

TD

1066

.055

E32

EL3601103D

EFFETS DES DISPERSANTS CHIMIQUES
SUR LA DISPERSION DES HYDROCARBURES
DANS L'ESTUAIRE MOYEN
DU SAINT-LAURENT

DATE: SEPTEMBRE 1984

ROCHE
associés ltée
Groupe-conseil

ENVIRONNEMENT

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce travail a demandé la collaboration d'un grand nombre de personnes que nous tenons à remercier, même s'il est impossible de les mentionner toutes. Le financement du projet a été assuré par Environnement Canada, sous la supervision de monsieur Claude Rivet de la division des Urgences environnementales. La participation de monsieur Rivet à toutes les étapes de réalisation a été plus que précieuse, notamment en ce qui concerne le travail de terrain.

Nous tenons à remercier le professeur B.F. D'Anglejan de l'Institut d'Océanographie de l'université McGill, monsieur Marc Lucotte et leur équipe de travail, qui non seulement ont fourni une bonne partie de l'équipement de recherche, mais ont également prêté leur concours pour le travail de terrain et les analyses en laboratoire.

Tous nos remerciements aux équipages du Germa-A et de la Diatomée, ainsi qu'aux membres de l'équipe du Giroq qui ont participé aux opérations en mer et à la mise à l'eau des instruments.

Enfin, mentionnons le travail assidu du professeur D. MacKay du département de Génie chimique de l'Université de Toronto et de son équipe, en particulier madame W. Lau, qui ont réalisé les simulations en laboratoire et en modèle mathématique des interactions suspensoïdes/hydrocarbures.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
Remerciements	i
Table des matières	ii
Liste des figures et des tableaux	iii
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Méthodologie et territoire à l'étude	3
2.0 DYNAMIQUE ESTUARIENNE ET CYCLE SÉDIMENTAIRE	7
2.1 Dynamique estuarienne	7
2.2 Cycle sédimentaire dans la zone de turbidité	17
2.3 Balance sédimentaire de la zone de turbidité maximum	26
3.0 MODÉLISATION	29
3.1 Analyse des interactions hydrocarbures/suspensoïdes	29
3.2 Modèle d'interactions hydrocarbures/suspensoïdes	34
3.3 Modèle de sédimentation sur les estrans	38
4.0 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION	43
4.1 Recommandations et conclusions	45
BIBLIOGRAPHIE	47
ANNEXES	
A - Programme FORTRAN: Modèle de sédimentation des hydrocarbures dans l'estuaire du Saint-Laurent	
B - Résultats du modèle de sédimentation des hydro- carbures	
C - Table des salinités maximums et minimums le long de la batture de Pointe-aux-Prêtres	

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

	PAGE
Figure 1.1 Territoire à l'étude	4
1.2 Position des stations d'échantillonnage (sept. 1983)	5
2.1 Coupe schématique des circulations résiduelles et de la salinité, estuaire moyen du Saint-Laurent	9
2.2 Profil de salinité, température et densité (sigma t) station P-1	11
2.3 Distribution spectrale des tailles de particules in situ. Le diamètre indiqué est estimé à partir de la vitesse de sédimentation des particules floculées	13
2.4 Séries temporelles de profondeur, de salinité et de température, station C5, du 28 sept. au 11 oct. 1983	15
2.5 Cycle sédimentaire annuel, batture de Pointe-aux- Prêtres, d'après les données de Sérodes <u>et al.</u>	19
2.6 Vecteur progressif de vitesse, station C1	21
2.7 Vecteur progressif de vitesse, station C3	22
2.8 Vecteur progressif de vitesse, station C4	23
2.9 Vecteur progressif de vitesse, station C5	24
2.10 Balance sédimentaire estivale (100 jours) dans la zone de turbidité maximum de l'estuaire moyen du Saint-Laurent	27
3.1 Colonne à sédimentation à diffusion contrôlable	30
3.2 Étapes du fractionnement de la nappe d'hydro- carbures	35
Tableau	
3.1 Résultats de la balance des masses	33

1.0 INTRODUCTION

La voie navigable du Saint-Laurent permet la circulation de pétroliers à fort tonnage jusqu'à Québec. L'une des zones considérées critiques par les autorités gouvernementales responsables de l'environnement est située entre Cap Brûlé et l'île d'Orléans. Dans cette région, le chenal maritime est étroit et la profondeur d'eau est maintenue à sa cote minimale de 10,5 mètres par des dragages réguliers. Malgré un balisage serré et l'utilisation de pilotes très qualifiés, cette zone est considérée comme un passage dangereux pour la navigation, à cause des hauts fonds et des récifs très nombreux, des forts courants de 2 à 4 noeuds, de la fréquence élevée des brouillards, des variations de la profondeur d'eau qui peut atteindre 5 mètres et du trafic maritime intense.

A ce jour, aucun déversement majeur d'hydrocarbures ne s'est produit. Cependant, dans le but d'établir une procédure d'intervention aussi efficace que possible, les responsables des urgences environnementales ont réalisé un inventaire des ressources pouvant être menacées. Parmi celles-ci, l'oie blanche du Canada est sans doute l'espèce la plus remarquable qui fréquente les battures. En octobre, la presque totalité de la population mondiale d'oies s'arrête sur les battures en cours de migration, pour brouter le scirpe américain qui pousse sur les estrans. Un déversement d'hydrocarbures pourrait être une cause majeure de mortalité des oies, s'il survenait pendant leur séjour. Il est possible également qu'un déversement puisse affecter les oies, même s'il survient avant leur arrivée, en contaminant les herbiers.

La présence de forts courants, de hauts fonds et de récifs limite les moyens d'intervention en cas de déversement. La faible largeur du fleuve et le déplacement rapide de la nappe offrent peu de temps pour la mise en place d'équipement de pompage ou de nettoyage. Les deux scénarios d'intervention les plus probables sont les suivants:

1. la nappe d'hydrocarbures s'échoue en partie ou en totalité sur les battures et l'on procède au nettoyage en arrachant les herbiers contaminés;

2. on traite aux dispersants chimiques la nappe qui se disperse dans la colonne d'eau, réduisant ainsi les risques d'échouage et de contamination immédiate des herbiers.

Chacune de ces approches présente des avantages et des inconvénients. Le nettoyage des battures permet de retirer physiquement les hydrocarbures de l'environnement. En revanche, une partie de la végétation sera détruite. Si le déversement survient pendant la saison de migration, les oies seront exposées à un contact direct avec le pétrole, ce qui pourrait causer un taux de mortalité très élevé. Enfin, le nettoyage est un processus long, coûteux et difficile et une partie des hydrocarbures sera quand même mélangée aux sédiments. Le réserve de Cap Tourmente étant très appréciée comme site naturel et touristique, l'impact psychologique d'une contamination par les hydrocarbures serait considérable, peu importe l'envergure réelle des conséquences environnementales.

L'utilisation de dispersants chimiques est très rapide et peut être très efficace pour disperser les hydrocarbures dans la colonne d'eau si un contrôle approprié des conditions de dispersion est exercé. Parmi les inconvénients de la méthode, mentionnons le fait que les hydrocarbures pourraient rester dans l'environnement beaucoup plus longtemps. La turbidité très élevée de la région fait craindre une sédimentation d'une partie du pétrole sur les battures par association avec les particules en suspension. Dans ce cas, les hydrocarbures risquent de passer dans la chaîne alimentaire sous une forme très insidieuse, sans possibilité de nettoyage.

L'objectif du présent travail est d'évaluer les effets de l'utilisation de dispersants chimiques. Dans quelles conditions ces dispersants peuvent-ils être utilisés avec un maximum d'efficacité et un minimum d'inconvénients? Quels sont les risques de sédimentation, compte tenu des conditions dynamiques et sédimentologiques qui prévalent dans l'estuaire moyen?

Pour répondre à ces questions, un programme d'étude a été entrepris en septembre 1983. Ce programme a nécessité une étroite collaboration de plusieurs

organismes gouvernementaux, universitaires et privés dont la Division des Urgences environnementales Canada, l'Institut d'océanographie de l'université McGill, le département de génie chimique de l'Université de Toronto, le Groupe inter-universitaire de recherche océanographique du Québec (G.I.R.O.Q.) et le Groupe-conseil Roche ltée.

1.1 MÉTHODOLOGIE ET TERRITOIRE À L'ÉTUDE

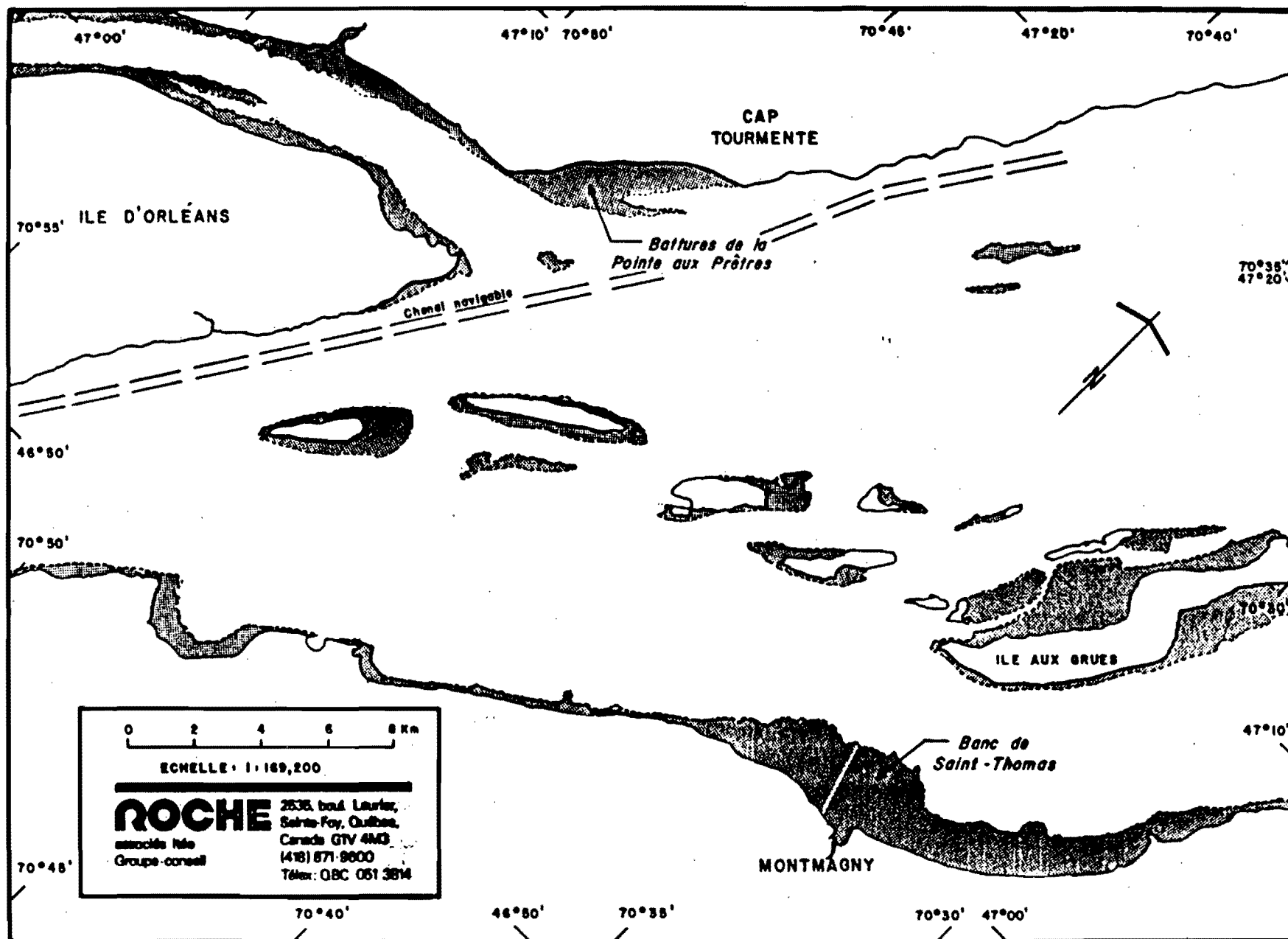
Le territoire à l'étude s'étend de Cap Brûlé à l'île d'Orléans (figure 1.1) et comprend la région traversée par le chenal navigable. Au nord, la batture de Pointe aux Prêtres s'étire parallèlement à l'axe du fleuve sur une distance d'environ 5 km et une profondeur de 1 km. D'une superficie totale de 4,7 km² (Sérodès, 1980), la batture est l'un des principaux sites de regroupement des oies blanches.

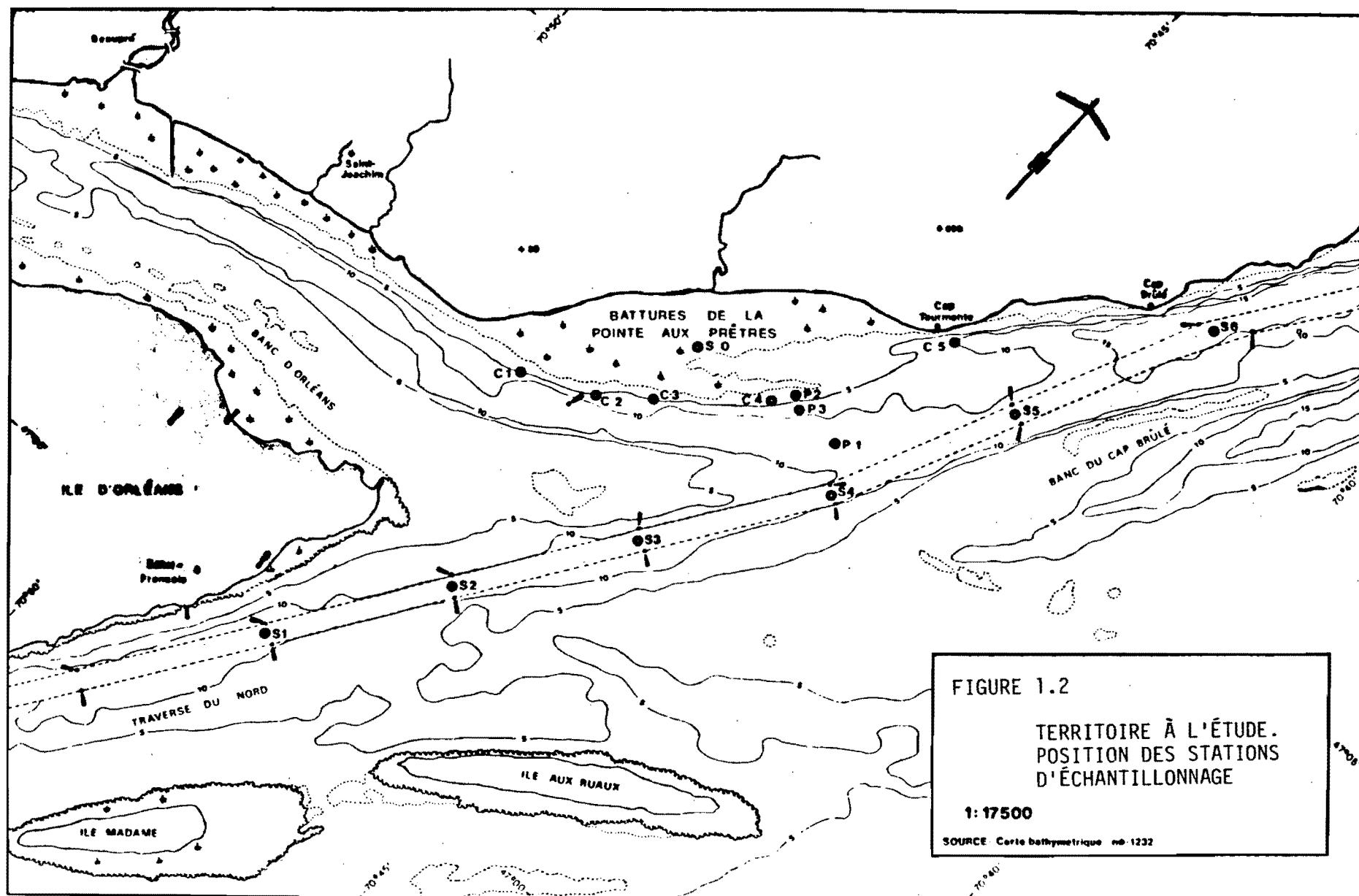
La première étape du travail a consisté en une revue de la littérature disponible sur l'océanographie et la sédimentologie du territoire à l'étude.

Une campagne d'échantillonnage a été menée en septembre 1983 pour compléter cette information en recueillant des données plus spécifiquement applicables à la question étudiée. Cette campagne avait pour but de ramasser des échantillons des dépôts récents et de relever des informations sur la dynamique estuarienne à proximité de la batture de Pointe aux Prêtres, sur la diffusion turbulente de cette région, sur les échanges de particules entre la batture et le fleuve, sur la vitesse de sédimentation des agrégats de particules.

A cette fin, 5 courantomètres Aandera ont été mouillés entre le 28 septembre et le 10 octobre, le long de la limite de la batture de Pointe aux Prêtres (stations C1 à C5). La position des stations d'échantillonnage est illustrée à la figure 1.2. Les instruments ont mesuré la vitesse et la direction des courants, la profondeur, la température et la salinité de l'eau. L'intervalle d'échantillonnage était de 10 minutes et tous les instruments étaient mouillés à 1 m du fond, entre 4 à 5 m sous la limite des basses eaux (zéro marégraphique).

FIGURE 1.1 TERRITOIRE A L'ETUDE





Une station d'échantillonnage (station P1, figure 1.2) a été visitée entre le 28 et le 30 septembre. Deux embarcations ont été utilisées pour relever des profils de vitesse et de direction des courants, de salinité et de température et pour ramasser des échantillons d'eau à 3 profondeurs.

Les échantillons d'eau recueillis par profilage et aux stations de contrôle (stations S1 à S10) ont été utilisés pour déterminer la concentration de matière en suspension totale (M.T.S.) à différentes phases de la marée, en surface et au fond. La concentration en M.T.S. a été déterminée par filtration sur filtres millipores 0,8 μ m (pré-pesés). Une partie des échantillons d'eau ont été utilisés pour déterminer la vitesse de chute des agrégats de particules. Cette détermination doit être faite très rapidement après la cueillette de l'échantillon, sans quoi les agrégats se détruisent et la vitesse de sédimentation est inexacte. A cette fin, un laboratoire mobile, prêté par Environnement Canada, a été installé sur le quai de Saint-François de l'île d'Orléans et équipé de pipettes à sédimentation.

La diffusion verticale a été mesurée en injectant une trace verticale de rhodamine B à la station P1. La dilution a été mesurée par fluorométrie. L'injection a été faite le 30 septembre pendant le jusant (marée baissante) et la trace de rhodamine a pu être suivie jusqu'au banc du Cap Brûlé.

Enfin, un échantillon de sédiments récemment déposés a été ramassé à la station S0 (figure 1.2) et expédié à l'Université de Toronto pour servir à la simulation en laboratoire des interactions sédiments/hydrocarbures.

Ces expériences avaient pour but de déterminer la fraction du pétrole dispersé pouvant être transportée par des particules en suspension. Une colonne à sédimentation équipée d'un générateur de turbulence a été calibrée pour simuler les conditions de diffusion turbulente observées dans l'estuaire du Saint-Laurent à l'aide de la rhodamine. La salinité et la concentration de particules en suspension ont été reproduites et des essais de diffusion des hydrocarbures ont été réalisés pour vérifier empiriquement l'association du pétrole et des particules en suspension.

2.0 DYNAMIQUE ESTUARIEENNE ET CYCLE SÉDIMENTAIRE

Pour évaluer convenablement les répercussions d'un déversement d'hydrocarbures, il importe de connaître le mieux possible le milieu récepteur. La présente section passe en revue les connaissances acquises sur la dynamique de l'estuaire moyen, la zone de turbidité maximum et la sédimentation sur les battures. La dynamique estuarienne et le cycle sédimentaire qui prévaut sur les battures sont décrits en vue de répondre aux questions suivantes, concernant un déversement.

1. Quels sont les facteurs reliés à la dynamique estuarienne qui peuvent affecter l'efficacité d'un dispersant chimique et la dispersion d'une nappe d'hydrocarbures?
2. Existe-t-il un mécanisme qui permet l'échange direct de particules entre le chenal principal et les battures?
3. Quel est le cycle d'accumulation-érosion sur les battures et comment ce cycle est-il relié à la présence de végétation et aux migrations des oies?
4. Quelle est la balance à long terme des apports solides dans la zone de turbidité maximum et sur les estrans de l'estuaire moyen?

Pour modéliser de façon appropriée le transport des hydrocarbures en association avec les particules en suspension, il est nécessaire d'obtenir des réponses aussi précises que possible à ces questions.

2.1 DYNAMIQUE ESTUARIEENNE

La région de Cap Tourmente est située à la rencontre de deux systèmes hydrodynamiques, le système «fluvial» et le système «estuarien». Le système fluvial de la région de Québec est caractérisé par une nette dominance du courant de marée. Le flot (marée montante) produit un courant dirigé vers l'amont de 150 à 200 cm/s. L'écoulement vers l'amont dure environ 4 à 5 heures.

Le jusant (marée baissante) produit un courant dirigé vers l'aval de même intensité que le courant de flot, mais d'une durée de 7,5 à 8,5 heures. Cette durée inégale du flot et du jusant, appelée asymétrie de la marée, est due à la faible profondeur d'eau dans le tronçon Île-aux-Coudres - Île d'Orléans, qui déforme l'onde de marée. Entre le Saguenay et Québec, la durée du flot par rapport au jusant diminue de 47%.

L'écoulement fluvial est orienté dans la même direction dans toute la colonne d'eau. Les propriétés de la colonne d'eau sont généralement assez uniformes verticalement, sauf pour la température, qui varie selon les saisons et la profondeur. La vitesse résiduelle, ou vitesse moyenne pendant plusieurs cycles de marée, est dirigée vers l'aval dans toute la colonne d'eau. La vitesse résiduelle moyenne pour une section correspond au débit fluvial divisé par la section.

Le système estuarien est caractérisé par un écoulement résiduel à deux couches. Le courant résiduel est dirigé vers l'aval dans la couche de surface et vers l'amont, dans la couche inférieure. La couche de surface est saumâtre, avec des salinités variant de 5 à 15‰. La couche de fond est plus salée, avec une salinité se situant autour de 23 à 25‰. Les deux couches d'eau sont séparées par une interface de densité bien définie (pycnocline).

La figure 2.1 représente une coupe schématique des circulations résiduelles et de la salinité dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent.

La région de Cap Tourmente est située à la tête de l'estuaire, c'est-à-dire à la limite supérieure de pénétration de l'eau salée (Pritchard, 1954). A cet endroit, la vitesse résiduelle est dirigée vers l'aval dans toute la colonne d'eau, reflétant les conditions «fluviales» de l'écoulement. Cependant, la vitesse résiduelle est presque nulle près du fond et le courant de flot est généralement plus élevé que le courant de jusant. On retrouve de l'eau salée, même si la salinité est uniforme verticalement la plupart du temps. A certains moments de la marée, les données recueillies à la station Pl, les

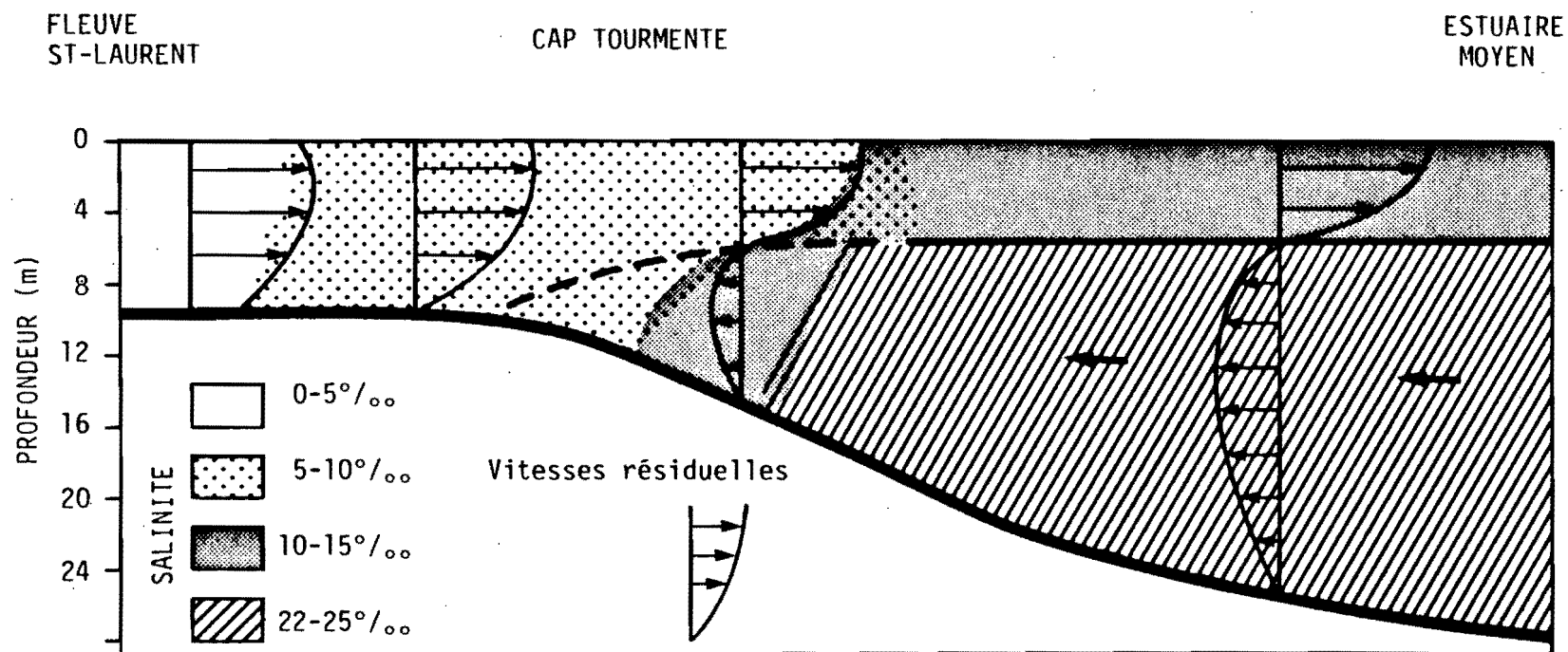


FIGURE 2.1 COUPE SCHEMATIQUE DES CIRCULATIONS RESIDUELLES ET DE LA SALINITE, ESTUAIRE MOYEN DU SAINT-LAURENT

28 et 29 septembre, montrent un gradient de salinité (figure 2.2). Ces conditions sont caractéristiques d'un écoulement estuarien.

