



Transports Canada

Document d'orientation

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DES RISQUES LIÉS AUX DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES PROVENANT DES NAVIRES DANS LES EAUX CANADIENNES

Soumettre à:

Transport Canada
275 rue Sparks
Ottawa, ON K1A 0N5

Soumis par:

Dillon Consulting Limited
1149 rue Smythe
Suite 200
Fredericton, N.-B. E3B 3H4

Table des matières

Sigles, abréviations et définitions

1.0	Introduction	1
1.1	Objet de la méthodologie d'ERS.....	1
1.2	Limites de la méthodologie d'ERS	1
1.2.1	Origine et type des déversements d'hydrocarbures.....	2
1.2.2	Emplacements et origines des déversements d'hydrocarbures	2
1.2.3	Conséquences des déversements d'hydrocarbures.....	3
2.0	Présentation de la méthodologie d'ERS	4
2.1	Principes de la gestion du risque.....	4
2.2	Établissement du contexte.....	5
2.2.1	Définition des catégories d'hydrocarbure.....	6
2.2.2	Définition du secteur d'étude de la méthodologie d'ERS	7
2.2.3	Définition des volumes de déversement	9
2.3	Approche de l'évaluation des risques	11
2.3.1	Phase 1: fréquence de déversement.....	12
2.3.2	Phase 2: choix des scénarios	13
2.3.3	Phase 3: probabilité d'exposition	13
2.3.4	Phase 4: évaluation du risque	13
3.0	Phase 1: fréquence de déversement	15
3.1	Fréquence et emplacement d'un accident.....	15
3.2	Fréquence et volume du déversement d'hydrocarbure	16
3.3	Fréquences des déversements d'hydrocarbures dans les IMH.....	19
4.0	Phase 2: choix des scénarios	20
4.1	Méthode 1: Scénarios ayant la plus haute priorité d'après la fréquence totale.....	20
4.2	Méthode 2: Scénarios ayant la plus haute priorité d'après le volume du déversement d'hydrocarbure.....	24
5.0	Phase 3: probabilité d'exposition	26
5.1	Emplacement du déversement	26
5.2	Volume de déversement et catégorie d'hydrocarbure.....	26
5.3	Seuils de mazoutage.....	26

5.4	Autres paramètres.....	26
5.5	Intervention en cas de déversement	27
5.6	Calcul de l'indice de PdX dans chaque cellule	27
6.0	Phase 4: évaluation du risque	30
6.1	Fréquence d'exposition (FdX).....	31
6.2	Conséquence de l'exposition (CdX).....	31
6.3	Indice de risque (IR).....	32
7.0	Références	35

Figures

Figure 2-1:	Comment le risque est défini dans la méthodologie d'ERS	4
Figure 2-2:	Méthodologie d'ERS: principes basés sur la CAN/CSA-ISO 31000-10.....	5
Figure 2-3:	Diagramme en nœud papillon simplifié de l'ERS	5
Figure 2-4:	Catégories d'hydrocarbure prises en compte dans la méthodologie d'ERS	7
Figure 2-5:	Carte des cellules de la baie de Fundy	9
Figure 2-6:	Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS.....	12
Figure 3-1:	Entrées et sorties du modèle SAMSON.....	15
Figure 3-2:	Carte de FdD pour tout déversement > 0,01 m ³ dans le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.	18
Figure 3-3:	Carte de FdD pour tout déversement > 30 000 m ³ dans le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.	19
Figure 4-1:	Étape 2 de la sélection de scénario, comparaison des cartes de FdD	22
Figure 4-2:	Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé.....	25
Figure 5-1:	Carte de PdD donnée à titre d'exemple pour un déversement de niveau 1 près du port de Saint John: espèces en péril à la surface de l'eau, été (non atténué).....	29
Figure 6-1:	Méthodologie d'ERS, calcul des indices de risque	30
Figure 6-2:	Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule sans littoral	33
Figure 6-3:	Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule avec littoral.....	33
Figure 6-4:	Exemple de carte d'indice de risque: déversement de niveau 1 près du port de Saint John, en été (non atténué).....	34

