la décomposition physico-chimique des hydrocarbures; et *b*) de l'énergie présente (chaleur ou vagues);
- Les vagues, les marées, la glace et le vent ont tous un rôle à jouer dans la dégradation des hydrocarbures sur les rivages;
- Lorsqu'ils sont ensevelis, les hydrocarbures se dégradent très lentement;
- La dégradation est habituellement rapide immédiatement après le déversement; et
- Les caractéristiques physico-chimiques des hydrocarbures déversés changent constamment.

#### 3.3 PERSISTANCE DES HYDROCARBURES DANS DIFFÉRENTES RÉGIONS CÔTIÈRES

**3.3.1 Sur la côte de l'Atlantique.** – L'altération sous l'effet des agents atmosphériques est relativement lente pendant l'hiver. La pollution des plages de sable fréquentées par le public oblige à un nettoyage. La remise en état de ces rivages est faisable. En été, la brume peut nuire à la surveillance des nappes d'hydrocarbures et à la protection des rivages.

Tableau 1

## SENSIBILITÉ DES RIVAGES

SENSIBILITÉ DÉCROISSANTE	
↓	I Marais et lagunes
	II Lieux abrités et plages concaves
	III Plages exposées, Slikkes et veys de sable
	IV Rochers exposés ou falaises

**3.3.2 Sur la côte du Pacifique.** — Les températures relativement élevées de l'air et de l'eau de ces régions facilitent la dégradation biochimique des hydrocarbures échoués. La brume peut nuire à la surveillance des nappes et à la protection des rivages. Les billes de bois échouées peuvent protéger la haute plage, mais pourraient être difficiles à enlever ou à brûler. Les hydrocarbures captés par le varech pourraient subséquemment être déposés sur des rivages avoisinants.

**3.3.3 Sur les côtes de l'Arctique.** — Dans ces régions, la vitesse de la dégradation naturelle et l'action des vagues et des marées sur le littoral sont faibles pendant toute l'année. La mer et les rivages sont emprisonnés sous la glace pendant au moins six mois de l'année. En vaporisant de l'eau sur les rivages lorsque les températures ambiantes sont au-dessous du point de congélation, il est possible de constituer une couche de glace qui protégera les surfaces contre la pollution et facilitera l'élimination des hydrocarbures.

**3.3.4 Sur les rives des Grands lacs.** — La hauteur variable de l'eau des Grands lacs constitue un facteur important à considérer lorsqu'il s'agit de prévoir l'incidence d'un déversement pétrolier. L'altération naturelle des hydrocarbures est relativement rapide pendant l'été. Les vagues, de faible amplitude, et dont l'énergie se confine dans un domaine étroit, ne jouent qu'un rôle limité dans la dispersion des nappes d'hydrocarbures.

### 3.4 SENSIBILITÉ DES RIVAGES

Par sensibilité du rivage, nous entendons sa réaction aux changements apportés aux processus naturels par les déversements pétroliers et par la remise en état. Le tableau 1 montre la sensibilité de divers types de rivages aux déversements d'hydrocarbures. L'incidence des déversements est généralement importante dans les environnements biologiquement productifs comme les lagunes et les marais. La protection et la remise en état de ces rivages devraient être prioritaires. À l'inverse, les rivages de rochers ou de falaises, où les vagues et les marées sont très fortes, constituent des écosystèmes moins sensibles. À cause de la vitesse de dispersion et de dégradation naturelle des hydrocarbures, ils ne nécessitent généralement ni protection ni nettoyage.

Entre ces deux extrêmes, il existe une grande variété d'environnements qui présente des degrés divers de sensibilité écologique et géologique.

La décision de protéger ou de nettoyer un rivage donné repose sur une foule de critères, y compris : la valeur économique du rivage ou son utilité pour les loisirs, la vitesse de l'épuration naturelle, la sensibilité biologique, la stabilité du rivage, les possibilités d'une nouvelle pollution, l'efficacité des méthodes existantes de nettoyage et l'accessibilité du rivage.

Les facteurs qui influent sur le choix de la ou des méthodes à employer comprennent : la quantité et le type d'hydrocarbures déversés; le type de rivage; la profondeur de pénétration des hydrocarbures dans les sédiments; la superficie de la contamination; la disponibilité de l'équipement et les questions de logistique; les voies d'accès menant aux rivages et la facilité de circulation; les dommages que les méthodes employées pourraient causer à l'environnement côtier; et l'efficacité des méthodes, c'est-à-dire la vitesse de nettoyage et le pourcentage d'hydrocarbures éliminés.