Une autre particularité remarquable de la région de Cap Tourmente est le gradient longitudinal de sel très élevé. La salinité de cette région varie en moyenne de 0,5‰ lorsqu'on se déplace de 1 km le long de l'axe du chenal navigable. Le seul autre endroit dans l'estuaire où un gradient longitudinal de salinité aussi élevé est observé est la baie de Sainte-Anne (D'Anglejan et al., 1982).

Enfin, la caractéristique dominante de la région de Cap Tourmente est la turbidité élevée que plusieurs auteurs y ont observée (Kranck, 1979; Silverberg et Sundby, 1979). La concentration de matière en suspension y est environ 100 à 1000 fois plus élevée que celles du fleuve et de l'estuaire maritime. Cette très forte turbidité est due à la rétention des particules apportées dans cette zone.

Lorsqu'une particule entre dans la couche de surface, près de Cap Tourmente, elle se déplace en moyenne vers l'aval, emportée par le courant résiduel. Arrivée dans la zone estuarienne (figure 2.1), la particule sédimente dans la couche inférieure et revient vers l'amont, entraînée par le courant résiduel. Le fait que le courant de flot soit plus fort que le courant de jusant favorise la resuspension des particules pendant le flot et leur transport en direction amont. Les sédiments en suspension sont ainsi ramenés vers Cap Tourmente et le bras nord de l'Île d'Orléans. Ils peuvent sédimenter dans cette zone temporairement ou définitivement, ou encore être repris par les courants et recommencer leur cycle vers l'aval, et ainsi de suite.

Seules les particules très fines pouvant demeurer longtemps dans la couche de surface peuvent atteindre l'estuaire maritime et «s'échapper» vers le golfe du Saint-Laurent. Cependant, la plupart des particules fines en suspension près de Cap Tourmente sont floculées et forment de gros agrégats dont la vitesse de sédimentation est beaucoup trop rapide pour qu'ils puissent

Station **P1** 28 09 83
 Position 70 44.75W
 47 04.10N 12H05
 Profondeur 14.6m

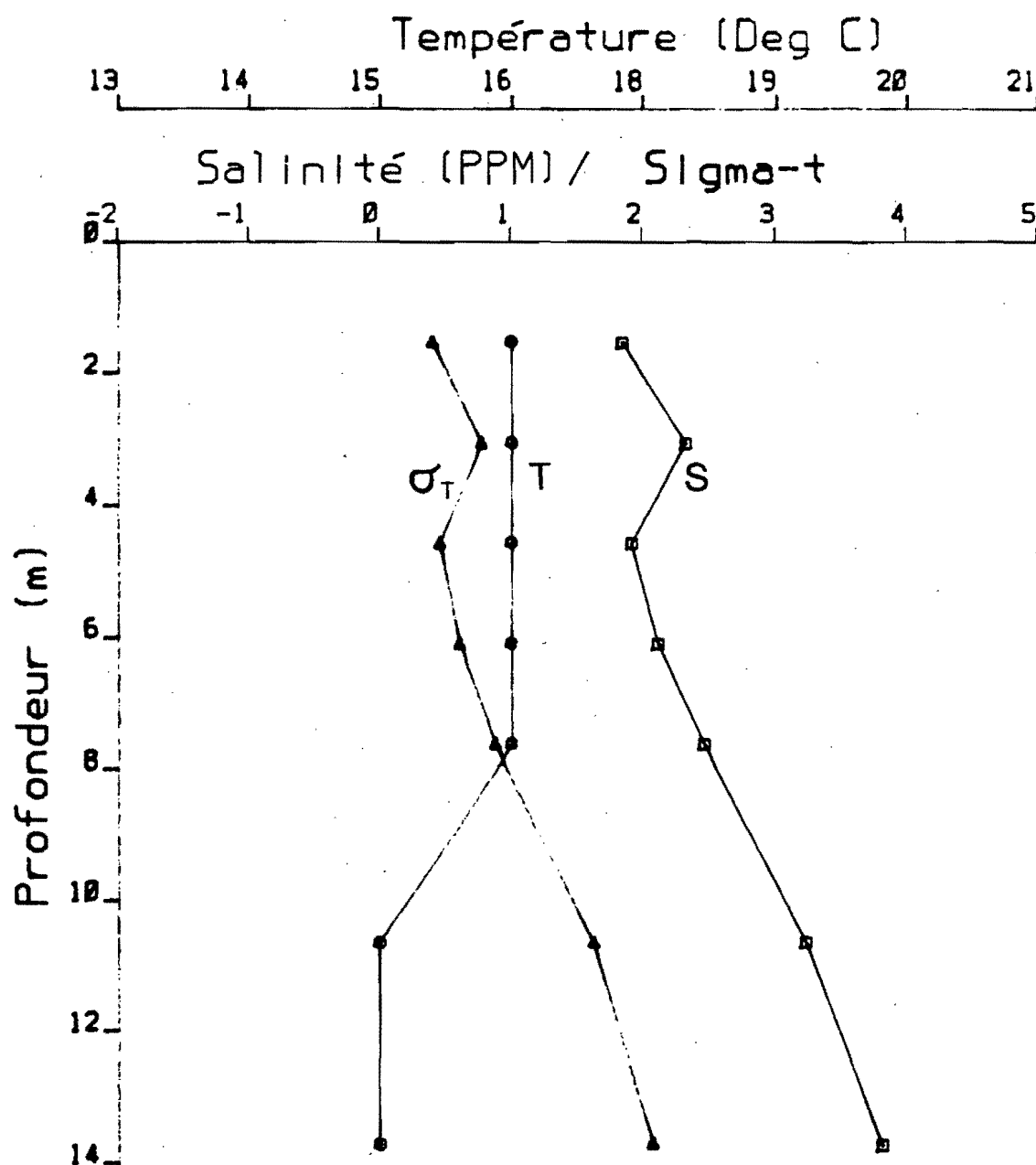


Figure 2.2 Profils de salinité, température et densité (sigma-t), Station P-1

demeurer très longtemps en surface (Kranck, 1979). Les mesures de sédimentation in situ réalisées lors de la campagne de septembre 1983 (figure 2.3) montrent que la taille virtuelle des particules «floculées» est de plus de 10 μm pour la majorité d'entre elles (plus de 80%), surtout près du fond. De telles particules sont transportées surtout le long du fond et leur vitesse de chute est très rapide.

Cette rétention des particules dans un «circuit fermé» augmente le temps de résidence des matières solides introduites dans cette zone. Les substances solubles présentes dans la couche de surface de Cap Tourmente sont évacuées vers l'aval en quelques jours (environ 24 à 48 heures), alors que les substances solides en suspension peuvent résider dans la zone pendant plusieurs mois et même plusieurs années. Ce phénomène provoque une hausse de la concentration de solides en suspension (on appelle cette région «zone de turbidité maximum») et favorise une intense sédimentation sur les plates-formes littorales avoisinantes.

La batture de Pointe aux Prêtres est l'une des plus importantes en ce qui a trait au taux annuel de sédimentation (Sérodès, 1980; Sérodès et al., 1983).

A la lumière de ce qui précède, il est possible de dégager certaines conséquences préliminaires d'un déversement de pétrole et de l'utilisation de dispersants chimiques dans la région de Cap Tourmente.

A. DISPERSION CHIMIQUE

1° Le système dynamique aura une importance majeure sur le comportement des hydrocarbures présents dans la colonne d'eau, et pour plusieurs raisons. D'abord, les gouttelettes d'huile dispersées ont peu de chance de diffuser à travers la pycnocline (interface entre l'eau salée et l'eau douce). Les substances présentes dans la colonne d'eau seront évacuées en direction aval. D'après les calculs effectués sur les données recueillies à Cap Tourmente, la vitesse moyenne de l'eau dans la couche de surface est de 10 à 15 km par jour.

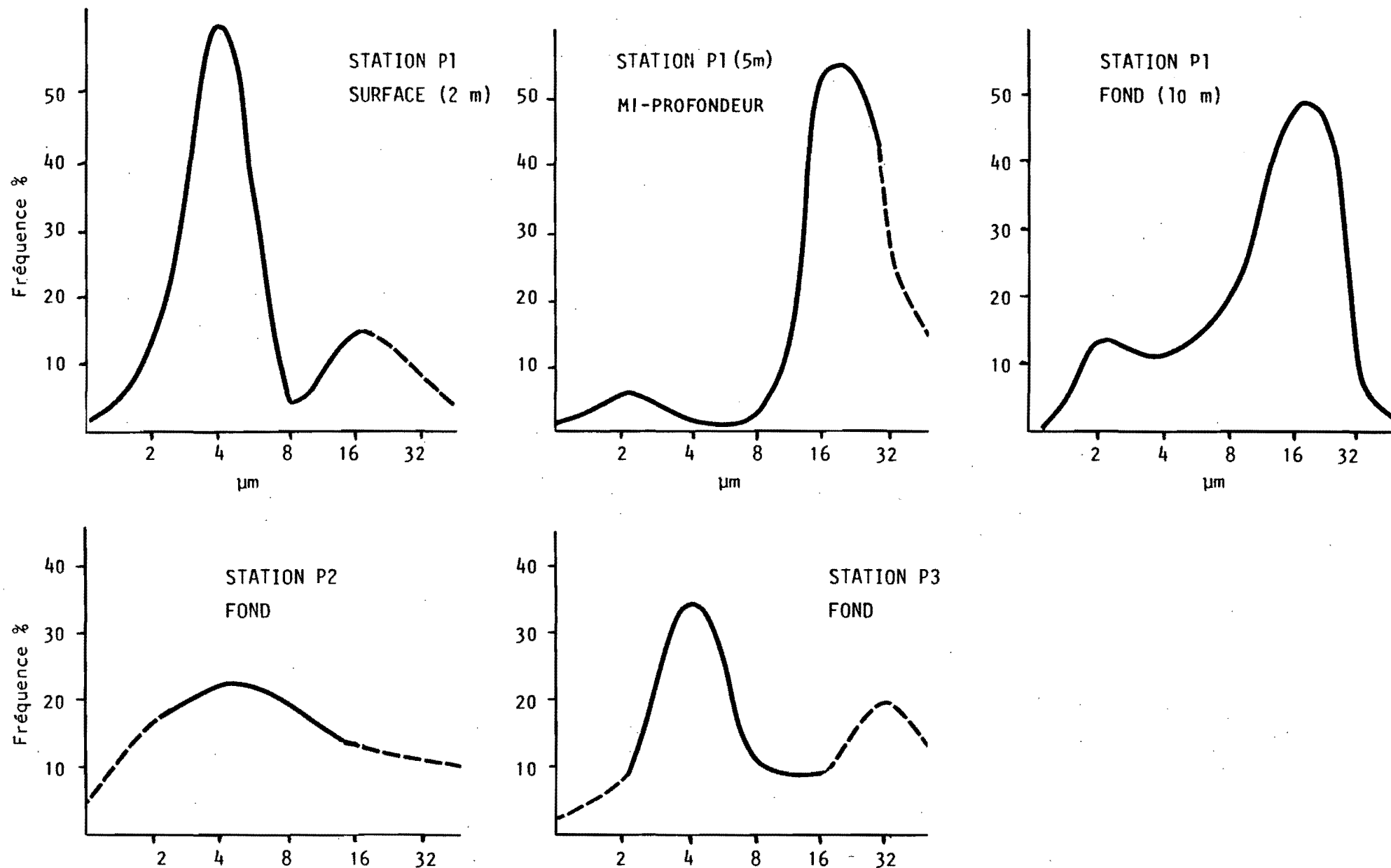


FIGURE 2.3 DISTRIBUTION SPECTRALE DES TAILLES DE PARTICULES - 28 SEPTEMBRE 1983 (Marée haute + 4 heures)

On peut donc considérer que le temps de résidence moyen des hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau est de 1 à 2 jours au maximum près de Cap Tourmente.

2° Le gradient horizontal élevé de la salinité peut être considéré comme un facteur limitant. Il est assez difficile d'établir avec précision la salinité de surface dans la zone de Cap Tourmente. Les mesures (figure 2.4) effectuées dans les environs de la batture en automne ont permis d'établir les tables de salinité basées sur un cycle lunaire aux stations C1, C3 et C5. Ces tables sont présentées à l'annexe 1 et peuvent être utilisées de la mi-août à la mi-octobre pour obtenir une prédiction approximative de la salinité dans le secteur concerné. Dans certains cas, il est possible que cela puisse améliorer l'efficacité d'une intervention. D'une manière générale, il est recommandé d'utiliser un dispersant dont le pic d'efficacité se situe autour de 5 à 10‰ de salinité. X

3° Le pétrole non dispersé est influencé par le vent et peut s'échouer ou être évacué vers l'aval. Il est donc difficile de prédire efficacement la trajectoire d'une nappe de surface. Par contre, le pétrole dispersé dans la colonne d'eau est peu influencé par le vent et se déplacera vers l'aval à une vitesse moyenne de 10 à 15 km par jour. Cependant, cette vitesse vers l'aval prend la forme d'un déplacement d'environ 25 à 30 km vers l'amont et de 35 à 45 km vers l'aval à chaque marée. Donc, l'huile présente dans la colonne d'eau est transportée sur une distance totale d'environ 150 à 200 km avant de quitter le secteur de Cap Tourmente, ce qui permet une diffusion latérale très importante. X

La diffusion horizontale dans l'estuaire moyen est très élevée. Lors d'un test de diffusion effectué en septembre 1983 à l'aide de rhodamine, un cône de diffusion horizontal d'environ 4 à 6° a été observé en surface. Le pétrole dispersé dans ces conditions sera diffusé sur toute la largeur du fleuve en moins de 12 à 18 heures. On peut donc considérer que l'huile dispersée sera rapidement distribuée de façon assez uniforme dans presque toute la région avant d'être évacuée en dehors de la zone de turbidité maximum, comme mentionné précédemment. X

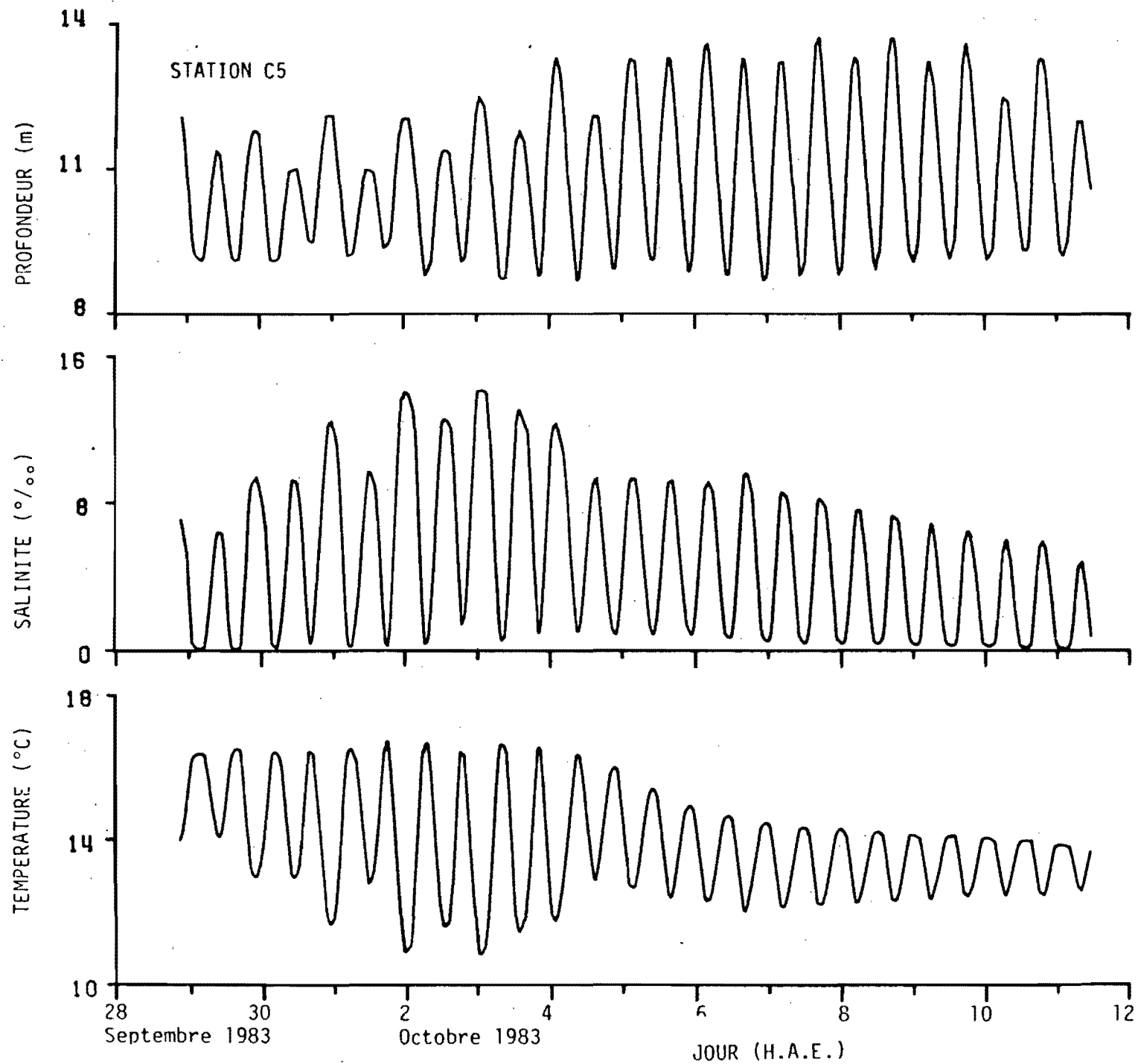


FIGURE 2.4 SERIES TEMPORELLES DE PROFONDEUR, DE SALINITE ET DE TEMPERATURE
STATION C5 - DU 29 SEPTEMBRE AU 11 OCTOBRE 1983 $Z = 9$ m

4° La diffusion vers le bas de l'huile dispersée est limitée par la stratification (McKay et al., 1980). Il n'existe pas de mécanisme permettant d'introduire l'huile dispersée dans la couche de fond, sauf l'association avec les particules en suspension. Ce mécanisme sera discuté à la prochaine section. Comme la profondeur d'eau est faible (10 m), les hydrocarbures dispersés diffuseront en plusieurs endroits jusqu'au niveau du fond. Cela signifie que les herbiers et sédiments de surface des battures et des dépôts avoisinants seront exposés au contact des hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau pendant toute la période de résidence du pétrole dans la zone sensible (Cap Tourmente - Île aux Oies). En cas de gros déversement (5000 à 50 000 m³) il faut s'attendre à ce qu'un film d'huile se dépose sur la majeure partie des herbiers et battures environnant la zone sensible. Cependant, la concentration locale d'hydrocarbures déposés sera beaucoup moins importante s'il y a dispersion chimique. Ainsi, pour un déversement très important d'environ 50 000 m³, la concentration locale d'huile dispersée dans l'eau variera de 1 à 200 ppm, avec une moyenne de 5 à 10 ppm. Il est prévisible que les herbiers exposés à cette concentration pendant plusieurs heures et peut-être plusieurs jours seront couverts en majeure partie d'une fine pellicule d'huile. Dans le cadre de ce mandat, nous n'avons pas évalué les répercussions de cette exposition à des concentrations assez élevées d'hydrocarbures sur l'écosystème intertidal, mais cette question devrait être approfondie pour exercer un choix vraiment judicieux quant à l'usage de dispersants chimiques.

B. DISPERSION MÉCANIQUE

La dispersion mécanique des hydrocarbures est considérée comme peu efficace. La diffusion verticale causée par l'agitation de la surface n'est pas assez forte pour disperser l'huile dans la colonne d'eau. Nous estimons que, dans 95% des cas, les conditions d'agitation de la surface sont insuffisantes pour disperser un volume appréciable d'hydrocarbures sans l'usage de surfactants. L'huile non dispersée sera donc déplacée par le courant de surface et le vent et s'étalera plus ou moins rapidement selon l'agitation de surface, la température et la viscosité des hydrocarbures. Compte tenu de l'étroitesse de l'estuaire dans la région de Cap Tourmente, les gros déversements (5000

à 50 000 m³) sont considérés comme s'étalant sur toute la largeur du fleuve dans presque 100% des cas. Seules des conditions de vent très exceptionnelles permettraient à une nappe d'hydrocarbures de plus de 5000 m³ d'être évacuée hors de la zone sensible avant de s'étaler sur la largeur du tronçon nord de l'estuaire.

Par conséquent en cas de déversement majeur, il faut s'attendre à ce qu'une forte proportion, sinon la majeure partie des herbiers situés sur les battures de Cap Tourmente et de Beaupré, de l'île aux Oies et des récifs de l'île aux Grues à l'île Madame, soient exposés à un contact direct avec un film d'huile dont l'épaisseur pourra varier de 0,05 à 1 mm, surtout si le déversement se produit en période de marée de vive eau. On peut affirmer que les conséquences environnementales négatives sur l'écosystème intertidal seraient très importantes.

2.2 CYCLE SÉDIMENTAIRE DANS LA ZONE DE TURBIDITÉ

Les hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau sont mis en contact avec les particules en suspension. Les concentrations en matière particulaire de la zone de turbidité maximum du Saint-Laurent sont assez élevées pour qu'une fraction appréciable du pétrole présent dans la colonne d'eau puisse se fixer aux particules. La sédimentation des hydrocarbures sur les estrans est liée aux processus qui contrôlent la sédimentation des particules. Le cycle annuel de sédimentation et les mécanismes qui favorisent le transport et l'accumulation des particules sur les estrans doivent être étudiés pour qu'une modélisation appropriée de ces processus soit possible.

Il existe beaucoup de données sur le cycle sédimentaire annuel dans l'estuaire moyen. Comme il a été mentionné précédemment, la concentration élevée de particules en suspension est due à trois mécanismes liés à la dynamique estuarienne et à la nature des particules. Ce sont:

1. La circulation résiduelle à deux couches qui force les particules à exécuter un mouvement de va-et-vient dans la région de Cap Tourmente;

2. La floculation, ou formation d'agrégats de particules, qui augmente la vitesse de sédimentation des suspensoïdes et les empêche de s'échapper vers l'estuaire maritime;
3. L'asymétrie de l'onde de marée, qui favorise la résuspension par le courant de flot en augmentant la vitesse de ce courant.

Les mécanismes favorisent non seulement le maintien d'une turbidité élevée, mais aussi une sédimentation intense sur les battures. Cependant, la sédimentation sur les battures suit un cycle saisonnier (Sérodès et al., 1983) régi par plusieurs facteurs. Ceux-ci sont illustrés à la figure 2.5 et peuvent être résumés ainsi:

1. Arrachement du pied de glace, au printemps (avril), qui provoque une érosion de la batture;
2. Piétinement des oies blanches, en mai, qui déstabilise la batture et favorise l'érosion d'une pellicule de plusieurs centimètres d'épaisseur;
3. Apparition et croissance de la végétation (principalement le scirpe américain), de juin à septembre. La végétation élève la couche de limite benthique et favorise la sédimentation des particules fines. La densité du couvert végétal doit cependant être assez élevée pour qu'un effet appréciable puisse être observé.
4. Arrachement de la végétation par les oies et les premières gelées vers la fin de septembre et au début d'octobre. La batture est déstabilisée et une érosion importante de l'estran se poursuit jusqu'à la prise des glaces;
5. Fixation d'une partie de la batture par la glace, en décembre.