Tableaux

Tableau 2-1: Catégories d'hydrocarbures de la méthodologie d'ERS	6
Tableau 2-2: Types de volumes de déversement d'hydrocarbure dans la méthodologie d'ERS	10
Tableau 2-3: Catégorie de volume de déversement dans la méthodologie de l'ERS.....	10
Tableau 2-4: Entrées principales pour déterminer la fréquence de déversement	13
Tableau 3-1: Type d'accident dans le modèle SAMSON.....	16
Tableau 3-2: Catégories de fréquence de déversement (FdD), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur.....	17
Tableau 4-1: Analyse d'exemple de résultats de SAMSON pour une cellule dans le port de Vancouver (se reporter à la figure 4-1)	23
Tableau 5-1: Entrées du modèle SIMAP	27
Tableau 5-2: Catégories de probabilité d'exposition (PdX), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur.....	28
Tableau 5-3: Liste des attributs que l'utilisateur peut utiliser pour générer une carte de PdX.....	29
Tableau 6-1: Catégories de fréquence d'exposition (FdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur	31
Tableau 6-2: Catégories de conséquences d'exposition (CdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur	32
Tableau 6-3: Catégorie d'indice de risque (IR), descriptions et codes couleur	34

Annexes

A	Lexique
B	ERS par la méthode du nœud papillon
C	Catégories d'hydrocarbure
D	Modèle de fréquence de déversement (FdD)
E	Modèle de probabilité d'exposition (PdX)
F	Modèle de conséquences de l'exposition (CdX)

Sigles, abréviations et définitions

SIA	Système d'identification automatique
API	American Petroleum Institute
ERS	Évaluation des risques par secteur
GCC	Garde côtière canadienne
CdX	Conséquences de l'exposition
FdX	Fréquence d'exposition
FdD	Fréquence de déversement
IMH	Installations de manutention d'hydrocarbures
APHI	Aires protégées et habitats importants
PdX	Probabilité d'exposition
IR	Indices de risque
SPMS	Amarrage unique
EP	Espèces en péril
DST	Dispositif de séparation du trafic
BST	Bureau de la sécurité des transports
CESN	Comité d'experts sur la sécurité des navires-citernes
UGPB	Ultra gros porteurs de brut
TGTB	Très gros transporteurs de brut

Accident¹: Accident causé directement par la manœuvre d'un navire autre qu'un bâtiment de plaisance, au cours duquel le navire coule, sombre ou chavire, subit une collision (abordage, heurt ou contact), subit un incendie ou une explosion, s'échoue, subit des avaries qui compromettent sa navigabilité ou le rendent inutilisable aux fins prévues, est porté disparu ou est abandonné.

Incident¹: 1) Le navire touche le fond de façon inattendue sans s'échouer; accroche un câble ou un tuyau d'un service public, ou un oléoduc sous-marin; est impliqué dans un risque de collision; subit une panne totale a) de l'équipement de navigation si la défaillance menace la sécurité d'une personne, d'une propriété ou de l'environnement; b) des moteurs principaux ou auxiliaires c) de la propulsion, du gouvernail ou des machines de pont si la défaillance menace la sécurité d'une personne, d'une propriété ou de l'environnement. 2) La totalité ou une partie de la cargaison du navire se met à riper ou passe par-

¹ Référence: <http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/marine/2015/ssem-ssmo-2015.asp>

dessus bord. 3) Le navire est à l'ancre, échoué ou à sec pour éviter un accident. 4) Des marchandises dangereuses se répandent à bord du navire ou il y a production de radiations supérieure au niveau admissible précisé dans la partie 8 du Règlement sur le transport des marchandises dangereuses.

Événement maritime¹: a) Tout accident ou incident associé à l'utilisation d'un navire et b) toute situation ou condition dont le BST peut raisonnablement penser qu'elle puisse, à défaut de mesures correctives, causer un accident ou un incident, comme décrit ci-dessus.

1.0 Introduction

1.1 Objet de la méthodologie d'ERS

La méthodologie d'évaluation des risques par secteur (ERS) a été élaborée à la suite d'une recommandation formulée par le Comité d'experts sur la sécurité des navires-citernes (CESN) dans son rapport de novembre 2013 (CESN, 2013), qui demandait d'utiliser une méthodologie uniforme pour évaluer les risques posés par les déversements d'hydrocarbures par des navires dans les eaux canadiennes. La méthodologie d'ERS répond à deux objectifs:

1. Fournir au gouvernement et à l'industrie un cadre d'évaluation des méthodes actuelles de prévention, de préparation et d'intervention afin de réduire les risques de déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire;
2. Déterminer les zones des eaux canadiennes les plus vulnérables à un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire, en prenant en compte:
 - a. la préparation et les méthodes d'intervention actuelles
 - b. la géographie locale
 - c. la vulnérabilité de l'environnement
 - d. la densité du trafic maritime

Le présent document d'orientation décrit le processus détaillé à suivre pour appliquer cette méthodologie. La **section 2** présente la méthodologie elle-même ainsi que les principes de gestion du risque et l'approche générale. La méthodologie d'ERS comprend quatre phases résumées aux **sections 3 à 6**.