Le tableau 2 résume les méthodes de nettoyage recommandées pour divers types de rivages, et donne une brève description de l'incidence des hydrocarbures déversés et des méthodes de nettoyage nécessaires pour chacun de ces types.

#### 4.1 ROCHERS

**4.1.1 Incidence des hydrocarbures.** — Ce type de rivage se rencontre sur les côtes qui sont soumises à des vagues de forte intensité. Les nappes sont habituellement dispersées avant d'atteindre le rivage.

Les hydrocarbures n'enduiront les rochers que si leur surface est sèche et que le temps est calme. Les vagues sont rabattues par les côtes rocheuses escarpées et ont tendance à éloigner les nappes du rivage, sauf par temps calme. L'adhérence immédiate des hydrocarbures aux surfaces sèches peut changer la nature de la pollution, surtout dans la zone intertidale.

Les dépôts d'hydrocarbures sont plus fréquents dans la partie supérieure des zones intertidales et au niveau des hautes eaux, car ces zones disposent d'une plus grande période de temps pour sécher, à marée basse, que les marges inférieures de la zone intertidale.

Les zones intertidales rocheuses sont souvent recouvertes d'algues qui emprisonnent, par adsorption ou autre, les hydrocarbures. Généralement, les quantités d'hydrocarbures déposés diminuent à mesure que la pente augmente.

**4.1.2 Méthodes de nettoyage.** — Lorsque les surfaces rocheuses sont accessibles, on peut disperser les hydrocarbures qui s'y sont déposés en recourant à la vapeur sous pression ou aux jets de sable. Toutefois, ces méthodes présentent un danger pour la flore et la faune intertidale.

Si les hydrocarbures s'accumulent dans les crevasses ou les creux de rocher, il est possible de les enlever à l'aide de pompes, de seaux ou de plus petits contenants. Ces méthodes manuelles sont recommandées si le nettoyage s'avère nécessaire pour éviter la redistribution des hydrocarbures sur des rivages avoisinants.

Tableau 2 MÉTHODES DE NETTOYAGE DES RIVAGES

	Dispersants chimiques	Jets d'eau à haute pression	Jets d'eau à basse pression	Nettoyage à la vapeur	Jets de sable	Mélange	Enlèvement par moyens mécaniques	Enlèvement à la main	Adsorbants	Combustion	Ramassage
Surfaces rocheuses	+	+	✓	+	+	—	—	✓	+	—	+
Falaises de roches tendres ou meubles	—	x	x	x	x	—	x	x	x	—	—
Plages de sédiments grossiers	+	+	+	x	x	+	+	✓	+	x	—
Plages de sable	+	x	x	x	x	+	✓	✓	✓	x	—
Sédiments grossiers intertidaux	+	+	+	+	x	+	+	✓	+	x	—
Sable intertidal	+	x	x	x	x	x	+	+	+	x	—
Boue intertidale	+	x	x	x	x	x	x	+	+	x	—
Marais et deltas	x	x	✓	x	x	—	x	✓	+	+	+
Hauts de plages	+	+	+	—	—	✓	+	✓	+	x	+
Ouvrages édifiés par l'homme	+	✓	✓	✓	✓	—	—	✓	+	—	—

✓ Recommandé  
+ Possible et éventuellement utile  
x À éviter  
— Inapplicable

## 4.2 FALAISES DE ROCHES TENDRES

**4.2.1 Incidence des hydrocarbures.** — Comme les falaises de ce type sont habituellement protégées par une plate-forme ou par une plage, seules les ondes de tempête peuvent transporter les hydrocarbures au-delà de la plage.

L'érosion de ces falaises par altération, chutes de pierres ou glissements de terrain peut atteindre une vitesse de 2 mètres par an. À mesure que la falaise recule, les hydrocarbures déposés sur les rochers s'accumulent dans la zone littorale ou sous forme de talus. Lorsque les hydrocarbures se déposent dans la zone de la plage exposée aux vagues ou lorsqu'ils sont enfouis, ils se dégradent lentement; s'ils parviennent dans la zone intertidale, leur dégradation sera relativement plus rapide.

**4.2.2 Méthodes de nettoyage.** — Aucune mesure n'est recommandée car ce type de rivage se nettoie de lui-même, dans un temps relativement court (1 à 2 ans, selon le type et la quantité d'hydrocarbures déversés).

La récupération manuelle des hydrocarbures accumulés dans les bassins, les crevasses ou les creux permet d'éviter que ces hydrocarbures n'aboutissent sur des rivages avoisinants. Sur les falaises constituées de roches meubles, on peut utiliser des pelles ou des râtaux.