Ce cycle d'érosion-accumulation a été étudié pendant plus de six ans à Cap Tourmente (Sérodès, 1980; Troude et al., 1983), Sérodès et al., 1983). Les données recueillies montrent que la seule période où il y a accumulation rapide de sédiments sur les herbiers s'étend du 1^{er} juin au 30 septembre. La

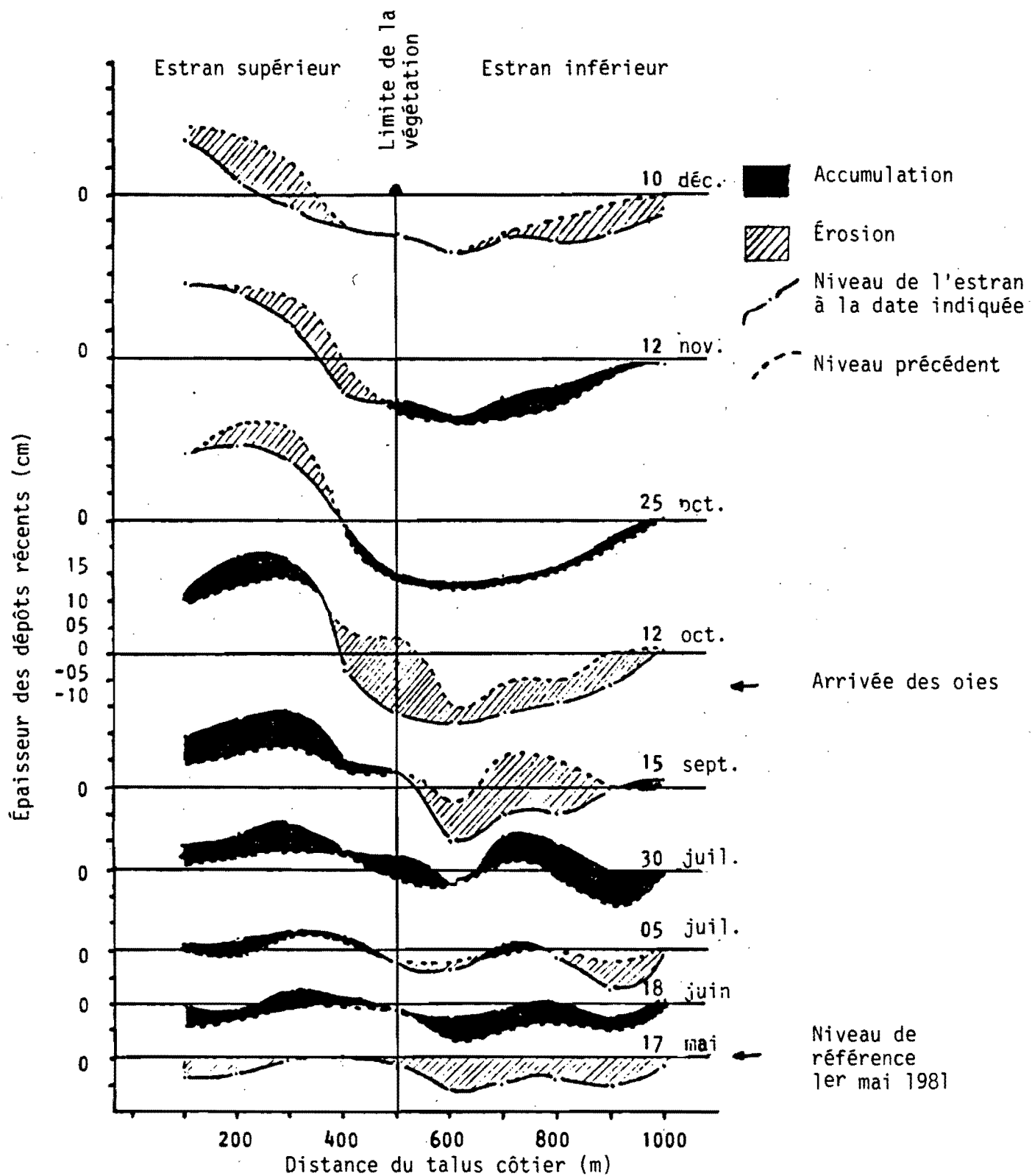


FIGURE 2.5 Cycle sédimentaire annuel, batture de Pointe-aux-Prêtres, d'après Sérodes et al. (1983)

figure 2.5 permet de constater que, la plupart du temps, la sédimentation ne se fait pas en même temps sur les herbiers et sur la partie de la batture située sous la limite de la végétation. Il est même possible de discerner une certaine complémentarité entre ces deux zones. Lorsque les particules sédimentent dans la partie supérieure de l'estran, on observe une érosion de la partie de l'estran située sous la limite de la végétation. Inversement, lorsque cette dernière subit une sédimentation active, la partie haute de l'estran est érodée.

Cette alternance des périodes d'érosion et d'accumulation suggère un échange de sédiments entre la partie haute et la partie basse de l'estran, la zone dénudée de végétation agissant comme un réservoir de particules pouvant être transportées dans la zone herbeuse lorsque les conditions sont favorables. Cette hypothèse est renforcée par plusieurs autres observations. Sérodes et al. (1983) mentionnent que de très fortes concentrations de particules en suspension sont observées dans la lame d'eau initiale qui envahit l'estran à marée montante. Cette observation suggère également une prise en charge des particules stockées sous la limite de végétation par les vagues qui se brisent dans la lame d'eau initiale et le transport de ces particules vers la zone herbeuse. Les mesures de courant réalisées par Sérodes et al. (1983) et Troude et al. (1983) montrent que le transport de l'eau s'effectue parallèlement à l'allongement des isobathes de l'estran, sauf pendant les phases de remplissage et de vidange, au début et à la fin du cycle de marée. Ces mesures indiquent que le seul transport transversal important permettant l'échange direct de particules entre le chenal et l'estran se produit pendant le remplissage et la vidange de la batture.

Les observations recueillies pendant la campagne de mesures réalisée en septembre et octobre 1983 ajoutent d'autres évidences à celles qui ont été mentionnées ci-dessus. Les mesures de courant effectuées le long de la limite de la zone intertidale montrent que l'orientation des courants est parallèle à la bathymétrie. On peut illustrer ce phénomène à l'aide des vecteurs progressifs de vitesse (figures 2.6 à 2.9). Ces vecteurs sont tracés en mettant bout à bout les déplacements successifs correspondant à chaque mesure de

STATION : C1

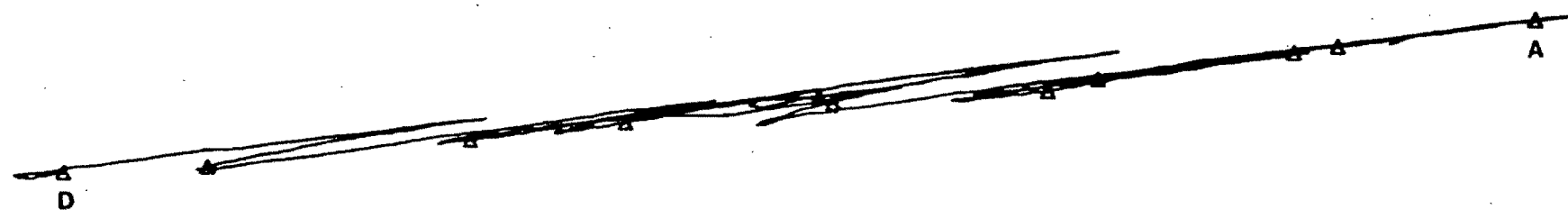
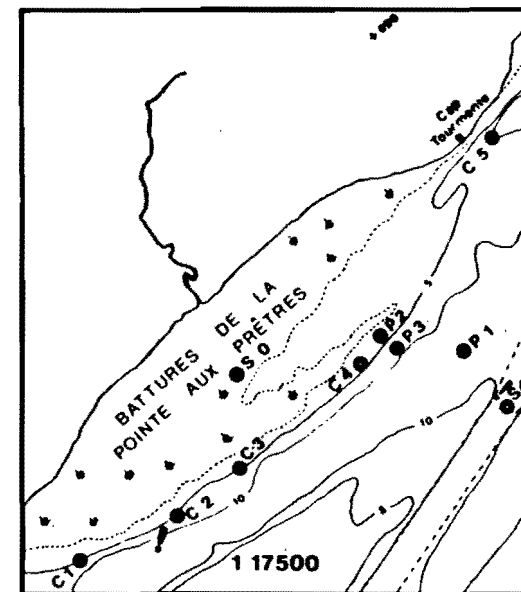
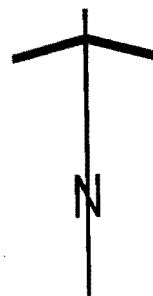
DÉPART : 28 septembre 1983, 8 h 33

ARRIVÉE : 3 octobre 1983, 14 h 33

PROFONDEUR :

Δ—Δ : 12 H 20

RÉSIDUELLE { VIT : 8,8 cm/s
DIR : N85E



0 4 8 12 16 km

FIGURE 2.6 VECTEUR PROGRESSIF DE VITESSE

STATION : C3
 DÉPART : 28 septembre 1983, 18 h 25
 ARRIVÉE : 3 octobre 1983, 11 h 45
 PROFONDEUR :
 Δ—Δ : 12 H 20
 RÉSIDUELLE { VIT : 12,6 cm/s
 DIR : N066E

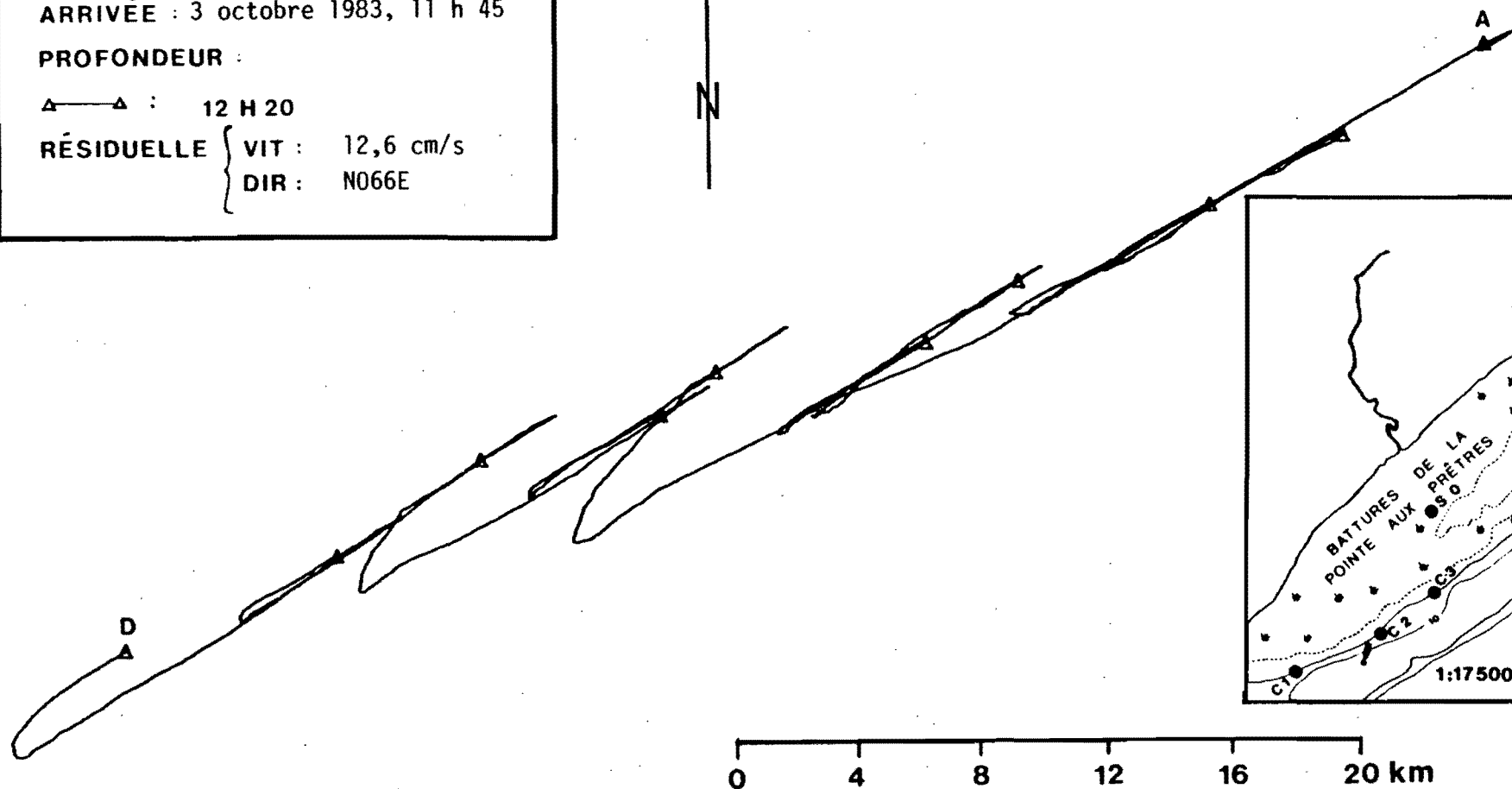
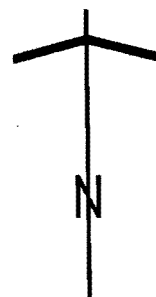


FIGURE 2.7 VECTEUR PROGRESSIF DE VITESSE

STATION : C4
 DÉPART : 28 septembre 1983, 18 h 24
 ARRIVÉE : 5 octobre 1983, 23 h 44
 PROFONDEUR :
 Δ—Δ : 12 H 20
 RÉSIDUELLE { VIT : 13,8 cm/s
 DIR : N042E

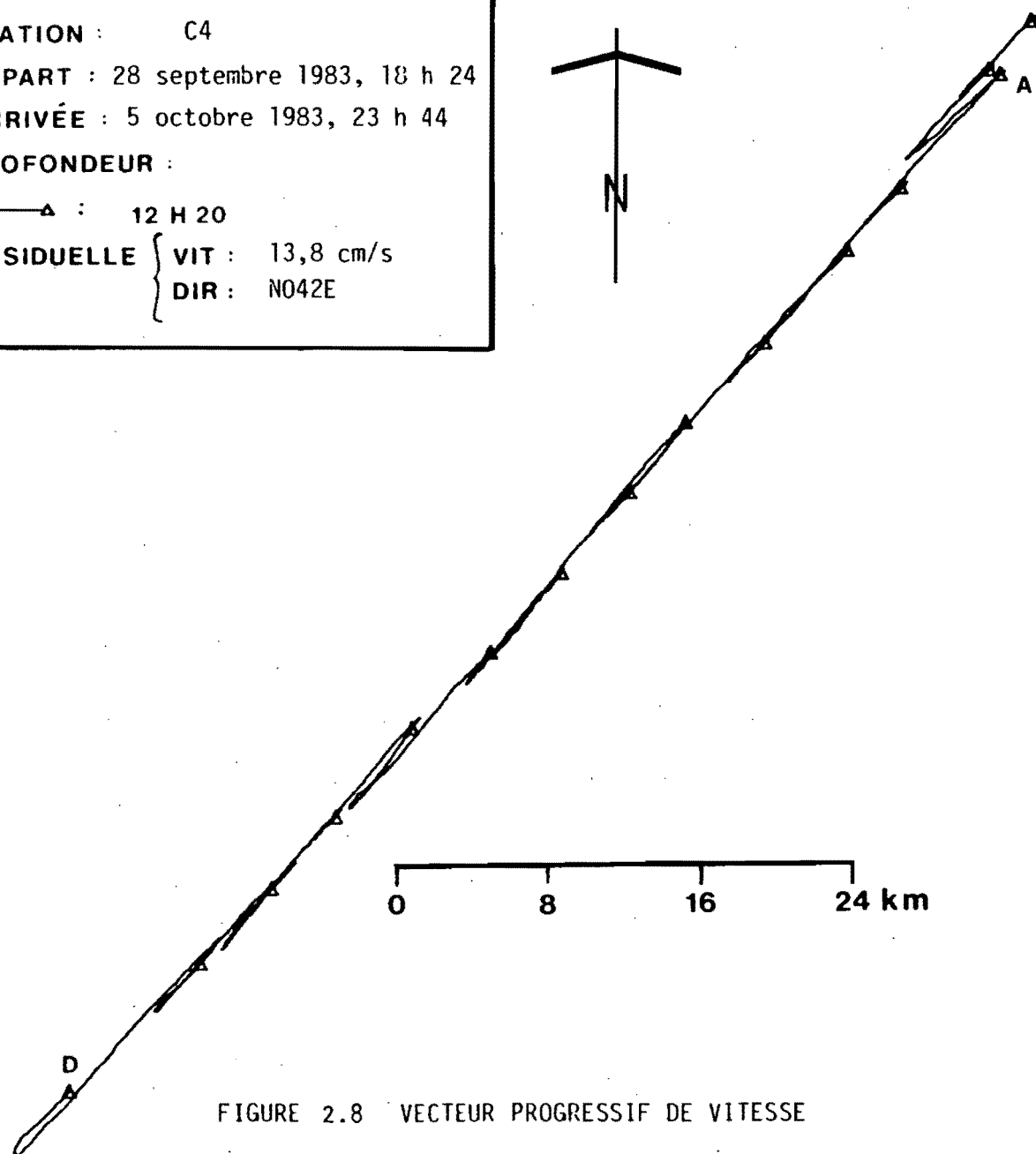


FIGURE 2.8 VECTEUR PROGRESSIF DE VITESSE

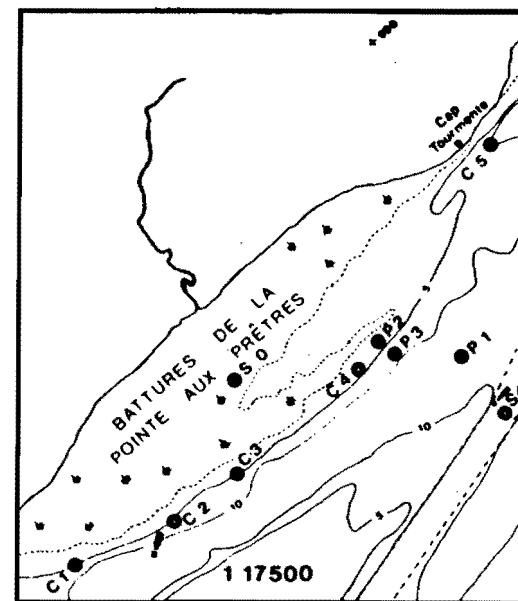


FIGURE VECTEUR PROGRESSIF DE VITESSE

STATION : C5
 DÉPART : 28 septembre 1983, 19 h 04
 ARRIVÉE : 1er octobre 1983, 10 h 24
 PROFONDEUR :
 Δ—Δ : 12 H 20
 RÉSIDUELLE { VIT : 10,1 cm/s
 DIR : N085E

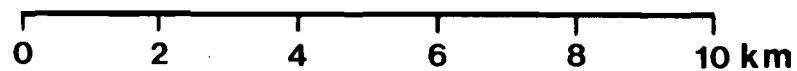
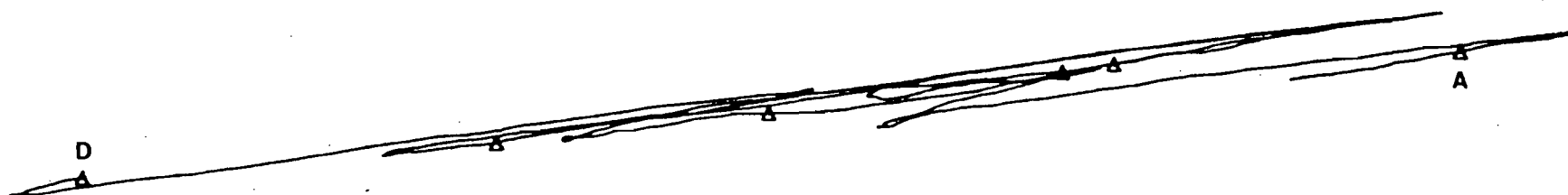
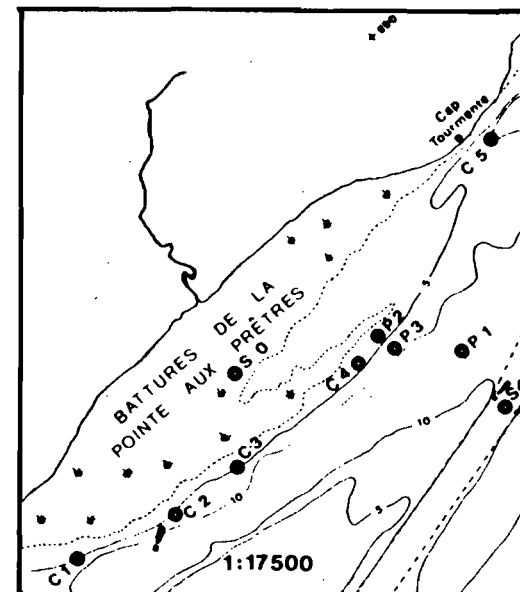
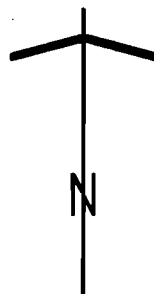


FIGURE 2.9 VECTEUR PROGRESSIF DE VITESSE

courant recueillie par les courantomètres installés aux stations C1 à C5 (figure 1.2). L'échelle des déplacements permet d'estimer l'ordre de grandeur du transport dans la zone bordant la batture. L'orientation des vecteurs progressifs est parallèle à la bathymétrie. Sauf en de rares occasions, le transport est nul dans l'axe transversal à l'estran. Ces observations indiquent une absence de transport latéral ou de transit direct de l'eau du chenal vers la batture de Pointe aux Prêtres. Les séries temporelles de mesures physiques confirment cette absence d'échange direct d'eau et de particules entre la batture et le chenal principal. L'eau qui transite sur la batture de Pointe aux Prêtres suit un patron d'écoulement très régulier. D'abord, une lame d'eau initiale envahit la batture. Le courant est alors dirigé perpendiculairement à la rive et correspond au courant de remplissage. Cette lame d'eau initiale est très riche en particules provenant de la resuspension des sédiments brassés par le clapotis des vagues. Aussitôt après le passage de cette lame d'eau initiale, le courant se rectifie et devient parallèle à l'axe du fleuve. La turbidité décroît et devient similaire à celle du chenal navigable. Pendant le reste de la marée, soit plus de 90% du temps, l'eau qui transite sur la batture provient des extrémités amont ou aval de la batture.

L'étale de marée basse est le seul moment où une décantation importante des particules est observée. A ce moment, les eaux très turbides du bras nord de l'île d'Orléans viennent baigner les environs de Cap Tourmente. Les faibles vitesses de courant qui prévalent pendant l'étale de marée permettent la décantation d'une quantité importante de particules à la limite inférieure de la zone intertidale. A ce moment, en effet, la marée est basse et l'estran est exposé à l'air libre. Les concentrations de matières en suspension mesurées en septembre 1983 par l'équipe de travail dépassaient 500 à 1000 mg/l à l'étale de marée basse.

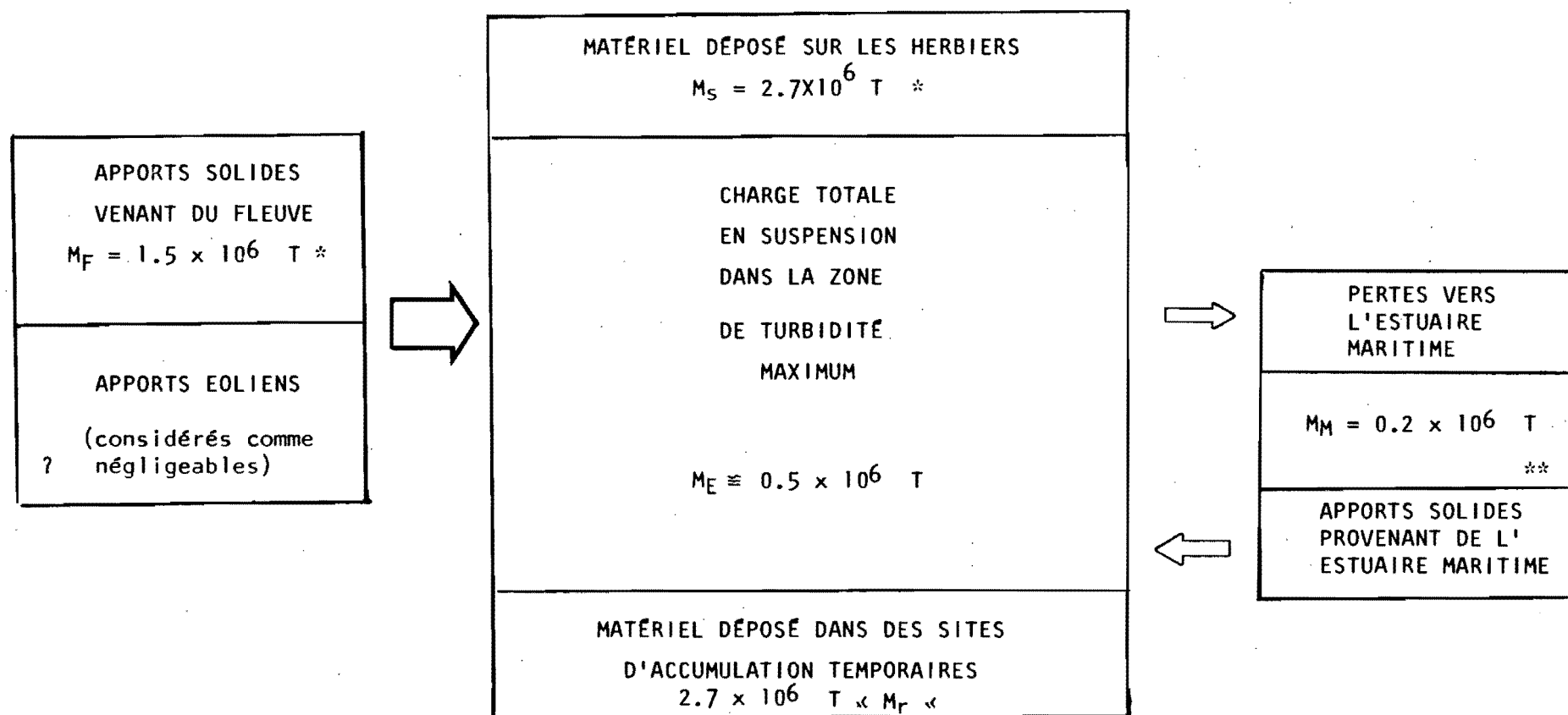
Le seul autre moment où le courant est assez faible pour rendre possible une décantation rapide est l'étale de marée haute. A ce moment, les concentrations de matière en suspension mesurées aux stations P1, P2 et P3 étaient de 50 à 100 mg/l, soit dix fois moindres qu'à marée basse.

En conclusion, il n'y a pas ou très peu d'échange direct de particules entre la batture et le chenal navigable. En fait, tout indique que les sédiments qui se déposent sur les estrans durant la saison estivale suivent une trajectoire beaucoup plus complexe. Les particules sont d'abord remontées par les courants vers le bras nord de l'île d'Orléans, puis déposées dans des réservoirs ou zones de dépôt temporaires situés sous la limite de végétation. Enfin, ces particules sont remaniées par les vagues de surface et poussées vers la partie haute de l'estran par les courants de remplissage qui entraînent la lame d'eau initiale. La présence de végétation favorise la rétention des sédiments apportés dans les herbiers, de sorte qu'une accumulation globale d'une vingtaine de centimètres se produit pendant l'été. A l'automne, la disparition de la végétation favorise une érosion de la partie haute de l'estran. Les particules sont alors entraînées par le retrait de la marée vers la partie basse où elles s'accumulent temporairement, constituant ainsi une réserve qui sera en partie remobilisée l'année suivante.

Ce cycle sédimentaire a plusieurs implications directes en ce qui concerne la sédimentation des hydrocarbures. D'abord, la seule période où des hydrocarbures peuvent vraiment sédimenter en association avec les suspensoïdes est la période estivale. De plus, le fait de contaminer les sédiments en suspension par des hydrocarbures dans la zone de turbidité maximum n'implique pas une sédimentation massive, à court terme, de ces hydrocarbures sur les estrans avoisinants. En fait, étant donné le taux élevé de diffusion horizontale des particules et l'advection longitudinale importante causée par la marée, ces particules contaminées localement seront dispersées dans l'ensemble de la zone de turbidité maximum bien avant de se déposer dans la partie haute d'un estran.