D'autres renseignements techniques pouvant servir de référence dans l'utilisation de la méthodologie d'ERS² sont fournis dans diverses annexes.

1.2 Limites de la méthodologie d'ERS

Le document d'orientation résume l'utilisation de la version 5.0 de la méthodologie d'ERS. Cette utilisation a diverses limitations mises en évidence ci-dessous.

² Dans la version finale de ce document d'orientation pour la méthodologie de l'ERS, nous fournirons une table de concordance qui souligne le but de ce document et de ses annexes. Cela permettra à l'utilisateur de chercher dans la bonne direction s'il veut plus d'informations sur un sujet précis.

1.2.1 Origine et type des déversements d'hydrocarbures

La méthodologie d'ERS se limite à évaluer les risques posés par des déversements d'hydrocarbures: 1) à partir de navires équipés de systèmes d'identification automatique (SIA)³ et 2) à partir d'IMH pendant des opérations de transfert en présence d'un navire.

La méthodologie d'ERS ne s'applique pas aux déversements d'hydrocarbures survenant à terre, sauf s'ils sont causés par de l'équipement de transfert d'hydrocarbure entre un navire et des installations à terre. On parle ici des bras et conduites de chargement et des amarrages sur un seul point, mais pas de l'infrastructure de manutention des hydrocarbures à terre, comme des réservoirs de stockage et des pipelines.

Les types d'hydrocarbures concernés sont le pétrole brut et le pétrole raffiné transportés comme chargement ou utilisés comme combustible de soute dans les navires. Les hydrocarbures sont classés en cinq catégories suivant leur comportement dans l'eau, lequel est fonction de leur masse volumique et de leur composition. La **section 2.2.1** présente un résumé des cinq catégories.

Les autres produits dangereux et nocifs sont exclus.

1.2.2 Emplacements et origines des déversements d'hydrocarbures

La méthodologie d'ERS peut être appliquée aux eaux canadiennes au sud du 60^e parallèle. Les déversements d'hydrocarbures à partir de navires se produisant à l'extérieur des eaux canadiennes sont pris en compte dans l'ERS si le déversement se produit à moins de 12 milles marins (NM) de la côte canadienne (p. ex. dans le détroit de Juan de Fuca)⁴. Le **Tableau 1-1** montre les limites géographiques de la méthodologie employée.

Tableau 1-1: Limites à l'application de la méthodologie d'ERS

Description	Limite
1. Eaux arctiques (au nord du 60 ^e parallèle)	À ce jour, la méthodologie d'ERS a été élaborée uniquement pour l'ensemble des eaux canadiennes au sud du 60 ^e parallèle.
2. Eaux douces (p. ex. Grands Lacs)	La méthodologie d'ERS n'a été validée que dans quatre secteurs; seulement un était en milieu d'eau douce (Saint-Laurent). Son application à des milieux d'eau douce plus vastes, comme les Grands Lacs, pourrait nécessiter des modifications.

³ Les obligations d'équipement du SIA, lesquelles sont définies au paragraphe 65(3) du Règlement sur la sécurité de la navigation (Transports Canada, 2005), établissent que « à l'exception des bâtiments de pêche, les navires de 500 tonneaux ou plus qui n'effectuent pas de voyages internationaux doivent être munis d'un AIS, mais ceux qui ont été construits avant le 1^{er} juillet 2002 n'ont pas à en être munis avant le 1^{er} juillet 2008. »

⁴ La distance de 12 milles marins par rapport à la côte canadienne s'appuie sur la convention des Nations Unies sur le droit de la mer (1994) et sert de méthode de substitution pour les déversements provenant des eaux américaines qui peuvent pénétrer dans les eaux canadiennes.

Description	Limite
3. Déversements à l'extérieur des eaux canadiennes	Les déversements à l'extérieur des eaux canadiennes sont exclus, à l'exception de ceux qui surviennent à moins de 12 milles marins de la côte canadienne.

Les déversements d'hydrocarbures découlant d'actes intentionnels (p. ex. terrorisme, immersion illégale) et de rejets légaux sont également exclus. Par contre, les déversements survenant à la suite d'une avarie de machinerie ou de coque sont inclus.