## 4.3 PLAGES DE SÉDIMENTS GROSSIERS

**4.3.1 Incidence des hydrocarbures.** — Lors d'un déversement, les hydrocarbures se déposent habituellement sur la haute plage ou sur la terrasse de marée basse et s'immiscent entre les grosses particules sédimentaires qui composent la plage.

Lorsque l'action des vagues et des marées est faible ou lorsque de grandes quantités d'hydrocarbures arrivent sur le rivage, ces derniers peuvent polluer la zone intertidale en entier.

Lorsque les hydrocarbures sont ensevelis ou déposés sur la berme ou sur la levée de plage, la dégradation est lente.

**4.3.2 Méthodes de nettoyage.** — On peut utiliser des adsorbants pour diminuer la pénétration des hydrocarbures et en faciliter le nettoyage. Des digues construites le long de la laisse de haute mer peuvent empêcher ou réduire le dépôt d'hydrocarbures sur la haute plage. Il est recommandé de nettoyer les petits déversements à la main; pour les déversements importants, il sera préférable d'utiliser des chargeuses à pelle frontale.

## 4.4 PLAGES DE SABLE

**4.4.1 Incidence des hydrocarbures.** — Seuls les hydrocarbures légers pénètrent dans le sable. Les hydrocarbures se déposent habituellement sur les parties supérieures de la plage; toutefois, lorsque l'action des vagues et des marées est faible ou lorsque de grandes quantités d'hydrocarbures sont rejetées sur le rivage, toute la zone intertidale peut être souillée.

Les cycles normaux d'érosion et d'engraissement des plages entraînent l'élimination ou l'enfouissement des hydrocarbures rejetés sur le rivage; les hydrocarbures enfouis se dégradent

très lentement. La vitesse de la dispersion et de la dégradation dans la zone intertidale dépend de la force des vagues. La protection du rivage à l'aide d'adsorbants ou de digues de sable mouillé construites le long de la laisse de haute mer peut être efficace.

**4.4.2 Méthodes de nettoyage.** — Il est recommandé de nettoyer les petits déversements à la main; pour les déversements importants, il est préférable d'utiliser des niveleuses, des chargeuses, etc. Des excavations ou des tranchées peuvent être creusées près de la laisse de haute mer, pour faire office de réservoirs. L'évaporation des fractions légères peut être accélérée en mélangeant les sédiments de surface.

Si le nettoyage n'est pas nécessaire, les hydrocarbures peuvent être repoussés dans la zone intertidale pour y être dispersés par les vagues. On peut aussi utiliser des machines pour briser la couche d'hydrocarbures et en accélérer la dégradation.

Si des volumes importants de sédiments doivent être enlevés, il faut les remplacer. Les bermes peuvent être remises en état à l'aide des sédiments empruntés au haut de plage.

## 4.5 PLAGES ABRITÉES

**4.5.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les hydrocarbures ont tendance à s'accumuler sur les plages abritées et recouvriront la zone intertidale, sauf lors des tempêtes. Si le déversement est important, on assistera à la formation d'un «revêtement bitumineux». La dispersion et la dégradation des hydrocarbures déposés sur une plage abritée est très lente; elle peut prendre plusieurs années.

**4.5.2 Méthodes de nettoyage.** — Le nettoyage à la main est efficace si le déversement n'est pas trop important. Dans les cas de forte pollution, lorsque le dépôt d'hydrocarbures est épais, il est nécessaire d'utiliser des machines.

Si le nettoyage à grande échelle ne s'avère pas nécessaire, la dispersion et l'altération peuvent être accélérées par la fragmentation de la couche d'hydrocarbures à l'aide de râtaux et de pelles. Comme le remplacement naturel des sédiments est habituellement limité dans ces milieux, tous les matériaux éliminés devraient être remplacés.

## 4.6 SÉDIMENTS GROSSIERS INTERTIDaux

**4.6.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les sédiments grossiers ne sont déplacés que dans des milieux où les vagues et les marées sont fortes et leur vitesse de déplacement est habituellement faible. Les hydrocarbures pénètrent entre les particules de ces sédiments et les huiles lourdes peuvent entraîner la formation d'un «revêtement bitumineux» extrêmement durable.

**4.6.2 Méthodes de nettoyage.** — Il n'existe pas de méthode idéale ou vraiment efficace. Toutefois, il est possible d'utiliser des machines pour fragmenter ce «revêtement» et les hydrocarbures peuvent être recueillis à la main. On ne peut procéder au nettoyage qu'à marée basse.

#### 4.7 SABLE INTERTIDAL

**4.7.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les fractions légères pénètrent dans le sable, tandis que les huiles lourdes s'accumulent dans les dépressions à marée descendante. Les hydrocarbures sont remis en suspension à marée montante, si le sable est humide. Si des hydrocarbures s'échouent, le sable peut être déplacé par les vagues et les marées et entraîner l'enfouissement de ces hydrocarbures qui, alors, ne se dégradent pas.