2.3 BALANCE SÉDIMENTAIRE DE LA ZONE DE TURBIDITÉ MAXIMUM

La dernière étape avant de procéder à l'élaboration d'un modèle de sédimentation consiste à établir la balance de masse des solides apportés dans la zone de turbidité maximum. La figure 2.10 illustre cette balance. Les données sont tirées de Sérodes (1980), de D'Anglejan et Smith (1973) et de Kranck (1979).



* d'après Sérodes, 1980

** d'après d'Anglejan et Smith 1973

Fig. 2.10 Balance sédimentaire estivale (100 jours) dans la zone de turbidité maximum de l'estuaire moyen du Saint-Laurent.

Ces données sont exprimées en tonnes de sédiments transportés ou déposés pendant la saison estivale. Seule M_R (masse disponible dans les sites d'accumulation temporaire) ne représente pas une valeur estivale.

La figure 2.10 confirme l'importance du transit des particules dans des sites d'accumulation temporaire. En effet, la charge totale de particules en suspension (M_E) et la charge solide du fleuve ne suffisent pas à apporter assez de particules pour alimenter les estrans. Une partie importante de la sédimentation estivale sur les herbiers provient donc de la remobilisation des dépôts de particules fines de l'estuaire moyen. Sédodes (1980) et D'Anglejan et al. (1982) ont déjà souligné l'importance de ces zones d'accumulation temporaire.

Il est difficile d'évaluer la masse totale (M_R) de particules susceptibles d'être remaniées dans ces réservoirs. Aucune étude n'est disponible à ce sujet. On peut considérer que la valeur minimale de M_R est identique à la masse totale déposée sur les herbiers. Cependant, pour modéliser avec précision la sédimentation estivale, il serait avantageux de pouvoir estimer M_R avec plus de précision, faute de quoi il n'est possible que d'évaluer le taux maximum de sédimentation des hydrocarbures. Cette question sera explicitée à la section portant sur la modélisation à long terme de la sédimentation des hydrocarbures.

3.0 MODÉLISATION

Un modèle mathématique a été réalisé et calibré par des études en laboratoire sur les interactions sédiments/hydrocarbures. Les résultats de ces études et une description du modèle mathématique sont présentés dans les pages qui suivent. A l'exception du modèle de sédimentation à long terme, toutes ces études ont été réalisées au département de génie chimique de l'Université de Toronto par W. Lau Warren Stiver et Alfred Chau, sous la supervision du professeur D. MacKay.

3.1 ANALYSE DES INTERACTIONS HYDROCARBURES/SUSPENSÓIDES

Les expériences réalisées dans le cadre de ce programme ont été effectuées en cinq étapes, à l'aide d'une colonne à sédimentation cylindrique de 190 cm de hauteur. Cette colonne (figure 3.1), d'un diamètre de 22 cm, est munie d'agitateurs rotatifs placés à 18 et à 135 cm de sa base. Ces agitateurs sont actionnés par un arbre vertical relié à un moteur à vitesse variable. Des valves d'admission et des collecteurs placés à différents niveaux (figure 2.2) permettent de recueillir des échantillons d'eau ou d'injecter des substances (colorants, etc.).

La première des cinq étapes de travail comprenait le réglage du taux d'agitation pour reproduire le patron de diffusion verticale observé dans l'estuaire en utilisant de la rhodamine B. La vitesse de remontée ($Z = 10$ m) de la rhodamine injectée près du fond est de deux à trois heures, dans l'estuaire. La position des agitateurs, leur vitesse de rotation et la longueur des périodes d'agitation et de repos ont été ajustées en injectant des colorants à la base de la colonne et en modifiant ces trois fonctions jusqu'à l'obtention d'un taux de diffusion verticale semblable à celui observé près de Cap Tourmente.

La seconde étape consistait à introduire un gradient vertical de sel comparable à celui de l'estuaire moyen près du Cap Tourmente. De l'eau salée a été introduite dans la colonne, suivie par de l'eau douce ajoutée délicatement. La salinité (30‰) et le volume d'eau salée ont été calculés pour obtenir

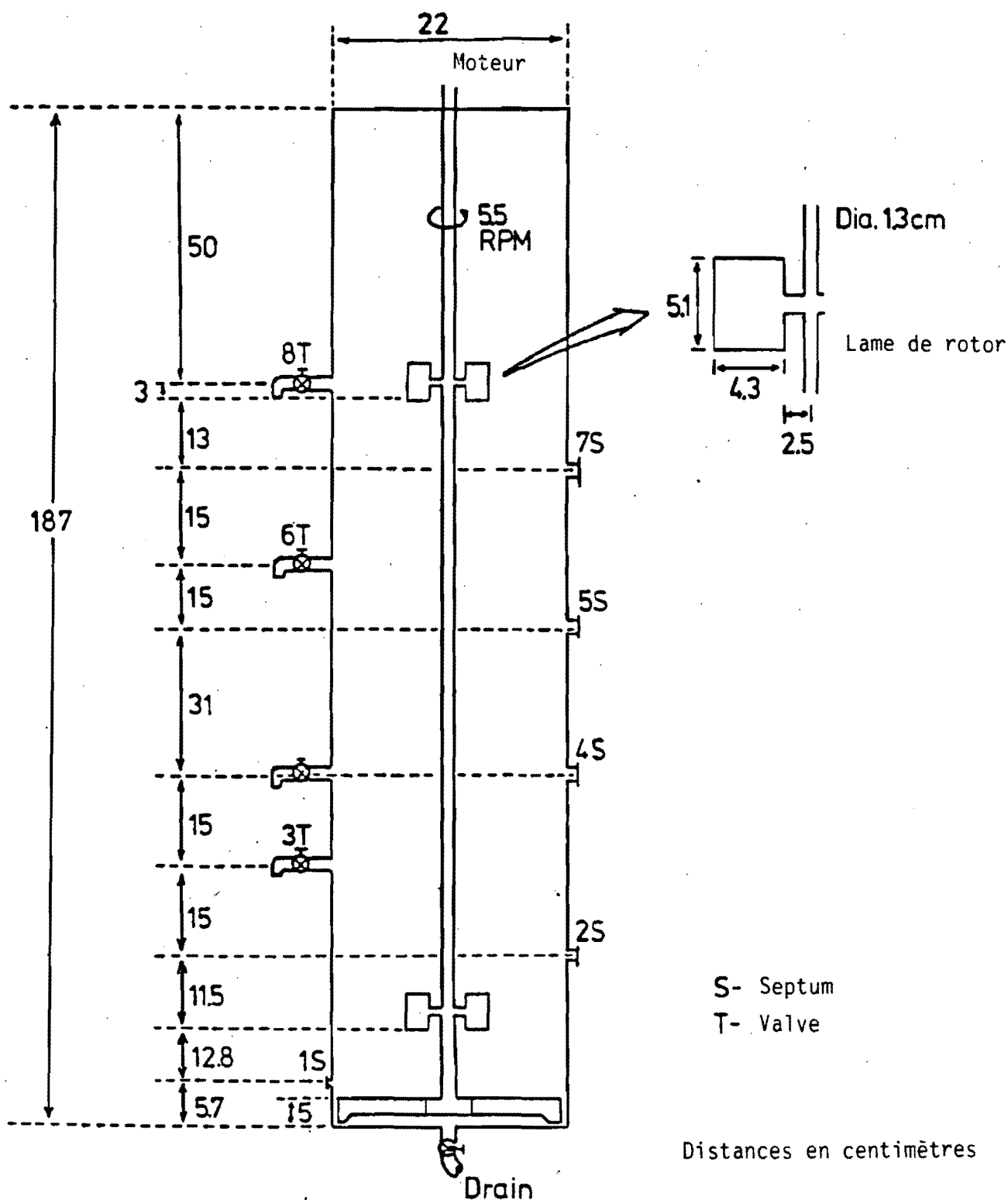


FIGURE 3.1 COLONNE À SÉDIMENTATION

une salinité moyenne de 10‰ dans la colonne. Après 24 heures, des échantillons témoins étaient prélevés à différents niveaux pour comparer le profil de salinité de la colonne à celui mesuré dans l'estuaire. Les résultats obtenus montrent que la simulation du gradient de salinité est assez pauvre.

Le taux d'agitation déterminé par injection de colorant ne permet pas de reproduire un gradient vertical de salinité identique à celui observé dans l'estuaire. En effet, le gradient de salinité de l'estuaire est maintenu par l'apport constant d'eau douce venue du fleuve Saint-Laurent et d'eau saumâtre (25‰) venue de l'estuaire maritime. Dans la colonne expérimentale, le gradient de salinité est beaucoup plus prononcé et correspond à des conditions plus «estuariennes» que celles rencontrées à Cap Tourmente. Lorsqu'on diminue ce gradient, la colonne d'eau devient rapidement instable et la salinité devient homogène, de la surface jusqu'au fond. Les expériences ont donc été réalisées avec un gradient de salinité plus élevé que celui observé en nature.

La troisième étape consistait à reproduire le gradient vertical de concentration des matières en suspension. Les échantillons de dépôts meubles recueillis à la station X1 ont été utilisés pour cette partie de l'expérience. Ces sédiments ont été défloculés dans un mélangeur à haute vitesse et dilués dans un volume d'eau salée à 30‰ . Après avoir dispersé les particules dans un bain à ultra-son, un volume initial a été introduit dans la colonne. La turbidité a été mesurée avec un turbidimètre Hatch 2100 A et les volumes de sédiments ont été calculés de manière à reproduire des concentrations de M.S.T. similaires à celles de l'estuaire du Saint-Laurent, soit 100 à 300 NTU.

La reproduction du gradient vertical de turbidité a également posé de nombreux problèmes. D'abord, la présence d'un gradient plus élevé de salinité limite le transfert des particules dans la couche de surface. De plus, le taux de floculation des particules est très élevé dans la colonne, de sorte que ces dernières ont tendance à sédimenter rapidement. Enfin, le type d'agitateur utilisé s'est révélé peu efficace pour reproduire des turbulences (eddies) de petite dimension, mais à rotation assez rapide pour compenser la vitesse de

chute des particules. Il faudrait un système d'agitation plus sophistiqué pour simuler adéquatement le gradient vertical de turbidité. Malgré ces problèmes, les tests d'interaction pétrole-suspensoïdes ont été réalisés avec un gradient de concentration plus élevé qu'en nature.

La quatrième étape du travail avait pour but de simuler la dispersion mécanique des hydrocarbures. De l'huile de type Norman Well a été mélangée à de l'eau salée à 20‰ puis a été introduite au sommet de la colonne. Environ une heure et demie à trois heures plus tard, la concentration d'huile dispersée mécaniquement sous l'action des agitateurs a été mesurée à partir d'échantillons prélevés en surface et aux différents collecteurs.

Les concentrations d'hydrocarbures ont été déterminées par extraction au tétrachlorure de carbone (CCl_4) à l'aide d'un analyseur à infra rouge HORIBA (modèle OCMA-200). Les résultats de ces analyses sont colligés au tableau 3.1 sous la forme d'une balance de masse.

A la cinquième étape, un dispersant chimique a été ajouté aux hydrocarbures et un volume pré-mélangé à de l'eau salée (à 20‰) a été introduit au sommet de la colonne. Au moment où l'huile a été introduite, les agitateurs étaient déjà activés et les gradients de salinité et de turbidité avaient atteint leur point d'équilibre. La balance de masse de l'huile extraite de la colonne est comparée, au tableau 3.1, à celle obtenue par dispersion mécanique et par dispersion chimique dans une colonne où il n'y a pas de particules en suspension.

Les résultats de ces analyses indiquent qu'une quantité appréciable d'huile dispersée chimiquement peut être entraînée par les particules en suspension. Le tableau 3.1 indique que près de 50% de l'huile introduite lors de l'essai avec dispersant est passée dans les sédiments. Il faut préciser que les concentrations d'huile introduites dans l'eau sont très élevées, avec une valeur moyenne dépassant 80 ppm et pouvant atteindre 250 ppm à mi-profondeur. L'utilisation de ces hautes concentrations avait pour but de réduire autant que possible les erreurs de balance de masse. Les expériences réalisées in situ

Tableau 3.1

RÉSULTATS DE LA BALANCE DES MASSES

Concentration d'huile des échantillons (Volume des sections) Volume d'huile/section (ml)					Total huiles suspendues (ml)	Huile flotte eau (ml)	Huiles perdues (ml)	Huiles sédimentées (ml)
8T	6T	4T	3T	1S				
11.28 ppm (2662 ml) 0.03 ml	8.8 ppm (11,787 ml) 0.104 ml	0.96 ppm (17,300 ml) 0.017 ml	1.2 ppm (5,894 ml) 0.007 ml	1.6 ppm (15,703 ml) 0.025 ml	E=0.18	32	17.82	0.0
5,880 ppm (2662 ml) 15.65 ml	920 ppm (25,855 ml) 23,79 ml	5.2 ppm (9,125 ml) 0.047 ml	2.8 ppm (5,894 ml) 0.016 ml	1.6 ppm (15,703 ml) 0.025 ml	E=39.52	négligeable	10.48	0.0
17.5 ppm (2662 ml) 0.047 ml	18.5 ppm (11,787 ml) 0,22 ml	10.5 ppm (17,300 ml) 0,18 ml	8.4 ppm (5,894 ml) 0.05 ml	7.7 ppm (15,703 ml) 0.12 ml	E=0.62	38	17.82	-6.44
544 ppm (2662 ml) 1.45 ml	480 ppm (27,760 ml) 13.32 ml	232 ppm (7,220 ml) 1.67 ml	16.8 ppm (5,894 ml) 0.1 ml	2.32 ppm (15,703 ml) 0.04 ml	E=16.58	négligeable	10.48	22.94

montrent que des concentrations d'huile dans l'eau aussi élevées ne peuvent être atteintes dans l'estuaire moyen et qu'elles ne dépasseront pas une moyenne de 5 à 10 ppm. Le modèle mathématique a été calibré pour reproduire les résultats obtenus en laboratoire.

Une dernière vérification a été faite pour vérifier si la présence d'hydrocarbures dans l'eau modifiait le gradient de turbidité en changeant la vitesse de sédimentation des particules dans l'eau. Aucune différence appréciable n'a pu être observée lors des essais. Le résultat était assez prévisible puisqu'il suffit d'un film d'huile extrêmement mince déposé sur les particules pour obtenir la concentration observée dans les sédiments. Le volume d'huile attaché à chaque particule est trop faible pour modifier de façon appréciable la vitesse de chute des particules. Seules les particules très fines situées près de la surface peuvent être "capturées" par de grosses gouttelettes d'huile et être entraînées vers la surface. Les très fines gouttelettes d'huile qui diffusent vers le bas de la colonne d'eau sont entraînées par les gros agrégats de particules sans influencer la densité de ces agrégats.

3.2 MODÈLE D'INTERACTION HYDROCARBURES/SUSPENSOÏDES

Un modèle a été développé pour simuler les modifications subies par une nappe d'hydrocarbures. La figure 3.2 schématise les étapes de fractionnement de la nappe d'hydrocarbures sous l'effet des différentes contraintes environnementales. Le volume initial est ainsi partagé en 6 fractions.

1. Évaporation ($1-F_1$): un taux fixe d'évaporation de 34% a été utilisé. Ce taux est considéré comme une valeur acceptable pour une huile de type Norman Well exposée aux conditions estivales de l'estuaire moyen.
2. Fraction dispersée dans la colonne d'eau (F_2): cette fraction est déterminée en utilisant une équation de forme exponentielle (équation 3.1)

$$F_2 = 1 - \exp. (-K_T (D_N + D_C K_H K_D)) \quad (3.1)$$

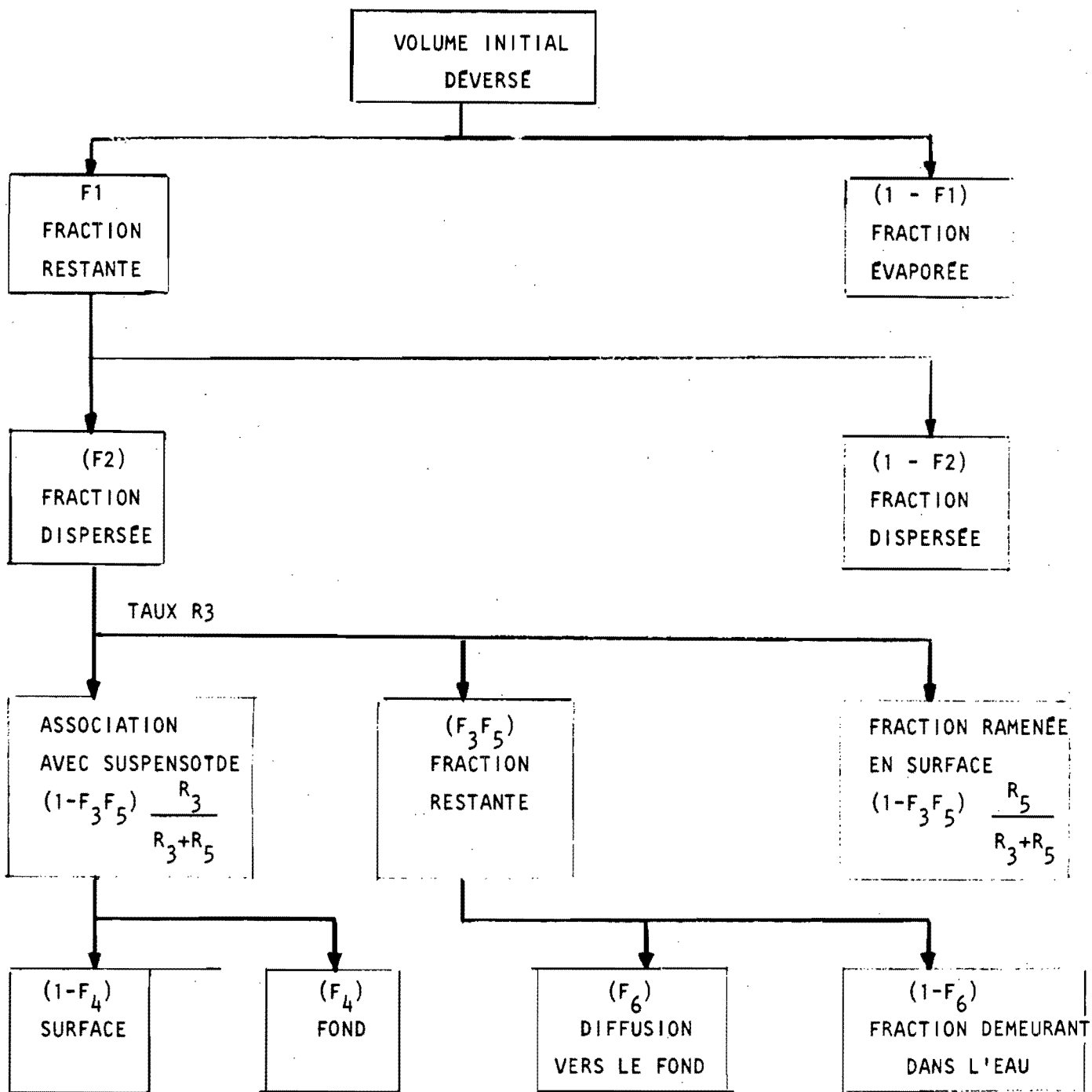


Figure 3.2 Étapes de fractionnement d'une nappe d'hydrocarbures

où: K_T = constante dépendant de la turbulence en surface

K_H et K_D = constantes caractérisant l'hydrocarbure et le dispersant

D_C = ratio dispersant/hydrocarbure

D_N = constante reflétant les conditions de dispersion naturelle.

Lors des essais, un seul type d'hydrocarbure et un seul dispersant ont été utilisés. K_N et K_D sont respectivement de 1,0 et 0,05. Lorsque la dispersion est purement mécanique, K_T est choisi élevé (80), de sorte que F_2 est presque nul. Pour simuler la dispersion chimique, K_T est choisi très faible (0,2) et la valeur de F_2 s'approche de 0.

3. La fraction de l'hydrocarbure qui entre dans la colonne d'eau (F_2) est soumise à deux processus simultanés:

a) la remontée vers la surface. Le taux de remontée vers la surface (R_5) est donné par l'équation 3.2

$$R_5 = U_F/Z = 1/T_R \quad (3.2)$$

où U_F = vitesse moyenne de remontée des gouttelettes d'huile

Z = profondeur d'eau

T_R = temps de remontée de l'huile

(lorsque dispersée chimiquement $T_{RF} \approx 200$ h)

b) L'association avec les suspensoides. Le taux d'association (R_3) est donné par l'équation 3.3

$$R_3 = K_A C_S C_0 \quad (3.3)$$

où K_A = constante empirique déterminée à l'aide de la colonne à sédimentation $7,0 \times 10^{-10}$

C_S = concentration de matières en suspension (ppm)

C_0 = concentration d'huile dans l'eau (ppm)

Ces deux taux (R_3 et R_5) de transfert de l'huile vers la surface et les particules sont des fonctions exponentielles du temps. La partie de l'huile attachée aux sédiments (F_3) et celle qui est remontée vers la surface (F_5) sont données par les équations 3.4 et 3.5

$$F_3 = \exp. (- R_3 T) \quad (3.4)$$

$$F_5 = \exp. (- R_5 T) \quad (3.5)$$

La fraction de l'huile dispersée dans l'eau (F_2) est donc divisée en trois fractions, soit:

a) la fraction demeurant dans l'eau ($F_3 F_5$)

b) la fraction remontée vers la surface $\frac{(1-F_3 F_5) R_5}{(R_3 + R_5)}$

c) la fraction associée aux sédiments en suspension $\frac{(1-F_3 F_5) R}{(R_3 + R_5)}$

4. Cette fraction associée aux sédiments en suspension se subdivise en deux:

a) la fraction qui peut sédimenter (F_4) = 90%

b) la fraction qui remonte vers la surface ($1 - F_4$)

5. Enfin, une partie de l'huile demeurant dans la colonne d'eau ($F_3 F_5$) diffuse vers le bas et s'associe au dépôt de sédiments (F_6). Cette dernière fraction est calculée à l'aide de l'équation 3.6

$$F_6 = \exp. -Z (T/4 D_F T)^{0,5} \quad (3.6)$$

où F_S = fraction qui adhère aux sédiments 10% ou 0,1

$D_F = Z^2/T_M$ = constante de diffusion verticale

T_M = temps de diffusion verticale obtenu par injection de rhodamine (3 heures)

T = temps écoulé depuis le déversement.

Le programme FORTRAN développé pour exécuter les calculs de balance de masse est présenté à l'annexe 1. Ce programme nécessite les intrants suivants:

1. Diamètre de la nappe d'hydrocarbures (m)
2. Temps de mélange de l'eau (heure) (généralement 3 heures)
3. Volume d'hydrocarbures déversé (m^3)
4. Temps de remontée des gouttelettes d'huile (heure)
 - Dispersion mécanique = 1 heure
 - Dispersion chimique = 200 heures
5. Profondeur d'eau (m) = 10 m
6. Concentration de sédiments en suspension (ppm)
7. Temps d'observation (heures).

Les essais réalisés sont basés sur un temps d'observation moyen de 12 heures. On estime que cette période correspond approximativement au temps moyen d'exposition des sédiments en suspension à l'huile dispersée dans la colonne d'eau, compte tenu du temps nécessaire pour que s'effectue la dispersion et du temps de résidence de l'huile dispersée dans la région de Cap Tourmente.

Le modèle a permis d'appliquer les résultats obtenus en laboratoire et d'obtenir le pourcentage du volume déversé qui peut s'associer aux particules en suspension en condition naturelle. Le pourcentage d'association de sédiments-hydrocarbures varie de 2 à 5% du volume d'huile déversé selon les conditions simulées.

3.3 MODÈLE DE SÉDIMENTATION SUR LES ESTRANS

Avant de détailler les méthodes utilisées pour modéliser la sédimentation à long terme des hydrocarbures sur les estrans, il est utile de rappeler brièvement les prémisses qui ont servi à l'élaboration du modèle.

1. La dispersion chimique de l'huile entraîne la présence de concentrations de gouttelettes d'huile dans la colonne d'eau. En cas de gros déversement, la plupart des herbiers seront exposés à des concentrations d'huile variant de 1 à 200 ppm si la dispersion est efficace, il y aura donc un dépôt d'un film d'huile initial dans les heures ou les jours qui suivent le déversement. Il est très difficile d'évaluer les concentrations d'huile qui seront déposées sur les estrans et les herbiers pendant cette période.
2. D'après les expériences faites en laboratoire, le volume d'huile associé aux particules ne devrait pas dépasser 2 à 5% du volume déversé dans les conditions actuelles de l'estuaire, pour une période d'exposition de 12 à 24 heures. A cet égard, le modèle mathématique utilisé fournit des concentrations maximales.
3. La fraction du pétrole qui s'associe aux particules en suspension ne se dépose pas directement sur les herbiers. Ces particules contaminées sont d'abord dispersées dans l'ensemble de la zone de turbidité maximum. Elles sont ensuite déposées dans des réservoirs temporaires situés sous la limite de végétation et, progressivement, une partie d'entre elles s'incorporent aux sédiments déposés sur les estrans.

Pendant leur séjour dans l'estuaire, les particules en suspension sont soumises à l'abrasion mécanique du transport estuarien, exposées au lessivage et à la dissolution, à la biodégradation, etc. On peut donc assumer qu'une partie des hydrocarbures s'en détacheront et retourneront à la masse d'eau pour être finalement évacués.

Le modèle de sédimentation décrit le processus de sédimentation. Tel qu'illustré à la figure 2.10, le cycle sédimentaire fournit une image des échanges de solides entre les herbiers et l'estuaire.

On peut représenter la sédimentation par un taux constant pour la saison estivale. Pour simplifier la notation, nous éliminerons les unités de temps en

traitant tous les échanges sur la base d'un cycle de marée. Ainsi, à la figure 2.10, le taux de sédimentation pendant un cycle de marée est de $1,3 \times 10^4$ T. L'apport solide du fleuve est de $0,75 \times 10^4$ T. L'apport éolien est considéré comme négligeable et la charge totale en suspension est évaluée à 5×10^5 T.

La charge sédimentaire des réservoirs temporaires de particules, bien qu'inconnue, est au moins aussi importante que la masse totale déposée sur les herbiers au cours de l'été. En fait, elle est sans doute beaucoup plus importante.

Ici se pose le problème de savoir si nous pouvons nous passer de cette information pour modéliser la sédimentation. En principe, la charge de particules contaminées devrait être incluse dans l'ensemble de la réserve de particules de la zone de turbidité maximum. Cette réserve (R) comprend la charge en suspension, la charge totale disponible dans les réservoirs temporaires (M_R) et la charge totale apportée par le fleuve (M_F). L'équation 3.7 permet de calculer la réserve totale (R) de particules pouvant être échangées avec les estrans.

$$R = M_E + M_R + M_F - M_m \quad (3.7)$$

où M_m = perte de l'estuaire maritime.

Seule M_R est inconnue. Cependant, il est probable que M_R est la plus importante valeur, sans doute plus de 10 à 20 fois supérieure à M_E . Pour modéliser la sédimentation du pétrole, il est nécessaire d'obtenir une estimation de R.

Nous avons choisi de fixer R égal à la charge totale déposée sur les herbiers durant l'été et de considérer cette réserve constante. Cet artifice mathématique permet de calculer un taux régressif de sédimentation sans être embarrassé par le fait que la constante de régression varie légèrement. Cette façon de procéder est très conservatrice dans la mesure où elle sous-estime considérablement la réserve totale de particules. Le modèle aura donc tendance à exagérer la concentration d'huile déposée sur les battures, surtout à court terme (moins de 15 jours). Cette approche conservatrice fournit donc une image du pire. Il serait possible d'améliorer la précision du modèle en déterminant M_R .

Les équations 3.8 et 3.9 sont utilisées pour illustrer le taux régressif d'accumulation d'huile sur les estrans et le volume résiduel d'huile attachée aux particules dans la zone de turbidité maximum.

$$V_S = XK_1 V_0 \sum_{i=0}^n K_a^i \quad (3.8)$$

où $XK_1 = \frac{M_S}{R} = 0,0013$

M_S = masse de particules qui sédimentent à chaque cycle de marée

R = réserve de particules = (considérée comme constante) = $2,7 \times 10^6$ T

$$V_0 = (1 - K_1 - K_2) = 0,9966$$

$$K_a = \frac{M_N}{M_E} = 0,004$$

n = nombre de cycles de marée

L'équation 3.9 donne le volume résiduel d'huile attachée aux sédiments après le n^e cycle de marée.

$$V_n = V_0 K_D^n \quad (3.9)$$

Les équations 3.8 et 3.9 ne tiennent pas compte du lessivage, de la dissolution et de la biodégradation. Pour reproduire ces processus, un taux régressif constant de dégradation (B) est appliqué. Ce taux, exprimé en % de dégradation par jour, a été choisi en se basant sur les expériences in situ et en laboratoire, réalisées par plusieurs auteurs. Les résultats de ces expériences sont compilés dans Stolzenback (1977). La valeur de B la plus conforme aux observations, tout en étant assez conservatrice, se situe aux environs de 1 à 5% par jour. Le taux régressif est obtenu en remplaçant K_D par K_B dans les équations 3.8 et 3.9. La valeur de K_B est:

$$K_B = K_D (1 - B/200) \quad (3.10)$$

Le modèle a été utilisé en appliquant les constantes et les valeurs décrites précédemment (voir annexe 1). Les extrants du modèle sont les suivants:

1. Taux de dégradation quotidienne (%)
2. Temps d'observation en secondes et en heures (en général 12 heures)
3. Volume initial d'hydrocarbures déversés (m^3)
Les essais portent sur des volumes de 500, 1000, 5000, 10 000 et 50 000 m^3 .
4. Volume et pourcentage d'hydrocarbures évaporés et perdus (taux fixe de 34%)
5. Volume et pourcentage d'hydrocarbures non dispersés
6. Volume et pourcentage d'hydrocarbures ramenés en surface
7. Volume et pourcentage d'hydrocarbures qui sédimentent avec les particules en suspension
8. Volume et pourcentage d'hydrocarbures qui entraînent les particules en suspension vers la surface
9. Volume et pourcentage d'hydrocarbures diffusés dans les dépôts sédimentaires
10. Volume et pourcentage d'hydrocarbures qui demeurent dans l'eau. Cette fraction est considérée comme entièrement évacuée après 24 à 48 heures
11. Les résultats du modèle de sédimentation sont présentés en 5 colonnes et 20 rangées. Chaque rangée correspond à une période cumulative de 10 cycles de marée semi-diurne, soit environ 5 jours. La première colonne indique le nombre de cycles de marée écoulés après le déversement. La seconde indique le volume total d'hydrocarbures accumulés sur les estrans depuis le déversement. La troisième colonne indique le volume d'hydrocarbures attachés aux particules et demeurant en suspension. La quatrième colonne indique la concentration d'hydrocarbures (ppm) dans les sédiments déposés sur les herbiers au cours des 10 dernières marées (124 heures). Enfin, la cinquième colonne donne la concentration moyenne cumulative d'hydrocarbures dans les dépôts accumulés sur les herbiers.

4. RÉSULTATS

Les simulations réalisées à l'aide du modèle mathématique sont présentées à l'annexe 1. Les variables utilisées sont le volume déversé, l'épaisseur des nappes d'hydrocarbures, l'efficacité de la dispersion chimique ou mécanique, la concentration de matières en suspension et le taux de dégradation de l'hydrocarbure.

Tel que mentionné, les volumes déversés ont été choisis pour les essais standards: 500, 1000, 5000, 10 000 et 50 000 m³. Dans chaque cas, les tests ont été faits pour des taux de dégradation à long terme de 0%, 1%, 3% et 5% par jour. La dispersion chimique est considérée comme efficace à 99%. Les résultats obtenus montrent que le volume d'huile attaché aux sédiments se situera entre 2 et 5% du volume déversé, pour des concentrations de matière en suspension variant de 200 à 300 mg/l. Les essais standards correspondent à une nappe d'huile de type Norman Wells, évaporée et dispersée dans des conditions estivales, étalée jusqu'à une épaisseur moyenne de 0,1 mm. La profondeur d'eau est fixée à 10 m pour tous les essais.

Les concentrations d'hydrocarbures déposés sur les estrans décroissent exponentiellement avec le temps. Dans des conditions de dispersion optimales, et en considérant le taux de dégradation nul à long terme, les plus fortes concentrations ne dépassent pas 70 ppm dans les sédiments qui se déposent. Cette valeur de 70 ppm correspond à la concentration d'hydrocarbures dans le premier centimètre de sédiments déposés lors d'un déversement de 50 000 m³. Un déversement de 10 000 m³ produira une concentration initiale environ cinq fois moindre, soit 12 à 14 ppm.

Si l'on applique un taux dégressif (3% par jour) de lessivage et de dégradation de l'huile déposée sur les sédiments en suspension, on obtient une chute très prononcée de la concentration d'huile déposée quotidiennement. Après quinze jours, cette concentration est réduite de moitié.

Plusieurs essais ont été faits avec des nappes d'épaisseurs différentes. Dans la plupart des cas, le volume déversé a été fixé à 10 000 m³. Le fait d'augmenter l'épaisseur de la nappe diminue l'efficacité de la dispersion et augmente la concentration d'huile dans l'eau. Les concentrations d'huile modélisées variaient de 8,6 à 92 ppm. L'efficacité de la dispersion a été contrôlée en variant le temps de remontée des gouttelettes d'huile dans l'eau. Lors d'une dispersion chimique très efficace, le temps de remontée est fixé à 200 heures, ce qui correspond à la vitesse de remontée d'une gouttelette très fine (d'après la loi de Stoke). Par contre, en cas de dispersion purement mécanique, la nappe de pétrole ne peut être fractionnée qu'en grosses gouttelettes dont le temps de remontée est inférieur à une heure. Ces grosses gouttelettes ne diffusent à peu près pas vers le bas et l'huile reste en surface, même lorsque la surface est très agitée. Pour simuler des conditions intermédiaires de dispersion, des temps de remontée de l'huile de 1, 3 et 40 heures ont été utilisés. Dans chaque cas, l'épaisseur de la nappe était de 0,2 ou de 1,0 m et le volume déversé, de 10 000 m³.

Les résultats montrent que la concentration d'hydrocarbures sédimentés sur les estrans est surtout liée à la concentration d'huile dans l'eau. Même pour une nappe très peu dispersée (environ 0,5% de dispersion), le taux d'association avec les particules en suspension dans l'eau atteint 10% lorsque la concentration d'hydrocarbures dans l'eau dépasse 90 ppm. Il est peu probable, sinon impossible, que l'agitation de surface du fleuve Saint-Laurent soit suffisante pour introduire une telle quantité d'hydrocarbures dans la colonne d'eau. De telles concentrations sont possibles localement, en cas de très gros déversements. En moyenne, on s'attend à des concentrations de l'ordre de 5 à 10 ppm.

Les simulations de dispersion partielle permettent toutefois d'obtenir des concentrations d'hydrocarbures de près de 150 ppm dans les dépôts accumulés 5 à 10 jours après le déversement. Lorsqu'on applique un taux de dégradation de 3%, ces concentrations diminuent très rapidement et ne représentent que 30% de la concentration originale après un mois, soit environ 50 ppm. On pourrait observer localement de telles concentrations si les conditions de dispersion mécanique sont particulièrement bonnes (fortes vagues de surface, vent du nord-

est). Dans ce cas, la dispersion chimique permettra à un volume d'huile plus important de pénétrer dans la colonne d'eau. Cependant, le rapport de densité de l'huile et des suspensoides limite la quantité d'hydrocarbures qui peuvent s'associer aux particules. Les concentrations de matières en suspension de l'estuaire moyen ne peuvent vraiment supporter plus de 15 à 20 ppm d'huile sans qu'une fraction importante des particules soit entraînée vers la surface. Ce phénomène limite donc la sédimentation des hydrocarbures sur les estrans à un maximum de 150 ppm dans les jours qui suivent le déversement. A ce moment, le contact direct des hydrocarbures présents dans l'eau avec les dépôts et les herbiers est beaucoup plus important que la sédimentation de l'huile associée aux particules.

4.1 RECOMMANDATIONS ET CONCLUSIONS

Les résultats de la modélisation s'ajoutent aux études et analyses réalisées dans l'estuaire. Ces travaux permettent de tirer certaines conclusions sur l'utilisation de dispersants chimiques aux environs de Cap Tourmente.

1. Les dispersants chimiques ont surtout pour but de protéger les oies blanches et les herbiers d'un contact direct avec une nappe d'hydrocarbures. Ils ont l'inconvénient d'augmenter le temps de résidence des hydrocarbures en permettant à une fraction non négligeable de se fixer aux particules en suspension. Il est donc préférable d'éviter leur utilisation à des fins strictement esthétiques ou pour réduire les coûts de nettoyage des berges. Il est préférable de retirer physiquement le pétrole de l'eau lorsque la chose est possible, surtout en cas de déversement majeur.
2. Lorsque les oies sont présentes, au printemps ou à l'automne, il est possible que l'utilisation de dispersants soit la meilleure forme d'intervention. Il est utile de rappeler que les hydrocarbures resteront dans la région pendant quelques jours, même s'ils sont dispersés dans l'eau. Les concentrations d'huile en surface peuvent être assez élevées pendant cette période, d'autant plus qu'il est peu probable que la dispersion soit efficace à 100%.

En cas de gros déversement (5000 m³ et plus), il faut s'attendre à ce qu'un film d'huile soit déposé malgré tout le long des berges, sur la plupart des herbiers.

3. La sédimentation des hydrocarbures s'effectuera de façon décroissante et dépendra du taux de dégradation de l'huile. Les plus fortes concentrations d'huile dans les dépôts récents seront observées au cours des quinze premiers jours après le déversement. Les concentrations d'hydrocarbures dans les sédiments pourront atteindre 100 à 150 ppm par endroit, en cas de très gros déversement. Cette valeur constitue un maximum pour ce qui concerne la sédimentation proprement dite. En moyenne, cependant, l'accumulation d'hydrocarbures sur les estrans ne devrait pas dépasser 5 à 10 ppm pour un déversement de 10 000 m³. Cette concentration de 5 à 10 ppm sera déposée dans les quinze premiers jours suivant le déversement et sera incorporée dans un dépôt de 1 à 2 cm d'épaisseur. Par la suite, la concentration diminuera rapidement.

Même si ces valeurs peuvent sembler faibles, il faut rappeler que les végétaux et les organismes vivant sur les herbiers seront en contact avec les contaminants pendant le reste de la saison estivale. Il vaudrait mieux évaluer l'impact de cette cohabitation hydrocarbures/organismes avant de prendre le risque d'exposer l'ensemble des écosystèmes intertidaux du Saint-Laurent à une telle contamination. X

En résumé, l'usage de dispersants chimiques peut être avantageux pour protéger les oies blanches dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cet usage devrait être limité aux périodes où les oies sont présentes (mai et octobre) et au moment où la végétation des herbiers est trop développée pour se régénérer, surtout en août et en septembre. Il faut s'attendre à ce qu'une fraction (0,1 à 0,5%) significative de l'huile dispersée sédimente. La sédimentation des hydrocarbures affectera l'ensemble des estrans bordant le chenal nord et une partie de ceux qui sont situés au sud de l'estuaire, si le déversement est très important. X

BIBLIOGRAPHIE

- D'ANGLEJAN, B.F. et E.C. SMITH, 1973. Distribution, transport and composition of suspended matter in the St. Lawrence estuary. *Can. Jour. Earth. Sci.* 10 (9): 1380-1396.
- D'ANGLEJAN, B.F., R.G. INGRAM et J.-P. SAVARD, 1981. Suspended sediment exchanges between the St. Lawrence estuary and a coastal embayment. *Marine Geology*. 40 (1): 85-100.
- MacKAY, D., P.G. WELLS, et S. PATERSON, 1980. Chemical dispersion of oil spills: an international research symposium. Proc. of a Symp. held in Toronto, Canada (Nov. 17-19, 1980). Inst. for Env. Studies, Univ. of Toronto, Ont. Can. Prep. n° EE-17, 215 p.
- KRANCK, K., 1979. Dynamics and distribution of suspended particulates matter in the St. Lawrence estuary. *Nat. Can.* 105: 163-173.
- PRITCHARD, D.W., 1954. A study of the salt balance in a coastal plain estuary. *Jour. Mar. Res.* 13: 133-144
- SÉRODES, J.-B., 1980. Étude de la sédimentation intertidale de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Direction générale des eaux intérieures - région de Québec. Environnement Canada. 28 p.
- SÉRODES, J.-B., J.-P. TROUDES et J. DESCHÊNES, 1983. Étude de la dynamique sédimentaire et du pouvoir de transformation des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent: cas de l'estran de la Pointe aux Prêtres (batture de Cap Tourmente). Direction générale des eaux intérieures - région de Québec. Environnement Canada. 81 p.
- SILVERBERG, N. et B. SUNDBY, 1979. Observations in the turbidity maximum of the St. Lawrence estuary. *Can. Jour. Earth. Sci.* 16: 939-950.
- STOLZENBACK, K.D. et al., 1977. A review and evaluation of basic techniques for predicting the behavior of surface oil slicks. M.I.T. Reports. N° MITSQ 77-8. Cambridge, Mass. 02139.
- TROUDE, J.-P., J.-B. SÉRODES et B. ÉLOUARD, 1983. Étude des mécanismes sédimentologiques des zones intertidales de l'estuaire du Saint-Laurent: cas de la batture de Pointe aux Prêtres (batture de Cap Tourmente). Direction générale des eaux intérieures - région de Québec. Environnement Canada. 69 pp.

ANNEXE A

PROGRAMME FORTRAN

Modèle de sédimentation des hydrocarbures
Estuaire moyen du Saint-Laurent

```

0001 -----
0002     DISPERSED OIL SEDIMENT PROGRAM
0003 -----
0004     TYPE 1
0005 1     FORMAT(' INPUT SLICK DIAMETER M: ', $)
0006     ACCEPT *, DIA
0007     TYPE 2
0008 2     FORMAT(' INPUT WATER MIXING TIME HOURS: ', $)
0009     ACCEPT *, TMH
0010     TYPE 3
0011 3     FORMAT(' INPUT OIL VOLUME M3: ', $)
0012     ACCEPT *, VO
0013     TYPE 4
0014 4     FORMAT(' INPUT OIL DISPERSION RISING TIME HOURS: ', $)
0015     ACCEPT *, TRH
0016     TR=TRH*3600
0017     TYPE 5
0018 5     FORMAT(' INPUT DEPTH M: ', $)
0019     ACCEPT *, Z
0020     TYPE 6
0021 6     FORMAT(' INPUT SUSP SEDIMENT CONCN PPM: ', $)
0022     ACCEPT *, CS
0023     TYPE 7
0024 30     TYPE 33
0025 33     FORMAT(' TO END, ENTER 0')
0026 7     FORMAT(' INPUT OBSERVATION TIME HOURS: ', $)
0027     ACCEPT *, TH
0028     IF (TH.EQ.0) GO TO 99
0029     TYPE 35
0030 35     FORMAT(' TAUX DE BIODEGRADATION QUOTIDIENNE %: ', $)

```

```

031      ACCEPT *, BIO
032      BIO= 1- BIO /200.
033      T=TH*3600
034      F1=.66
035      F4=.9
036      KT=80
037      DN=.01
038      DC=.05
039      KH=1
040      KD=1
041      VOL=Z*3.14*DIA*DIA/4
042      XKA=7.0 E-10
043      UF=Z/TR
044      FS=.1
045      TM=TMH*3600
046      DIF=Z*Z/TM
047      F2=1-EXP(-KT*(DN+DC*KH*KD))
048      V1=VO*F1
049      VEV=VO*(1-F1)
050      V2=V1*F2
051      VUN=V1*(1-F2)
052      CO=V2*1.0E06/VOL
053      F5=EXP(-UF*T/Z)
054      R5=UF/Z
055      R3=XKA*CS*CO
056      F3=EXP(-XKA*T*CS*CO)
057      FF3=1-F3
058      V4=V2*F3*F5
059      VSS=(V2-V4)*R3/(R3+R5)
060      VRS=(V2-V4)*R5/(R3+R5)
061      VSD=VSS*F4
062      VSU=VSS*(1-F4)
063      F6=FS*EXP(-Z*(3.14/(4*DIF*T)**.5))
064      VSF=V4*F6
065      VWC=V4*(1-F6)
066      VST=VSD+VSF
067      VUT=VRS+VSU+VUN
068      PEV=100*VEV/VO
069      PUN=100*VUN/VO
070      PRS=100*VRS/VO

```

```

071. PSD=100*VSD/VO
072 PSU=100*VSU/VO
073 PSF=100*VSF/VO
074 PWC=100*VWC/VO
075 PST=100*VST/VO
076 PUT=100*VUT/VO
077 TYPE 10,T,TH
078 10 FORMAT(' TEMPS SECONDES ',F8.1, ' HEURES ',F8.1)
079 TYPE 11,VO
080 11 FORMAT(' VOLUME INITIAL',10X,F8.1,/)
081 TYPE 12,VEV,PEV
082 12 FORMAT(' VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU',T50,F8.1,T60,F8.1)
083 TYPE 13,VUN,PUN
084 13 FORMAT(' VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE',T50,F8.1,T60,F8.1)
085 TYPE 14,VRS,PRS
086 14 FORMAT(' VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE',T50,F8.1,T60,F8.1)
087 TYPE 15,VSD,PSD
088 15 FORMAT(' VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES ',T50,F8.1,T60,
089 6F8.1)
090 TYPE 16,VSU,PSU
091 16 FORMAT(' VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT ',T50,
092 6F8.1,T60,F8.1)
093 TYPE 17,VSF,PSF
094 17 FORMAT(' VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS',T50,F8.1,T60
095 6F8.1)
096 TYPE 18,VWC,PWC
097 18 FORMAT(' VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L''EAU',T50,F8.1,T60,F8.1)
098 TYPE 19,VST,PST
099 19 FORMAT(/' VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT',T50,F8.1,T60,F8.1)
100 TYPE 20,VUT,PUT
101 20 FORMAT(' VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE',T50,F8.1,T60,F8.1)
102 TYPE 220,TRH,TMH
103 220 FORMAT(' TEMPS DE REMONTEE DE L''HUILE ET DE MELANGE',T50,F8.1,T6
104 6,F8.1)
105 TYPE 22,DIA,Z
106 122 FORMAT(' DIAM (M) ET PROFONDEUR D''EAU (M)',T50,F8.1,T60,F8.1)
107 TYPE 24,CS
108 24 FORMAT(' CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)',T50,F8.1)
109 TYPE 25,CO

```

```

110 25      FORMAT(' CONC. MOYENNE D' 'HUILE DS L' 'EAU (PPM)', T50, F8.1)
111      TYPE 26
112 26      FORMAT(//)
113      XK1=0.0013
114      XK2=0.001
115      XSD=0.0
116      XKK=(1. - XK1 -XK2) * BIO
117      TYPE 27
118 27      FORMAT(// ' RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION' )
119      TYPE 28
120 28      FORMAT(' ' , 'NB DE CYCLES', T15, 'VOL SUR ESTRANS', T32,
121 6 'VOL EN SUSPENSION', T53, 'CONC SED', T63, 'CONC CUMUL' /)
122 29      FORMAT(T4, I4, T18, F8.1, T36, F8.1, T53, F8.2, T63, F8.2)
123      XSD=0.
124      DO 50 I=10, 200, 10
125      XMS=VSD * XK1
126      II=I+1
127      SUM=0.
128      DO 51 J=1, II
129      SUM=SUM + XMS * XKK ** (J-1)
130 51      CONTINUE
131      XMT= VSD* XKK**I
132      XSD=SUM-XSD
133      CSD= XSD / 0.31
134      CST= SUM/ 0.031 / I
135      TYPE 29, I, SUM, XMT, CSD, CST
136      XSD=SUM
137 50      CONTINUE
138      GO TO 30
139 99      TYPE 100
140 100     FORMAT(' END OF PROGRAM. ' )
141      STOP
142      END

```

ANNEXE B

RÉSULTATS DU MODÈLE DE SÉDIMENTATION
DES HYDROCARBURES

DISPERSION MÉCANIQUE

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 500.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	170.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	2.7	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	326.2	65.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1.0	0.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	0.1	0.0
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	0.0	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	0.0	0.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1.0	0.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	329.0	65.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	0.5	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	2200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.0	0.9	0.04	0.04
20	0.0	0.9	0.04	0.04
30	0.0	0.9	0.04	0.04
40	0.0	0.9	0.04	0.04
50	0.1	0.9	0.04	0.04
60	0.1	0.8	0.04	0.04
70	0.1	0.8	0.03	0.04
80	0.1	0.8	0.03	0.04
90	0.1	0.8	0.03	0.04
100	0.1	0.8	0.03	0.04
110	0.1	0.7	0.03	0.04
120	0.1	0.7	0.03	0.04
130	0.1	0.7	0.03	0.03
140	0.1	0.7	0.03	0.03
150	0.2	0.7	0.03	0.03
160	0.2	0.7	0.03	0.03
170	0.2	0.6	0.03	0.03
180	0.2	0.6	0.03	0.03
190	0.2	0.6	0.03	0.03
200	0.2	0.6	0.03	0.03

DISPERSION CHIMIQUE - EFFICACITÉ 30%

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 500.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	170.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	2.7	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	221.7	44.3
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	13.0	2.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	1.4	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	4.2	0.8
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	87.0	17.4
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	17.2	3.4
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	225.8	45.2
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	10.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	2200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.2	12.7	0.59	0.59
20	0.3	12.4	0.53	0.56
30	0.5	12.1	0.51	0.54
40	0.7	11.8	0.50	0.53
50	0.8	11.6	0.49	0.52
60	1.0	11.3	0.48	0.52
70	1.1	11.1	0.47	0.51
80	1.2	10.8	0.46	0.50
90	1.4	10.6	0.45	0.50
100	1.5	10.3	0.44	0.49
110	1.7	10.1	0.43	0.49
120	1.8	9.9	0.42	0.48
130	1.9	9.6	0.41	0.47
140	2.0	9.4	0.40	0.47
150	2.2	9.2	0.39	0.46
160	2.3	9.0	0.38	0.46
170	2.4	8.8	0.37	0.45
180	2.5	8.6	0.36	0.45
190	2.6	8.4	0.36	0.44
200	2.7	8.2	0.35	0.44

DISPERSION CHIMIQUE

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 1
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 500.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	170.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	2.7	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	24.2	4.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	21.3	4.3
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	2.4	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	12.7	2.5
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	266.7	53.3
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	34.0	6.8
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	29.3	5.9
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	150.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	2200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.3	19.8	0.95	0.95
20	0.5	18.4	0.80	0.87
30	0.8	17.1	0.74	0.83
40	1.0	15.9	0.69	0.79
50	1.2	14.8	0.64	0.76
60	1.4	13.7	0.60	0.73
70	1.5	12.8	0.55	0.71
80	1.7	11.9	0.51	0.68
90	1.8	11.0	0.48	0.66
100	2.0	10.2	0.44	0.64
110	2.1	9.5	0.41	0.62
120	2.2	8.9	0.38	0.60
130	2.3	8.2	0.36	0.58
140	2.4	7.6	0.33	0.56
150	2.5	7.1	0.31	0.55
160	2.6	6.6	0.29	0.53
170	2.7	6.1	0.27	0.51
180	2.8	5.7	0.25	0.50
190	2.9	5.3	0.23	0.49
200	2.9	4.9	0.21	0.47