**4.7.2 Méthodes de nettoyage.** — Lorsqu'ils sont présents en grandes quantités, les hydrocarbures lourds peuvent être éliminés mécaniquement, à condition que la plage ne soit pas accidentée et que la traction y soit adéquate.

Même si les grands veys de sable sont difficiles à nettoyer, on peut éliminer, mécaniquement ou manuellement, les hydrocarbures déposés sur les terrasses de marée basse. Des précautions devraient être prises pour éviter que le personnel ou les machines ne s'embourbent dans le sable mou ou soient surpris par la marée montante.

#### 4.8 BOUE INTERTIDALE

**4.8.1 Incidence des hydrocarbures.** — À marée montante, les hydrocarbures sont remis en suspension, à l'exception des fractions lourdes et résiduelles. Les hydrocarbures enfouis ne se dégradent que lorsqu'ils sont exposés de nouveau à l'air.

**4.8.2 Méthodes de nettoyage.** — Il est difficile et parfois même dangereux d'accéder aux milieux boueux ou de s'y déplacer. Le nettoyage est difficile; il n'est recommandable qu'en cas de nécessité. Il n'existe pas de méthode pratique ou efficace de nettoyage, sauf pour les petits déversements, qu'il est possible de nettoyer à la main ou à l'aide de machines.

#### 4.9 MARAIS ET DELTAS

**4.9.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les marais et les deltas ne sont immergés qu'à l'occasion de marées exceptionnellement hautes, d'ondes de tempête et pendant les crues. Dans tous les autres cas, les hydrocarbures restent déposés à la bordure des marais et des deltas ou dans les chenaux de marée.

En général, la dégradation biochimique est assez rapide dans les marécages, sauf s'ils sont situés dans des régions froides. Les marais devraient être protégés; la construction de digues à la bordure des marais constitue une protection efficace.

**4.9.2 Méthodes de nettoyage.** — Le nettoyage des hydrocarbures à la main, le lavage aux jets d'eau à basse pression, l'utilisation d'adsorbants, la combustion dirigée ou l'arrachage de la végétation polluée sont toutes des méthodes efficaces de nettoyage. Toutefois, il est préférable d'utiliser l'eau à basse pression. Les machines, sauf les faucheuses flottantes, ne devraient pas être utilisées. La combustion ne devrait être employée qu'en automne ou en hiver.



## 4.10 HAUTS DE PLAGES

**4.10.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les hydrocarbures qui se déposent sur la haute plage se dégradent et se dispersent lentement car l'action des vagues et des marées n'y est pas très forte. L'endommagement de la végétation du haut de plage peut conduire à l'érosion éolienne et, éventuellement, à l'inondation du haut de plage.

Le haut de plage doit être protégé et la construction de digues constitue souvent une des solutions possibles. Lorsqu'une passe relie une lagune à la mer, elle sert souvent de voie d'entrée aux hydrocarbures vers la haute plage, à marée montante. L'installation d'une barrière dans la passe peut procurer une protection efficace.

**4.10.2 Méthodes de nettoyage.** — Le nettoyage à la main est efficace pour les petits déversements. Si le mélange des hydrocarbures avec les sédiments grossiers conduit à la formation d'un «revêtement bitumineux», on peut utiliser des machines pour fragmenter et pousser ce revêtement dans la zone intertidale, en augmentant ainsi la vitesse de dispersion et de dégradation.

La circulation des véhicules sur la haute plage et les dunes recouvertes de végétation devrait être limitée aux voies d'accès existantes. L'endommagement de ces zones peut être réduit par l'emploi de tapis absorbants.

## 4.11 OUVRAGES ÉDIFIÉS PAR L'HOMME

**4.11.1 Incidence des hydrocarbures.** — Les hydrocarbures ont tendance à recouvrir les surfaces exposées des ouvrages. La dégradation et la dispersion de ces hydrocarbures dépendent de la force des vagues et des marées. Les hydrocarbures qui se déposent hors de la portée des vagues se dispersent et se dégradent très lentement.

**4.11.2 Méthodes de nettoyage.** — Les seuls moyens efficaces de protection qu'il est possible de recommander sont l'épandage d'adsorbants sur les pentes peu accentuées ou l'utilisation de jets d'eau sur les surfaces souillées. Les surfaces peuvent être nettoyées à la vapeur, aux jets de sable ou d'eau. Il est possible de disperser les hydrocarbures à l'aide d'un jet d'eau à basse pression et de les recueillir par la suite sur les plans d'eau avoisinants.