DISPERSION CHIMIQUE - EFFICACITÉ 99%

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 500.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	170.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	2.7	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	24.2	4.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	21.3	4.3
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	2.4	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	12.7	2.5
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	266.7	53.3
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	34.0	6.8
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	29.3	5.9
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	150.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	2200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.3	17.9	0.90	0.90
20	0.5	15.0	0.68	0.79
30	0.7	12.6	0.57	0.72
40	0.8	10.6	0.48	0.66
50	0.9	8.9	0.40	0.61
60	1.0	7.5	0.34	0.56
70	1.1	6.3	0.29	0.52
80	1.2	5.3	0.24	0.49
90	1.3	4.4	0.20	0.46
100	1.3	3.7	0.17	0.43
110	1.4	3.1	0.14	0.40
120	1.4	2.6	0.12	0.38
130	1.4	2.2	0.10	0.36
140	1.5	1.9	0.08	0.34
150	1.5	1.6	0.07	0.32
160	1.5	1.3	0.06	0.30
170	1.5	1.1	0.05	0.29
180	1.5	0.9	0.04	0.28
190	1.5	0.8	0.04	0.26
200	1.6	0.7	0.03	0.25

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-1)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 1000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	340.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	5.4	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	36.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIDES	40.7	4.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.5	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	26.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	546.4	54.6
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	66.8	6.7
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	46.7	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.1	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.5	30.9	1.64	1.64
20	0.9	23.4	1.12	1.38
30	1.1	17.8	0.85	1.20
40	1.3	13.5	0.64	1.06
50	1.5	10.2	0.49	0.95
60	1.6	7.8	0.37	0.85
70	1.7	5.9	0.28	0.77
80	1.7	4.5	0.21	0.70
90	1.8	3.4	0.16	0.64
100	1.8	2.6	0.12	0.59
110	1.9	2.0	0.09	0.54
120	1.9	1.5	0.07	0.50
130	1.9	1.1	0.05	0.47
140	1.9	0.9	0.04	0.44
150	1.9	0.6	0.03	0.41
160	1.9	0.5	0.02	0.39
170	1.9	0.4	0.02	0.37
180	1.9	0.3	0.01	0.35
190	1.9	0.2	0.01	0.33
200	1.9	0.2	0.01	0.31

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-1)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 1000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	340.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	5.4	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	36.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	40.7	4.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.5	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	26.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	546.4	54.6
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	66.8	6.7
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	46.7	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.1	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.5	34.2	1.72	1.72
20	0.9	28.8	1.31	1.52
30	1.3	24.2	1.10	1.38
40	1.6	20.3	0.92	1.26
50	1.8	17.1	0.77	1.16
60	2.0	14.3	0.65	1.08
70	2.2	12.0	0.55	1.00
80	2.3	10.1	0.46	0.93
90	2.4	8.5	0.39	0.87
100	2.5	7.1	0.32	0.82
110	2.6	6.0	0.27	0.77
120	2.7	5.0	0.23	0.72
130	2.8	4.2	0.19	0.68
140	2.8	3.6	0.16	0.65
150	2.8	3.0	0.14	0.61
160	2.9	2.5	0.11	0.58
170	2.9	2.1	0.10	0.55
180	2.9	1.8	0.08	0.53
190	3.0	1.5	0.07	0.50
200	3.0	1.3	0.06	0.48

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-1)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 1
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 1000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	340.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	5.4	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	36.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	40.7	4.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.5	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	26.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	546.4	54.6
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	66.8	6.7
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	46.7	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.1	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.6	37.9	1.81	1.81
20	1.0	35.2	1.53	1.67
30	1.5	32.7	1.42	1.59
40	1.9	30.4	1.32	1.52
50	2.3	28.3	1.22	1.46
60	2.6	26.3	1.14	1.41
70	2.9	24.4	1.06	1.36
80	3.2	22.7	0.98	1.31
90	3.5	21.1	0.91	1.27
100	3.8	19.6	0.85	1.22
110	4.0	18.2	0.79	1.18
120	4.3	16.9	0.73	1.15
130	4.5	15.7	0.68	1.11
140	4.7	14.6	0.63	1.08
150	4.9	13.6	0.59	1.04
160	5.0	12.6	0.55	1.01
170	5.2	11.7	0.51	0.98
180	5.3	10.9	0.47	0.96
190	5.5	10.1	0.44	0.93
200	5.6	9.4	0.41	0.90

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-1)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 1000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	340.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	5.4	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	36.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	40.7	4.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.5	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	26.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	546.4	54.6
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	66.8	6.7
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	46.7	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3200.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.1	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.6	39.8	1.86	1.86
20	1.1	38.9	1.65	1.75
30	1.6	38.0	1.61	1.71
40	2.1	37.1	1.57	1.67
50	2.6	36.3	1.54	1.65
60	3.0	35.5	1.50	1.62
70	3.5	34.7	1.47	1.60
80	3.9	33.9	1.44	1.58
90	4.4	33.1	1.40	1.56
100	4.8	32.4	1.37	1.54
110	5.2	31.6	1.34	1.52
120	5.6	30.9	1.31	1.50
130	6.0	30.2	1.28	1.49
140	6.4	29.5	1.25	1.47
150	6.8	28.8	1.22	1.45
160	7.1	28.2	1.19	1.44
170	7.5	27.5	1.17	1.42
180	7.8	26.9	1.14	1.41
190	8.2	26.3	1.11	1.39
200	8.5	25.7	1.09	1.38

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 1000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm) : 8,1

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 41

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm): 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: 55%

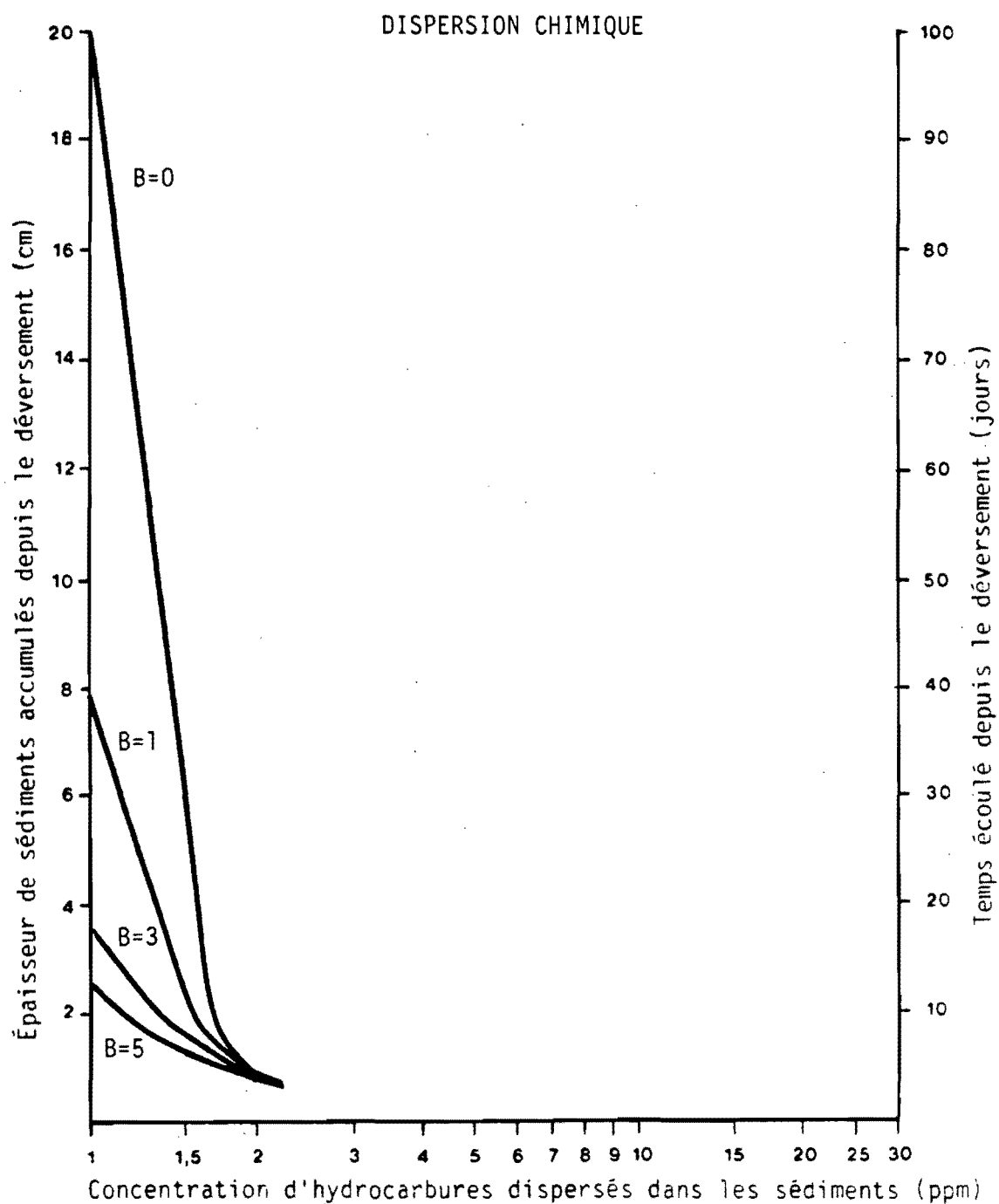


FIGURE: B-1 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-2)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 5000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	1700.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	27.2	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	183.5	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	212.5	4.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.6	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	130.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2723.1	54.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	342.6	6.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	234.3	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	2.7	161.2	8.57	8.57
20	4.5	122.3	5.83	7.20
30	5.8	92.8	4.42	6.27
40	6.9	70.4	3.35	5.54
50	7.7	53.4	2.54	4.94
60	8.3	40.5	1.93	4.44
70	8.7	30.7	1.46	4.01
80	9.1	23.3	1.11	3.65
90	9.3	17.7	0.84	3.34
100	9.5	13.4	0.64	3.07
110	9.7	10.2	0.48	2.83
120	9.8	7.7	0.37	2.63
130	9.9	5.9	0.28	2.45
140	9.9	4.4	0.21	2.29
150	10.0	3.4	0.16	2.15
160	10.0	2.6	0.12	2.02
170	10.0	1.9	0.09	1.91
180	10.1	1.5	0.07	1.80
190	10.1	1.1	0.05	1.71
200	10.1	0.8	0.04	1.63

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-2)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 5000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	1700.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	27.2	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	183.5	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	212.5	4.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.6	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	130.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2723.1	54.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	342.6	6.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	234.3	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	2.8	178.5	9.00	9.00
20	4.9	150.0	6.81	7.90
30	6.7	126.0	5.72	7.18
40	8.2	105.9	4.81	6.58
50	9.4	88.9	4.04	6.07
60	10.5	74.7	3.39	5.63
70	11.4	62.8	2.85	5.23
80	12.1	52.7	2.40	4.88
90	12.7	44.3	2.01	4.56
100	13.2	37.2	1.69	4.27
110	13.7	31.3	1.42	4.01
120	14.1	26.3	1.19	3.78
130	14.4	22.1	1.00	3.56
140	14.6	18.6	0.84	3.37
150	14.8	15.6	0.71	3.19
160	15.0	13.1	0.59	3.03
170	15.2	11.0	0.50	2.88
180	15.3	9.2	0.42	2.74
190	15.4	7.8	0.35	2.62
200	15.5	6.5	0.30	2.50

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-2)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3DJ1
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 5000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	1700.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	27.2	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	183.5	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	212.5	4.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.6	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	130.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2723.1	54.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	342.6	6.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	234.3	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	2.9	197.5	9.45	9.45
20	5.4	183.5	7.96	8.70
30	7.7	170.6	7.40	8.27
40	9.8	158.6	6.87	7.92
50	11.8	147.4	6.39	7.61
60	13.6	137.0	5.94	7.33
70	15.4	127.3	5.52	7.07
80	16.9	118.3	5.13	6.83
90	18.4	110.0	4.77	6.60
100	19.8	102.2	4.43	6.39
110	21.1	95.0	4.12	6.18
120	22.3	88.3	3.83	5.98
130	23.4	82.1	3.56	5.80
140	24.4	76.3	3.31	5.62
150	25.3	70.9	3.07	5.45
160	26.2	65.9	2.86	5.29
170	27.0	61.3	2.66	5.13
180	27.8	56.9	2.47	4.98
190	28.5	52.9	2.29	4.84
200	29.2	49.2	2.13	4.71

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-2)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 5000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	1700.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	27.2	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	183.5	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	212.5	4.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.6	0.5
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	130.1	2.6
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2723.1	54.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	342.6	6.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	234.3	4.7
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	3.0	207.6	9.69	9.69
20	5.7	202.9	8.60	9.14
30	8.3	198.3	8.40	8.90
40	10.8	193.8	8.21	8.72
50	13.3	189.4	8.02	8.58
60	15.7	185.0	7.84	8.46
70	18.1	180.8	7.66	8.35
80	20.4	176.7	7.49	8.24
90	22.7	172.7	7.32	8.14
100	24.9	168.8	7.15	8.04
110	27.1	164.9	6.99	7.94
120	29.2	161.2	6.83	7.85
130	31.3	157.5	6.67	7.76
140	33.3	153.9	6.52	7.67
150	35.3	150.4	6.37	7.58
160	37.2	147.0	6.23	7.50
170	39.1	143.6	6.09	7.42
180	40.9	140.4	5.95	7.34
190	42.7	137.2	5.81	7.25
200	44.5	134.1	5.68	7.18

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 5000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm): 8,5

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 213

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm): 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: 55%

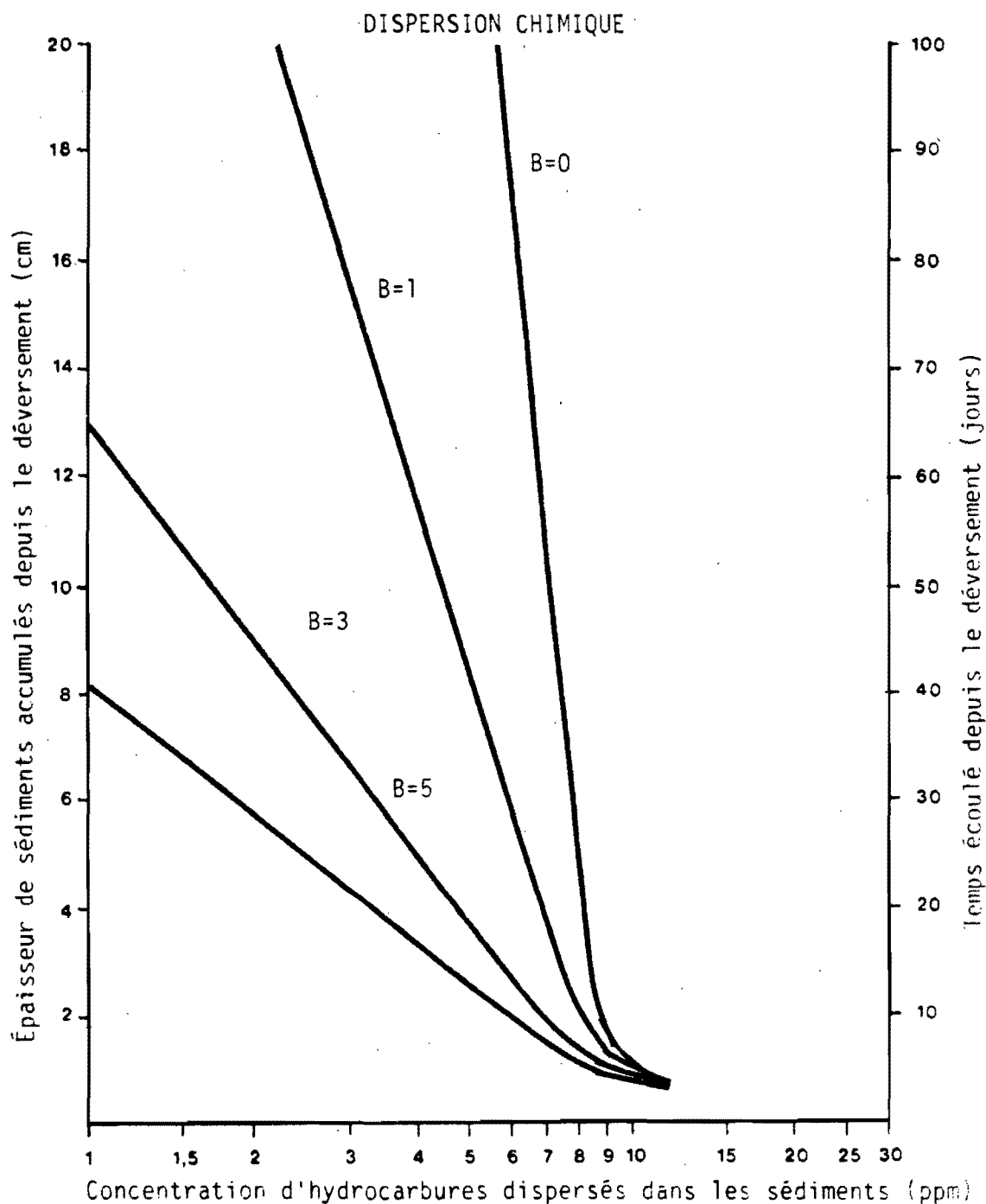


FIGURE: B-2 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-3)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	6504.6	65.0
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	36.9	0.4
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.1	0.0
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	0.0	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	0.0	0.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	36.9	0.4
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	6563.1	65.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	1.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.5	36.1	1.68	1.68
20	1.0	35.2	1.49	1.59
30	1.4	34.4	1.46	1.55
40	1.9	33.7	1.43	1.52
50	2.3	32.9	1.39	1.49
60	2.7	32.1	1.36	1.47
70	3.1	31.4	1.33	1.45
80	3.5	30.7	1.30	1.43
90	3.9	30.0	1.27	1.41
100	4.3	29.3	1.24	1.40
110	4.7	28.6	1.21	1.38
120	5.1	28.0	1.19	1.36
130	5.4	27.4	1.16	1.35
140	5.8	26.7	1.13	1.33
150	6.1	26.1	1.11	1.32
160	6.5	25.5	1.08	1.30
170	6.8	24.9	1.06	1.29
180	7.1	24.4	1.03	1.27
190	7.4	23.8	1.01	1.26
200	7.7	23.3	0.99	1.25

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-3)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	6504.6	65.0
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	36.9	0.4
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	4.1	0.0
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	0.0	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	0.0	0.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	36.9	0.4
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	6563.1	65.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	1.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	0.5	31.0	1.56	1.56
20	0.9	26.0	1.18	1.37
30	1.2	21.9	0.99	1.25
40	1.4	18.4	0.83	1.14
50	1.6	15.4	0.70	1.06
60	1.8	13.0	0.59	0.98
70	2.0	10.9	0.50	0.91
80	2.1	9.2	0.42	0.85
90	2.2	7.7	0.35	0.79
100	2.3	6.5	0.29	0.74
110	2.4	5.4	0.25	0.70
120	2.4	4.6	0.21	0.66
130	2.5	3.8	0.17	0.62
140	2.5	3.2	0.15	0.59
150	2.6	2.7	0.12	0.55
160	2.6	2.3	0.10	0.53
170	2.6	1.9	0.09	0.50
180	2.7	1.6	0.07	0.48
190	2.7	1.3	0.06	0.45
200	2.7	1.1	0.05	0.43

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 10 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm) : 8,3

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 37

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm) : 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau : <1%

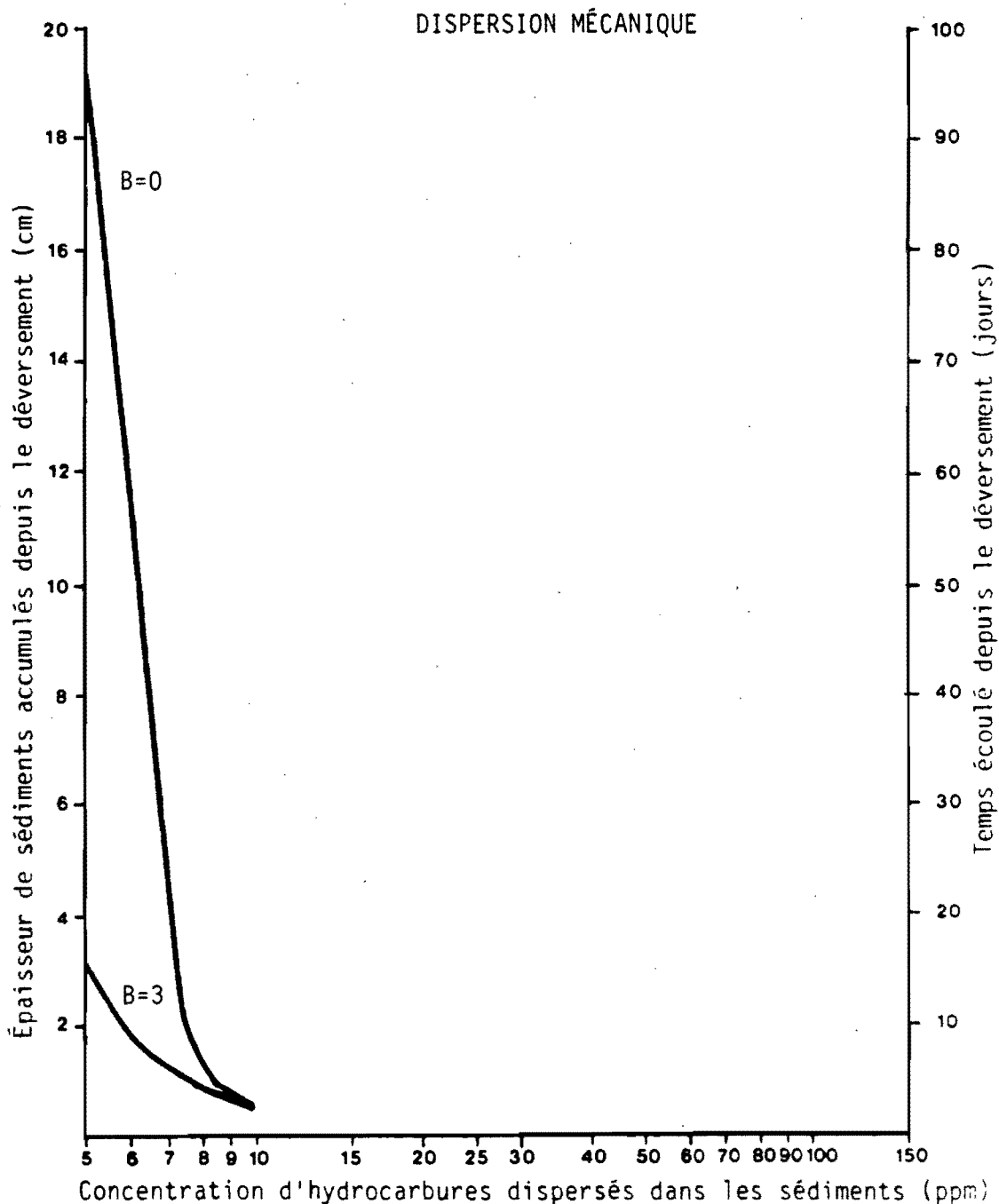


FIGURE B-3 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-4)

INPUT SLICK DIAMETER M: 10000
 INPUT WATER MIXING TIME HOURS: 3
 INPUT OIL VOLUME M3: 10000
 INPUT OIL DISPERSION RISING TIME HOURS: 1DJ200
 INPUT DEPTH M: 10
 INPUT SUSP SEDIMENT CONC N PPM: 2000DJ
 INPUT OBSERVATION TIME HOURS: TO END, ENTER 0
 12
 TAUX DE BIODEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	371.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	281.3	2.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	31.3	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	267.3	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5594.0	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	548.6	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	457.4	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	4.0	274.9	12.83	12.83
20	7.5	268.6	11.38	12.10
30	11.0	262.5	11.12	11.78
40	14.3	256.5	10.87	11.55
50	17.6	250.7	10.62	11.36
60	20.8	245.0	10.38	11.20
70	24.0	239.4	10.14	11.05
80	27.1	234.0	9.91	10.91
90	30.1	228.6	9.69	10.77
100	33.0	223.4	9.47	10.64
110	35.9	218.3	9.25	10.52
120	38.7	213.4	9.04	10.39
130	41.4	208.5	8.84	10.27
140	44.1	203.8	8.63	10.16
150	46.7	199.1	8.44	10.04
160	49.2	194.6	8.25	9.93
170	51.7	190.2	8.06	9.82
180	54.2	185.8	7.87	9.71
190	56.6	181.6	7.70	9.60
200	58.9	177.5	7.52	9.50

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-4)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 1
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	371.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	281.3	2.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	31.3	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	267.3	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5594.0	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	548.6	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	457.4	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	3.9	261.4	12.51	12.51
20	7.1	243.0	10.53	11.52
30	10.2	225.9	9.79	10.95
40	13.0	209.9	9.10	10.48
50	15.6	195.1	8.46	10.08
60	18.1	181.4	7.86	9.71
70	20.3	168.6	7.31	9.37
80	22.4	156.7	6.79	9.04
90	24.4	145.6	6.31	8.74
100	26.2	135.3	5.87	8.45
110	27.9	125.8	5.45	8.18
120	29.5	116.9	5.07	7.92
130	30.9	108.7	4.71	7.67
140	32.3	101.0	4.38	7.44
150	33.5	93.9	4.07	7.21
160	34.7	87.3	3.78	7.00
170	35.8	81.1	3.52	6.79
180	36.8	75.4	3.27	6.60
190	37.8	70.1	3.04	6.41
200	38.6	65.1	2.82	6.23

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-4)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 2DJ3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	371.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	281.3	2.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	31.3	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	267.3	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5594.0	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	548.6	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	457.4	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	3.7	236.3	11.91	11.91
20	6.5	198.5	9.02	10.46
30	8.8	166.8	7.58	9.50
40	10.8	140.1	6.36	8.72
50	12.5	117.7	5.35	8.04
60	13.9	98.9	4.49	7.45
70	15.0	83.1	3.77	6.93
80	16.0	69.8	3.17	6.46
90	16.8	58.7	2.66	6.04
100	17.5	49.3	2.24	5.66
110	18.1	41.4	1.88	5.31
120	18.6	34.8	1.58	5.00
130	19.0	29.2	1.33	4.72
140	19.4	24.6	1.12	4.46
150	19.7	20.6	0.94	4.23
160	19.9	17.3	0.79	4.01
170	20.1	14.6	0.66	3.81
180	20.3	12.2	0.56	3.63
190	20.4	10.3	0.47	3.47
200	20.5	8.6	0.39	3.31

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-4)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	371.8	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	281.3	2.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	31.3	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	267.3	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5594.0	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	548.6	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	457.4	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.3	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	3.5	213.4	11.34	11.34
20	5.9	161.9	7.71	9.53
30	7.7	122.8	5.85	8.30
40	9.1	93.2	4.44	7.34
50	10.1	70.7	3.37	6.54
60	10.9	53.6	2.55	5.88
70	11.5	40.7	1.94	5.32
80	12.0	30.9	1.47	4.83
90	12.3	23.4	1.12	4.42
100	12.6	17.8	0.85	4.06
110	12.8	13.5	0.64	3.75
120	12.9	10.2	0.49	3.48
130	13.1	7.8	0.37	3.24
140	13.1	5.9	0.28	3.03
150	13.2	4.5	0.21	2.84
160	13.3	3.4	0.16	2.67
170	13.3	2.6	0.12	2.52
180	13.3	1.9	0.09	2.39
190	13.4	1.5	0.07	2.27
200	13.4	1.1	0.05	2.16

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 10 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm) : 8,3

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 281

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm) : 200

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: 56%

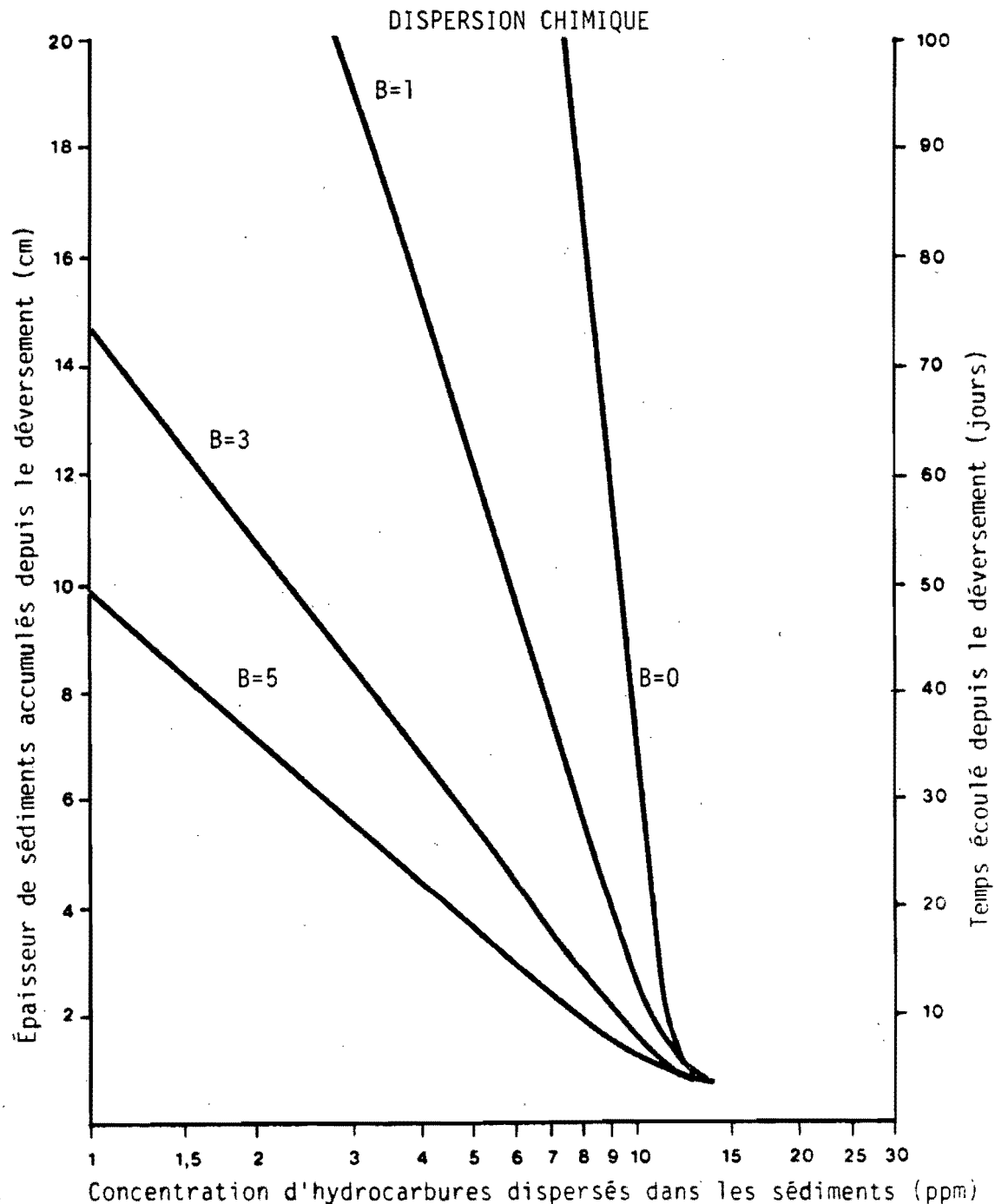


FIGURE: B-4 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-5)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	6203.5	62.0
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	215.5	2.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.9	0.2
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	4.7	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	98.1	1.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	220.2	2.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	6281.8	62.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	3.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	3.0	210.6	9.83	9.83
20	5.7	205.8	8.72	9.27
30	8.4	201.1	8.52	9.02
40	11.0	196.5	8.33	8.85
50	13.5	192.0	8.14	8.71
60	16.0	187.7	7.95	8.58
70	18.4	183.4	7.77	8.47
80	20.7	179.2	7.59	8.36
90	23.0	175.2	7.42	8.25
100	25.3	171.2	7.25	8.15
110	27.5	167.3	7.09	8.06
120	29.6	163.5	6.93	7.96
130	31.7	159.7	6.77	7.87
140	33.8	156.1	6.61	7.78
150	35.8	152.5	6.46	7.69
160	37.7	149.1	6.32	7.61
170	39.6	145.7	6.17	7.52
180	41.5	142.4	6.03	7.44
190	43.3	139.1	5.90	7.36
200	45.1	136.0	5.76	7.28

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-5)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	6203.5	62.0
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	215.5	2.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.9	0.2
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	4.7	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	98.1	1.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	220.2	2.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	6281.8	62.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	3.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	2.8	181.0	9.12	9.12
20	5.0	152.1	6.91	8.02
30	6.8	127.8	5.80	7.28
40	8.3	107.4	4.88	6.68
50	9.6	90.2	4.10	6.16
60	10.6	75.8	3.44	5.71
70	11.5	63.7	2.89	5.31
80	12.3	53.5	2.43	4.95
90	12.9	44.9	2.04	4.62
100	13.4	37.8	1.71	4.33
110	13.9	31.7	1.44	4.07
120	14.3	26.7	1.21	3.83
130	14.6	22.4	1.02	3.61
140	14.8	18.8	0.85	3.42
150	15.1	15.8	0.72	3.24
160	15.2	13.3	0.60	3.07
170	15.4	11.2	0.51	2.92
180	15.5	9.4	0.43	2.78
190	15.6	7.9	0.36	2.66
200	15.7	6.6	0.30	2.54

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-5)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	6203.5	62.0
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	215.5	2.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	23.9	0.2
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	4.7	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	98.1	1.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	220.2	2.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	6281.8	62.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	3.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	2.7	163.5	8.69	8.69
20	4.5	124.0	5.91	7.30
30	5.9	94.1	4.48	6.36
40	7.0	71.4	3.40	5.62
50	7.8	54.2	2.58	5.01
60	8.4	41.1	1.96	4.50
70	8.8	31.2	1.48	4.07
80	9.2	23.6	1.13	3.70
90	9.4	17.9	0.85	3.39
100	9.7	13.6	0.65	3.11
110	9.8	10.3	0.49	2.87
120	9.9	7.8	0.37	2.67
130	10.0	5.9	0.28	2.48
140	10.1	4.5	0.21	2.32
150	10.1	3.4	0.16	2.18
160	10.2	2.6	0.12	2.05
170	10.2	2.0	0.09	1.93
180	10.2	1.5	0.07	1.83
190	10.2	1.1	0.05	1.74
200	10.2	0.9	0.04	1.65

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 10 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm) : 17

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 215

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm) : 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: 1%

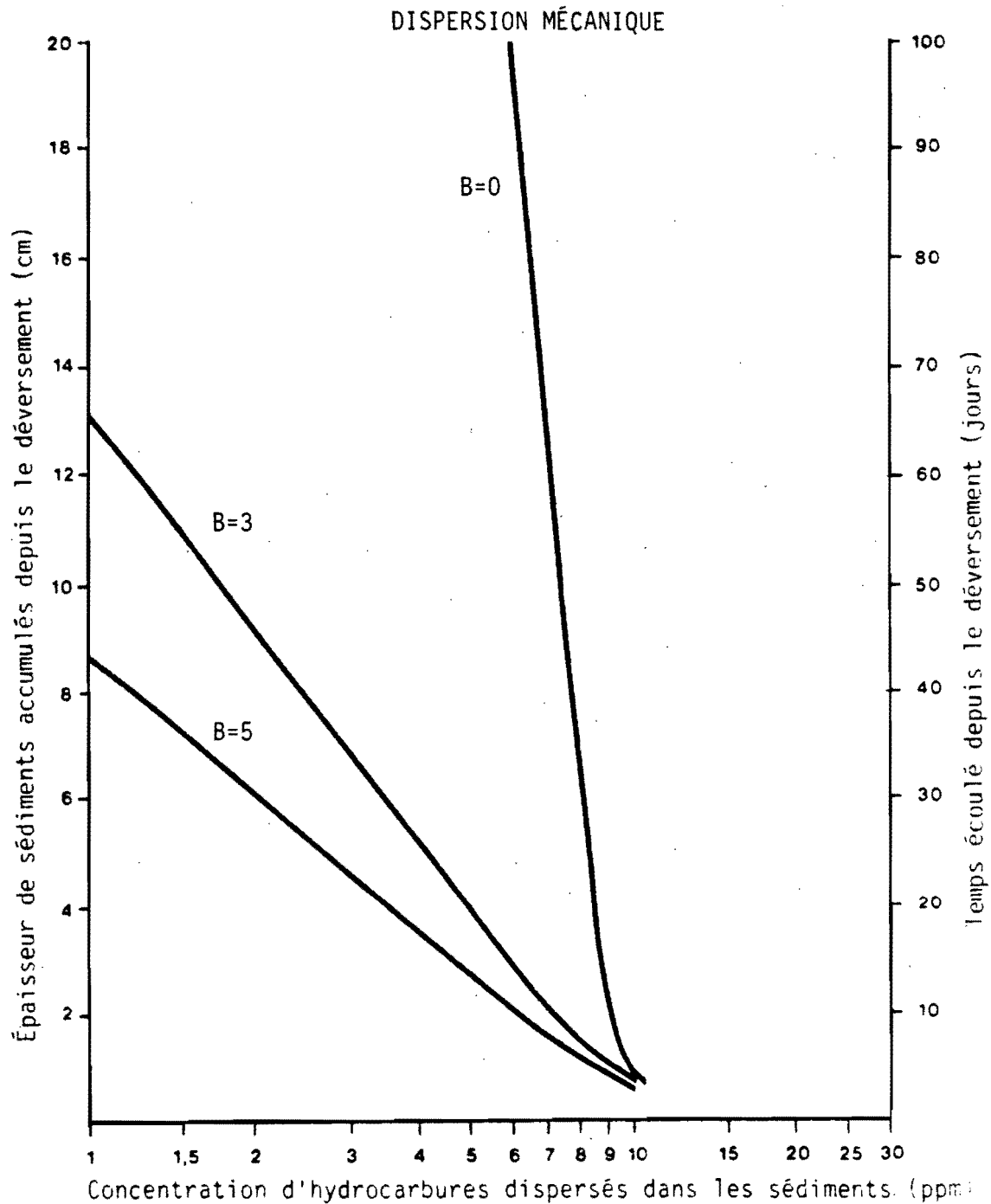


FIGURE: B-5 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-6)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	353.5	3.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	818.6	8.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	91.0	0.9
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	241.0	2.4
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5041.7	50.4
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1059.5	10.6
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	498.8	5.0
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	11.6	800.0	37.33	37.33
20	21.8	781.8	33.13	35.23
30	31.9	764.0	32.37	34.28
40	41.7	746.6	31.63	33.62
50	51.3	729.6	30.91	33.07
60	60.6	713.0	30.21	32.60
70	69.8	696.7	29.52	32.16
80	78.7	680.9	28.85	31.74
90	87.5	665.4	28.19	31.35
100	96.0	650.2	27.55	30.97
110	104.4	635.4	26.93	30.60
120	112.5	621.0	26.31	30.25
130	120.5	606.8	25.71	29.90
140	128.3	593.0	25.13	29.56
150	135.9	579.5	24.56	29.22
160	143.3	566.3	24.00	28.90
170	150.6	553.4	23.45	28.58
180	157.7	540.8	22.92	28.26
190	164.6	528.5	22.40	27.95
200	171.4	516.5	21.89	27.65

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-6)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	353.5	3.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	818.6	8.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	91.0	0.9
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	241.0	2.4
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5041.7	50.4
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1059.5	10.6
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	498.8	5.0
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	10.7	687.8	34.66	34.66
20	18.9	577.8	26.24	30.45
30	25.7	485.5	22.05	27.65
40	31.5	407.9	18.52	25.37
50	36.3	342.7	15.56	23.41
60	40.3	287.9	13.07	21.68
70	43.7	241.9	10.98	20.16
80	46.6	203.2	9.23	18.79
90	49.0	170.7	7.75	17.56
100	51.0	143.4	6.51	16.46
110	52.7	120.5	5.47	15.46
120	54.1	101.3	4.60	14.55
130	55.3	85.1	3.86	13.73
140	56.3	71.5	3.25	12.98
150	57.2	60.0	2.73	12.30
160	57.9	50.5	2.29	11.67
170	58.5	42.4	1.92	11.10
180	59.0	35.6	1.62	10.57
190	59.4	29.9	1.36	10.09
200	59.8	25.1	1.14	9.64

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-6)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	353.5	3.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	818.6	8.2
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	91.0	0.9
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	241.0	2.4
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	5041.7	50.4
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1059.5	10.6
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	498.8	5.0
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	7000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	17.0	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	10.2	621.0	33.02	33.02
20	17.2	471.2	22.44	27.73
30	22.5	357.4	17.03	24.16
40	26.5	271.2	12.92	21.35
50	29.5	205.7	9.80	19.04
60	31.8	156.1	7.43	17.11
70	33.6	118.4	5.64	15.47
80	34.9	89.8	4.28	14.07
90	35.9	68.2	3.25	12.87
100	36.7	51.7	2.46	11.83
110	37.2	39.2	1.87	10.92
120	37.7	29.8	1.42	10.13
130	38.0	22.6	1.08	9.43
140	38.3	17.1	0.82	8.82
150	38.5	13.0	0.62	8.27
160	38.6	9.9	0.47	7.78
170	38.7	7.5	0.36	7.35
180	38.8	5.7	0.27	6.95
190	38.9	4.3	0.21	6.60
200	38.9	3.3	0.16	6.28

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 10 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm): 17

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3): 819

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm): 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: 50%

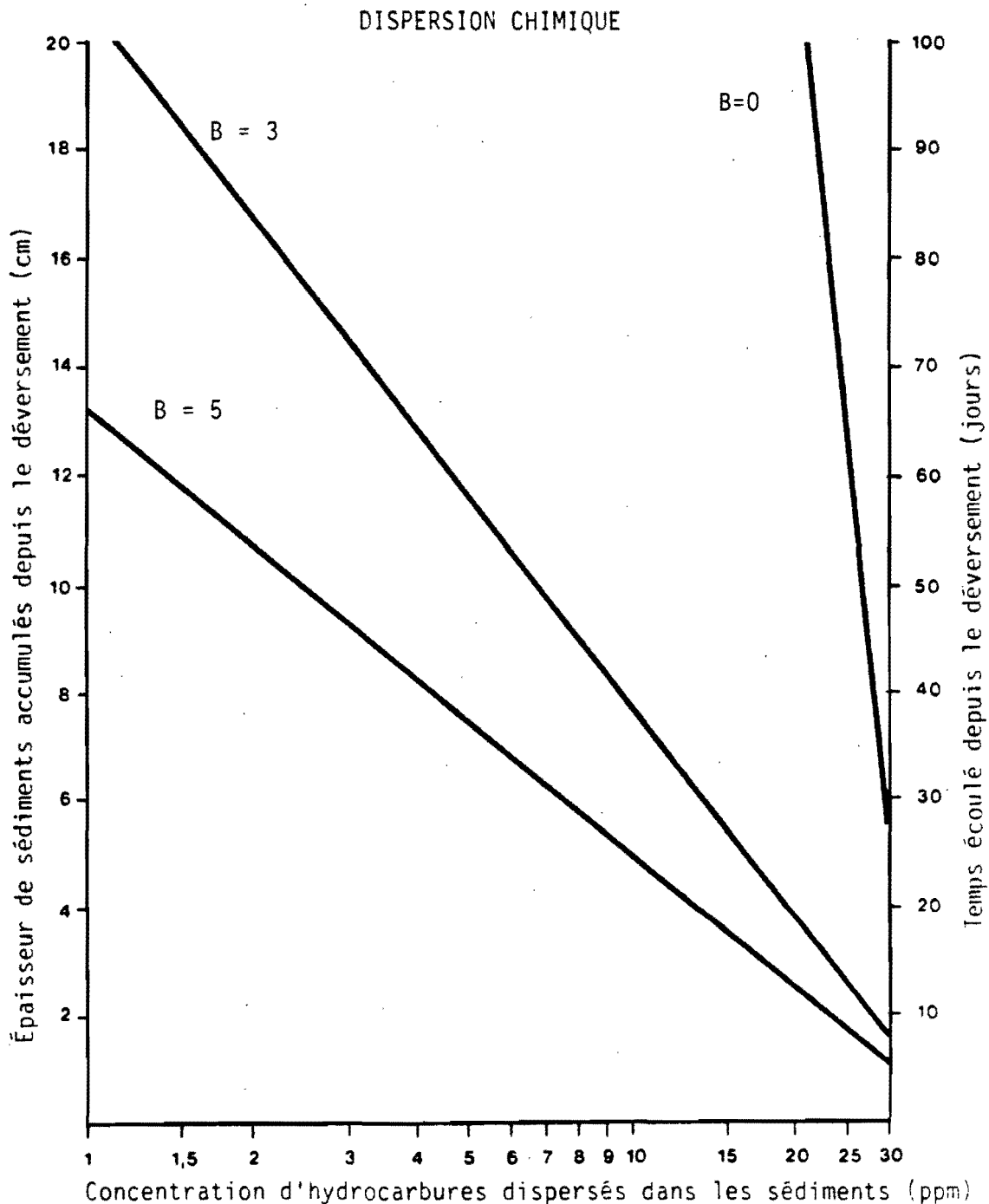


FIGURE: B-6 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION MÉCANIQUE

VÉRIFICATION EN LABORATOIRE A HAUTE CONCENTRATION

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	5366.3	53.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1014.9	10.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	112.8	1.1
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	2.4	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	49.4	0.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1017.2	10.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	5533.4	55.3
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	3.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	14.3	991.8	46.28	46.28
20	27.1	969.2	41.07	43.67
30	39.5	947.1	40.13	42.49
40	51.7	925.6	39.22	41.67
50	63.6	904.5	38.33	41.00
60	75.2	883.9	37.45	40.41
70	86.5	863.8	36.60	39.87
80	97.6	844.1	35.77	39.36
90	108.4	824.9	34.95	38.87
100	119.0	806.1	34.16	38.40
110	129.4	787.8	33.38	37.94
120	139.5	769.8	32.62	37.50
130	149.4	752.3	31.88	37.06
140	159.0	735.2	31.15	36.64
150	168.5	718.5	30.44	36.23
160	177.7	702.1	29.75	35.82
170	186.7	686.1	29.07	35.43
180	195.5	670.5	28.41	35.04
190	204.1	655.2	27.76	34.65
200	212.5	640.3	27.13	34.28

DISPERSION MÉCANIQUE

VERIFICATION EN LABORATOIRE A HAUTE CONCENTRATION

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	5366.3	53.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	1014.9	10.1
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	112.8	1.1
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	2.4	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	49.4	0.5
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	1017.2	10.2
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	5533.4	55.3
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	3.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	13.3	852.6	42.98	42.98
20	23.4	716.4	32.53	37.75
30	31.9	601.9	27.33	34.28
40	39.0	505.7	22.96	31.45
50	45.0	424.8	19.29	29.02
60	50.0	356.9	16.21	26.88
70	54.2	299.9	13.62	24.99
80	57.8	251.9	11.44	23.29
90	60.8	211.7	9.61	21.77
100	63.3	177.8	8.08	20.40
110	65.4	149.4	6.79	19.17
120	67.1	125.5	5.70	18.04
130	68.6	105.5	4.79	17.02
140	69.9	88.6	4.02	16.10
150	70.9	74.4	3.38	15.25
160	71.8	62.5	2.84	14.47
170	72.5	52.5	2.39	13.76
180	73.1	44.1	2.00	13.11
190	73.7	37.1	1.68	12.51
200	74.1	31.2	1.42	11.95

DISPERSION CHIMIQUE

VERIFICATION EN LABORATOIRE A HAUTE CONCENTRATION

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	258.9	2.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSOIDES	3264.2	32.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	362.7	3.6
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	121.3	1.2
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2538.6	25.4
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	3385.5	33.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	675.9	6.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	46.1	3189.9	148.85	148.85
20	87.1	3117.3	132.09	140.47
30	127.1	3046.3	129.08	136.67
40	166.2	2977.0	126.14	134.04
50	204.4	2909.2	123.27	131.89
60	241.8	2843.0	120.47	129.98
70	278.3	2778.3	117.72	128.23
80	313.9	2715.0	115.04	126.58
90	348.8	2653.2	112.43	125.01
100	382.8	2592.8	109.87	123.50
110	416.1	2533.8	107.37	122.03
120	448.6	2476.1	104.92	120.60
130	480.4	2419.8	102.53	119.21
140	511.5	2364.7	100.20	117.86
150	541.8	2310.8	97.92	116.53
160	571.5	2258.2	95.69	115.22
170	600.5	2206.8	93.51	113.95
180	628.8	2156.6	91.38	112.69
190	656.5	2107.5	89.30	111.46
200	683.6	2059.5	87.27	110.25

DISPERSION CHIMIQUE
VERIFICATION EN LABORATOIRE A HAUTE CONCENTRATION

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	258.9	2.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	3264.2	32.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	362.7	3.6
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	121.3	1.2
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	2538.6	25.4
 VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	 3385.5	 33.9
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	675.9	6.8
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	40.8	2476.4	131.65	131.65
20	68.6	1878.7	89.49	110.57
30	89.6	1425.3	67.90	96.35
40	105.6	1081.3	51.51	85.14
50	117.7	820.4	39.08	75.93
60	126.9	622.4	29.65	68.21
70	133.8	472.2	22.49	61.68
80	139.1	358.2	17.06	56.10
90	143.2	271.8	12.95	51.31
100	146.2	206.2	9.82	47.16
110	148.5	156.4	7.45	43.55
120	150.3	118.7	5.65	40.39
130	151.6	90.0	4.29	37.61
140	152.6	68.3	3.25	35.16
150	153.4	51.8	2.47	32.98
160	153.9	39.3	1.87	31.04
170	154.4	29.8	1.42	29.29
180	154.7	22.6	1.08	27.73
190	155.0	17.2	0.82	26.31
200	155.2	13.0	0.62	25.03

DISPERSION CHIMIQUE - EFFICACITÉ 45% (Fig. B-7)
VERIFICATION EN LABORATOIRE

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1171.4	11.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	2953.7	29.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	328.2	3.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	95.4	1.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	1996.9	20.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	3049.2	30.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	1553.9	15.5
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	40.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	41.8	2886.5	134.70	134.70
20	78.8	2820.8	119.53	127.11
30	115.0	2756.6	116.81	123.68
40	150.4	2693.8	114.15	121.29
50	185.0	2632.5	111.55	119.34
60	218.8	2572.6	109.01	117.62
70	251.8	2514.0	106.53	116.04
80	284.1	2456.8	104.10	114.55
90	315.6	2400.9	101.73	113.12
100	346.4	2346.2	99.42	111.75
110	376.5	2292.8	97.15	110.42
120	406.0	2240.6	94.94	109.13
130	434.7	2189.6	92.78	107.88
140	462.8	2139.8	90.67	106.65
150	490.3	2091.1	88.61	105.44
160	517.2	2043.5	86.59	104.27
170	543.4	1996.9	84.62	103.11
180	569.0	1951.5	82.69	101.98
190	594.1	1907.1	80.81	100.86
200	618.6	1863.7	78.97	99.77

DISPERSION CHIMIQUE - EFFICACITÉ 45% (Fig. B-7)
VÉRIFICATION EN LABORATOIRE

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1171.4	11.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	2953.7	29.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	328.2	3.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	95.4	1.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	1996.9	20.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	3049.2	30.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	1553.9	15.5
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	40.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	38.8	2481.6	125.08	125.08
20	68.1	2085.0	94.68	109.88
30	92.8	1751.7	79.55	99.77
40	113.5	1471.7	66.83	91.53
50	130.9	1236.5	56.15	84.46
60	145.5	1038.8	47.17	78.24
70	157.8	872.8	39.63	72.73
80	168.1	733.3	33.30	67.80
90	176.8	616.1	27.98	63.37
100	184.1	517.6	23.50	59.39
110	190.2	434.9	19.75	55.78
120	195.4	365.4	16.59	52.52
130	199.7	307.0	13.94	49.55
140	203.3	257.9	11.71	46.85
150	206.4	216.7	9.84	44.38
160	208.9	182.0	8.27	42.12
170	211.1	152.9	6.95	40.05
180	212.9	128.5	5.84	38.15
190	214.4	108.0	4.90	36.40
200	215.7	90.7	4.12	34.79

DISPERSION CHIMIQUE - EFFICACITÉ 45% (Fig. B-7)
VÉRIFICATION EN LABORATOIRE

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
VOLUME INITIAL 10000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	3400.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	54.3	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1171.4	11.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	2953.7	29.5
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	328.2	3.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	95.4	1.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	1996.9	20.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	3049.2	30.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	1553.9	15.5
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	40.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	3000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	300.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	92.6	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	36.9	2240.9	119.13	119.13
20	62.0	1700.1	80.98	100.06
30	81.1	1289.8	61.44	87.18
40	95.5	978.5	46.61	77.04
50	106.5	742.3	35.36	68.70
60	114.8	563.2	26.83	61.72
70	121.1	427.3	20.35	55.81
80	125.9	324.1	15.44	50.77
90	129.5	245.9	11.71	46.43
100	132.3	186.6	8.89	42.67
110	134.4	141.5	6.74	39.41
120	136.0	107.4	5.12	36.55
130	137.2	81.5	3.88	34.04
140	138.1	61.8	2.94	31.82
150	138.8	46.9	2.23	29.84
160	139.3	35.6	1.69	28.08
170	139.7	27.0	1.29	26.51
180	140.0	20.5	0.98	25.09
190	140.2	15.5	0.74	23.81
200	140.4	11.8	0.56	22.65

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3): 10 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm): 93

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3): 2954

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm): 300

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau : 20%

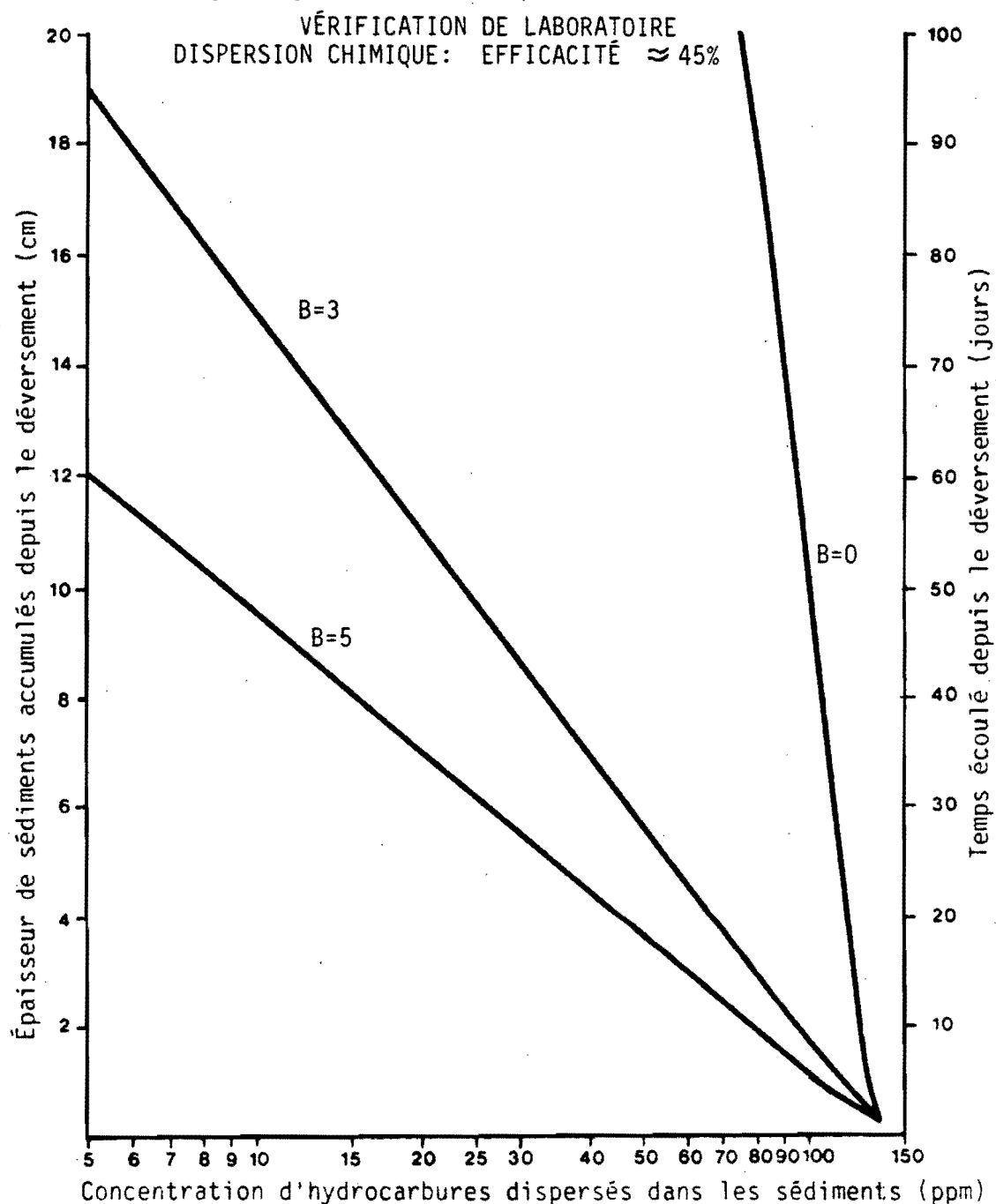


FIGURE B-7 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-8)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	32388.1	64.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	306.3	0.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	34.0	0.1
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	0.0	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	0.0	0.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	306.3	0.6
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	32693.7	65.4
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	0.5	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	41.7	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	4.3	299.3	13.97	13.97
20	8.2	292.5	12.39	13.18
30	11.9	285.8	12.11	12.82
40	15.6	279.3	11.84	12.58
50	19.2	272.9	11.57	12.37
60	22.7	266.7	11.30	12.20
70	26.1	260.7	11.05	12.03
80	29.5	254.7	10.79	11.88
90	32.7	248.9	10.55	11.73
100	35.9	243.3	10.31	11.59
110	39.0	237.7	10.07	11.45
120	42.1	232.3	9.84	11.32
130	45.1	227.0	9.62	11.19
140	48.0	221.9	9.40	11.06
150	50.8	216.8	9.19	10.93
160	53.6	211.9	8.98	10.81
170	56.3	207.1	8.77	10.69
180	59.0	202.3	8.57	10.57
190	61.6	197.7	8.38	10.46
200	64.1	193.2	8.19	10.34

DISPERSION MÉCANIQUE (Fig. B-8)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	32388.1	64.8
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	306.3	0.6
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	34.0	0.1
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	0.0	0.0
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	0.0	0.0
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	306.3	0.6
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	32693.7	65.4
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	0.5	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	10000.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	41.7	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	4.0	257.3	12.97	12.97
20	7.1	216.2	9.82	11.39
30	9.6	181.6	8.25	10.34
40	11.8	152.6	6.93	9.49
50	13.6	128.2	5.82	8.76
60	15.1	107.7	4.89	8.11
70	16.4	90.5	4.11	7.54
80	17.4	76.0	3.45	7.03
90	18.3	63.9	2.90	6.57
100	19.1	53.7	2.44	6.16
110	19.7	45.1	2.05	5.78
120	20.3	37.9	1.72	5.45
130	20.7	31.8	1.45	5.14
140	21.1	26.7	1.21	4.86
150	21.4	22.5	1.02	4.60
160	21.7	18.9	0.86	4.37
170	21.9	15.9	0.72	4.15
180	22.1	13.3	0.61	3.96
190	22.2	11.2	0.51	3.77
200	22.4	9.4	0.43	3.61

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3): 50 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm): 41,7

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3): 306

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm): 200

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau: <1%

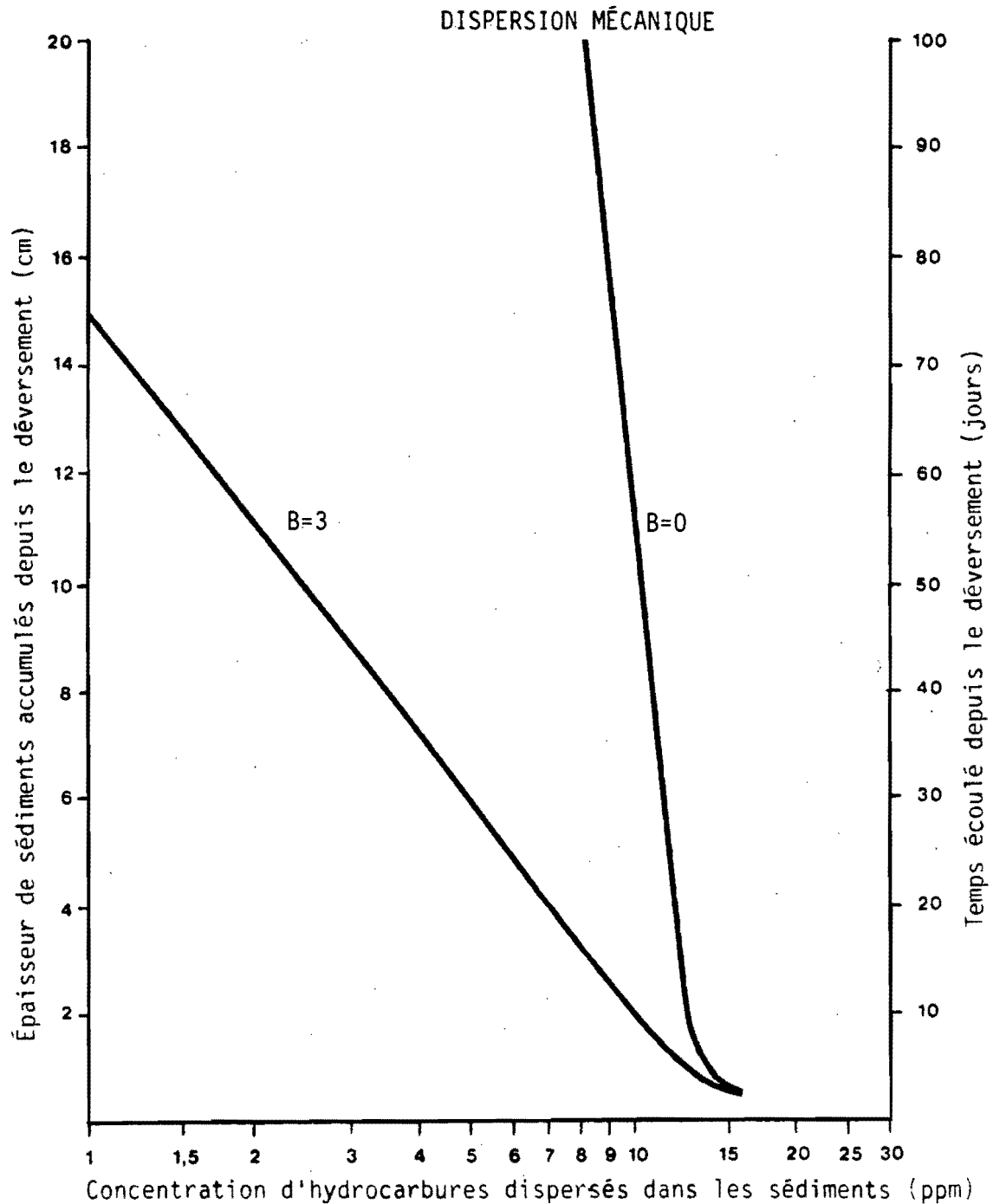


FIGURE: B-8 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-9)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 0
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1858.1	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1438.9	2.9
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	159.9	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	1335.1	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	27936.4	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	2774.1	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	2289.5	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	22100.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	20.3	1406.2	65.62	65.62
20	38.4	1374.2	58.23	61.92
30	56.0	1342.9	56.90	60.25
40	73.3	1312.3	55.61	59.09
50	90.1	1282.4	54.34	58.14
60	106.6	1253.2	53.10	57.30
70	122.7	1224.7	51.89	56.53
80	138.4	1196.8	50.71	55.80
90	153.7	1169.6	49.56	55.11
100	168.8	1143.0	48.43	54.44
110	183.4	1116.9	47.33	53.79
120	197.8	1091.5	46.25	53.16
130	211.8	1066.7	45.20	52.55
140	225.5	1042.4	44.17	51.95
150	238.9	1018.7	43.16	51.37
160	251.9	995.5	42.18	50.79
170	264.7	972.8	41.22	50.23
180	277.2	950.7	40.28	49.68
190	289.4	929.0	39.37	49.13
200	301.3	907.9	38.47	48.60

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-9)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 1
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1858.1	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1438.9	2.9
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	159.9	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	1335.1	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	27936.4	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	2774.1	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	2289.5	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	22100.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	19.8	1337.4	64.01	64.01
20	36.5	1243.1	53.89	58.95
30	52.1	1155.4	50.08	55.99
40	66.5	1073.9	46.55	53.63
50	79.9	998.1	43.27	51.56
60	92.4	927.7	40.22	49.67
70	104.0	862.3	37.38	47.91
80	114.7	801.5	34.74	46.27
90	124.8	744.9	32.29	44.71
100	134.1	692.4	30.01	43.24
110	142.7	643.5	27.90	41.85
120	150.7	598.1	25.93	40.52
130	158.2	555.9	24.10	39.26
140	165.2	516.7	22.40	38.05
150	171.6	480.3	20.82	36.91
160	177.6	446.4	19.35	35.81
170	183.2	414.9	17.99	34.76
180	188.4	385.6	16.72	33.76
190	193.2	358.4	15.54	32.80
200	197.7	333.2	14.44	31.88

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-9)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 3
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1858.1	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1438.9	2.9
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	159.9	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	1335.1	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	27936.4	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	2774.1	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	2289.5	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	22100.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	18.9	1208.9	60.93	60.93
20	33.2	1015.7	46.12	53.53
30	45.2	853.3	38.75	48.60
40	55.3	716.9	32.56	44.59
50	63.8	602.3	27.35	41.14
60	70.9	506.1	22.98	38.12
70	76.9	425.2	19.31	35.43
80	81.9	357.2	16.22	33.03
90	86.1	300.1	13.63	30.87
100	89.7	252.1	11.45	28.93
110	92.7	211.8	9.62	27.18
120	95.2	178.0	8.08	25.58
130	97.3	149.5	6.79	24.14
140	99.0	125.6	5.71	22.82
150	100.5	105.6	4.79	21.62
160	101.8	88.7	4.03	20.52
170	102.8	74.5	3.38	19.51
180	103.7	62.6	2.84	18.59
190	104.5	52.6	2.39	17.73
200	105.1	44.2	2.01	16.95

DISPERSION CHIMIQUE (Fig. B-9)

TAUX DE DEGRADATION QUOTIDIENNE %: 5
 TEMPS SECONDES 43200.0 HEURES 12.0
 VOLUME INITIAL 50000.0

VOL ET POURCENTAGE EVAPORE ET PERDU	17000.0	34.0
VOL ET POURCENTAGE NON DISPERSE	271.6	0.5
VOL ET POURC. RAMENE EN SURFACE	1858.1	3.7
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSPENSIOIDES	1438.9	2.9
VOL ET POURC. ASSOCIE AUX SUSP. MAIS FLOTTANT	159.9	0.3
VOL ET POURC. DIFFUSE DANS LES SEDIMENTS	1335.1	2.7
VOL ET POURC. DEMEURANT DANS L'EAU	27936.4	55.9
VOLUME ET POURC. TOTAL DS SEDIMENT	2774.1	5.5
VOLUME ET POURC. TOTAL EN SURFACE	2289.5	4.6
TEMPS DE REMONTEE DE L'HUILE ET DE MELANGE	200.0	3.0
DIAM (M) ET PROFONDEUR D'EAU (M)	22100.0	10.0
CONC. DE SEDIMENTS EN SUSP (PPM)	200.0	
CONC. MOYENNE D'HUILE DS L'EAU (PPM)	8.5	

RESULTATS DU MODELE DE SEDIMENTATION

NB DE CYCLES	VOL SUR ESTRANS	VOL EN SUSPENSION	CONC SED	CONC CUMUL
10	18.0	1091.6	58.03	58.03
20	30.2	828.2	39.45	48.74
30	39.5	628.3	29.93	42.47
40	46.5	476.7	22.71	37.53
50	51.9	361.6	17.23	33.47
60	55.9	274.4	13.07	30.07
70	59.0	208.1	9.91	27.19
80	61.3	157.9	7.52	24.73
90	63.1	119.8	5.71	22.62
100	64.4	90.9	4.33	20.79
110	65.5	69.0	3.28	19.20
120	66.2	52.3	2.49	17.81
130	66.8	39.7	1.89	16.58
140	67.3	30.1	1.43	15.50
150	67.6	22.8	1.09	14.54
160	67.9	17.3	0.83	13.68
170	68.1	13.1	0.63	12.91
180	68.2	10.0	0.48	12.22
190	68.3	7.6	0.36	11.60
200	68.4	5.7	0.27	11.03

Volume d'hydrocarbures déversé (m^3) : 50 000

Concentration d'hydrocarbures dans l'eau (ppm) : 8,5

Volume d'hydrocarbures associés aux sédiments en suspension (m^3) : 1440

Concentration moyenne de matière en suspension (ppm) : 200

B = taux de dégradation (%/jour)

Pourcentage d'hydrocarbures dispersés dans la colonne d'eau : 56%

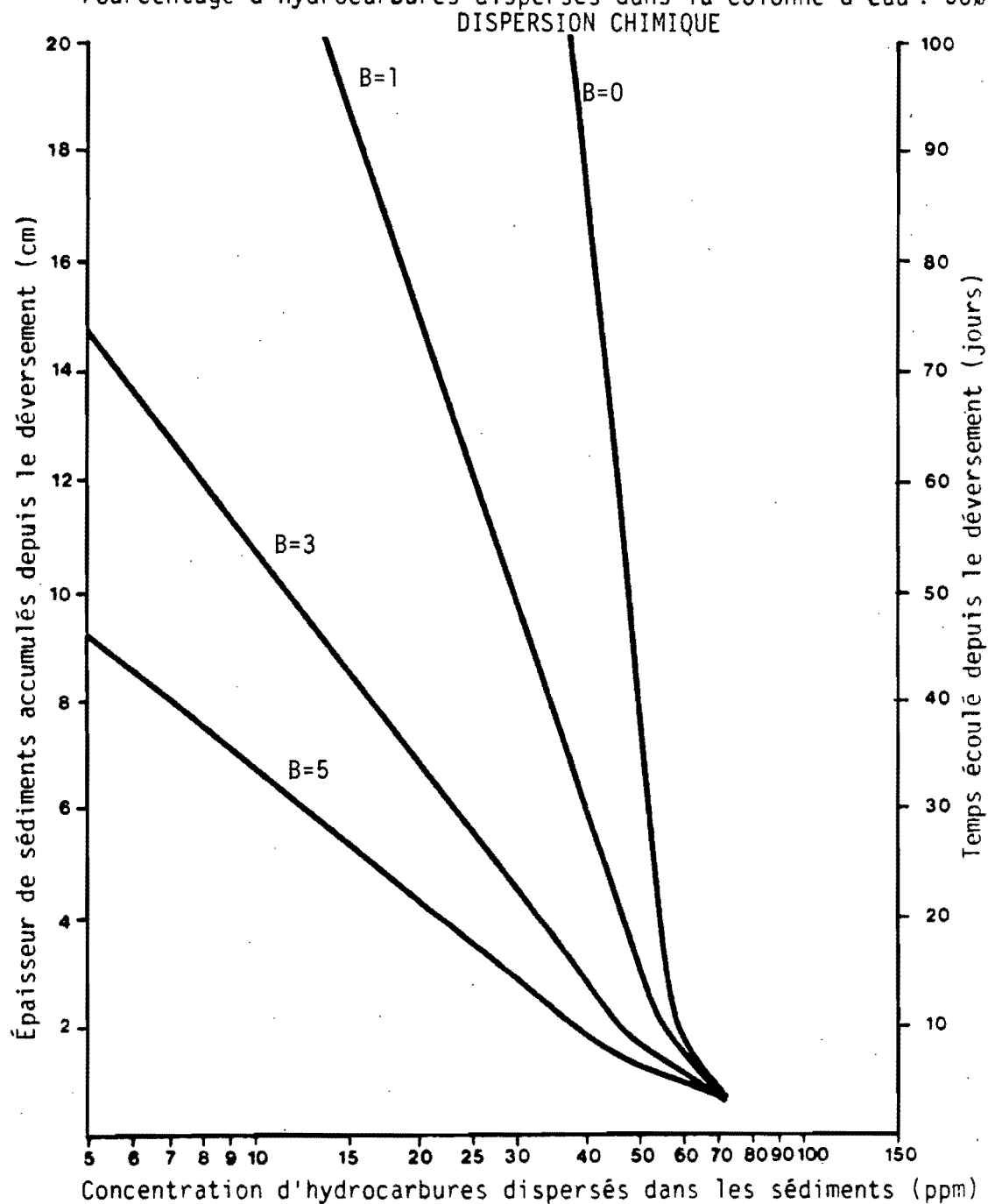


FIGURE B-9 Concentrations prédites d'hydrocarbures dans les sédiments selon différents taux de dégradation - Batture de Pointe-aux-Prêtres

ANNEXE C

Tables des salinités maximales et minimales
le long de la batture de Pointe-aux-Prêtres

Nombre d'heures après la marée haute

12	5/5	4/4	2/3	2/2	1/2	0/0	2/	0/3	1/	1/7	3/8	4/8	5/10	5/6
11	3/4	2/2	2/2	1/1	0/1	0/0	1/	0/1	1/5	1/	1/5	3/7	3/7	4/5
10	1/2	1/1	1/1	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	2/0	1/2	1/	1/4	1/4	2/2
9	1/1	1/1	1/1	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/1	1/	0/2	1/1
8	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/1
7	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	1/
6	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/1	1/1
5	1/1	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/2	1/1
4	1/1	1/1	1/1	0/	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/1	1/1	1/1	2/2	2/2
3	2/2	1/1	1/1	0/1	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/3	1/3	1/5	2/5	2/2
2	2/3	3/3	2/2	1/1	0/0	0/0	0/	0/1	1/4	1/5	4/7	4/7	4/8	3/4
H+1	4/5	4/5	3/3	2/3	1/2	0/1	2/3	0/	2/6	2/6	5/8	6/9	5/10	5/6
H+0	5/5	4/5	3/3	2/3	1/2	0/1	2/3	1/5	2/	3/7	5/8	4/9	6/10	5/6
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Nombre de jours après la pleine ou nouvelle lune

Station C1 Table des salinités maximales et minimales selon la marée et le cycle lunaire
Pointe-aux-prêtres

Nombre d'heures après la marée haute

12	7/7	5/6	2/3	2/3	1/2	0/1	4/	2/7	2/	3/8	5/10	7/11	7/11	7/9
11	6/6	4/5	2/3	1/3	1/1	0/0	3/	1/5	2/	2/	3/7	4/9	6/11	6/7
10	3/4	2/3	1/1	1/1	0/1	0/0	1/	0/1	1/7	1/5	1/	2/7	3/7	2/5
9	1/2	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/5	1/2	1/4	2/	1/4	2/2
8	1/2	1/1	1/1	0/1	0/0	0/0	0/	0/0	0/2	0/1	0/2	0/	1/2	2/2
7	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	1/1	1/
6	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/1	1/1
5	1/1	1/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/0	0/1	1/1	1/2	1/1
4	1/1	1/1	0/1	0/	0/0	0/0	0/	0/0	0/0	0/1	1/2	1/2	2/2	2/2
3	1/2	1/1	1/1	0/1	0/	0/0	0/	0/0	0/1	1/4	2/5	2/6	2/6	2/2
2	4/4	4/4	2/3	1/1	0/1	0/0	0/	0/3	2/5	3/6	5/8	6/9	4/9	3/5
H+1	6/7	5/5	2/3	2/3	1/1	0/1	0/4	2/	3/7	4/7	9/10	8/10	6/11	6/7
H+0	7/7	5/6	2/3	2/3	2/2	0/1	0/4	2/7	4/	5/8	9/9	10/11	7/11	7/8
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Nombre de jours après la pleine ou la nouvelle lune

Station C3 Table des salinités maximales/minimales selon la marée et le cycle lunaire
Batture de Pointe-aux-Prêtres

Nombre d'heures après la marée haute

12	9/9	8/9	7/8	7/7	6/6	0/5		6/10	9/12	10/	13/14	13/15	9/13	9/9
11	6/9	8/8	7/7	6/6	4/4	0/4		4/9	7/10	8/	12/14	12/14	7/12	8/9
10	2/6	4/7	4/4	3/5	2/	0/1		0/7	3/7	7/11	10/	6/12	6/11	5/5
9	1/3	1/3	1/1	1/1	0/1	0/0		0/5	1/5	4/7	6/9	3/	6/	2/2
8	1/1	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0		0/0	3/0	2/3	2/5	1/3	1/3	1/
7	1/	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0		0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	1/1	1/1
6	1/1	0/	0/0	0/0	0/0	0/0		0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	1/1	1/1
5	1/2	1/1	1/1	0/	0/0	0/0		0/0	1/1	0/0	0/2	3/3	2/2	2/3
4	4/6	1/2	2/2	1/1	0/	0/0		0/1	5/6	2/3	3/7	9/10	3/5	3/4
3	7/9	5/5	5/5	2/4	2/2	0/		2/5	8/8	7/7	10/11	11/12	7/8	5/7
2	8/9	7/7	6/6	5/5	4/4	0/2	6/	6/	7/9	9/10	12/13	12/14	8/11	8/9
H+1	9/9	8/8	7/7	6/6	6/6	0/4	7/	6/9	9	9/12	12/14	13/14	10/11	9/9
H+0	9/10	8/9	0/8	7/7	6/6	0/5	8/	7/10	10/13	10/	13/14	13/15	10/12	9/10
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Nombre de jours après la pleine ou nouvelle lune

Station C5 Table des salinités maximales et minimales selon la marée et le cycle lunaire
Cap Tourmente