1.2.3 Conséquences des déversements d'hydrocarbures

La méthodologie d'ERS pour déterminer les conséquences des déversements d'hydrocarbures à partir de navires sont les vulnérabilités biologiques (p. ex. les zones maritimes protégées), le milieu physique (p. ex. classification du littoral) et les facteurs socioéconomiques (p. ex. effets sur la pêche commerciale). Comme le précise la **section 1.2.2**, l'évaluation des conséquences ne porte que sur les déversements d'hydrocarbures qui se produisent dans les eaux canadiennes au sud du 60^e parallèle, même s'ils surviennent dans les eaux américaines. Pour les déversements hors des eaux canadiennes, l'évaluation des conséquences ne sera faite que dans les eaux territoriales canadiennes comme le définit la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (UN, 1994).

Les conséquences des déversements d'hydrocarbures à partir d'un navire sont évaluées à la fin du scénario de déversement (30 jours après le déversement) et ne tiennent donc pas compte de la réhabilitation après déversement ni de la restauration des conditions biologiques, physiques et socioéconomiques.

2.0 Présentation de la méthodologie d'ERS

2.1 Principes de la gestion du risque

Les organismes de tout type rencontrent des facteurs internes et externes qui rendent la réalisation de leurs objectifs incertaine. Gérer l'incertitude dans la prise de décision repose sur l'identification, la quantification et l'analyse de ces facteurs. Plus précisément, la méthodologie d'ERS cherche à identifier et évaluer les risques (incertitudes) posés par les déversements d'hydrocarbures à partir de navires pour permettre aux incertitudes d'être caractérisées et intégrées dans la prévention, la planification et la gestion des déversements. Dans ce contexte, « risque », tel que défini pour la méthodologie d'ERS, se traduit par:

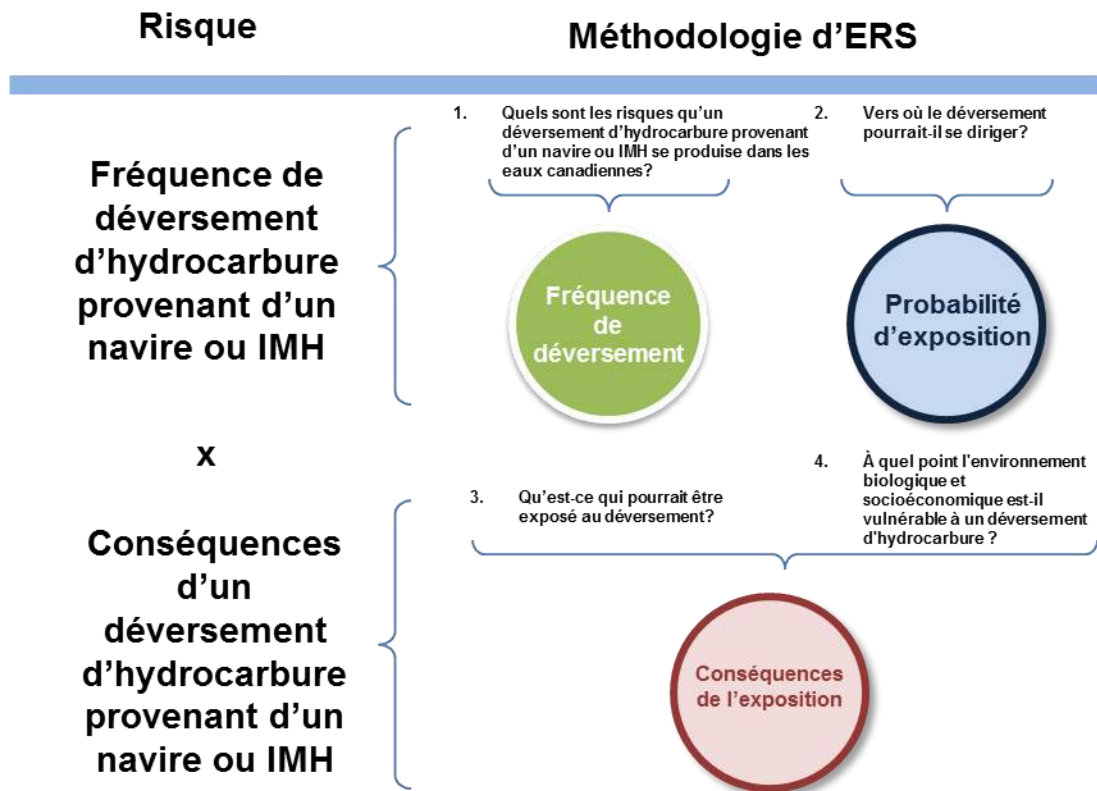


Figure 2-1: Comment le risque est défini dans la méthodologie d'ERS

La gestion des risques peut suivre divers principes; la méthodologie d'ERS s'appuie sur la norme CAN/CSA-ISO 31000-10, Management du risque – Principes et lignes directrices (voir la **Figure 2-2**).

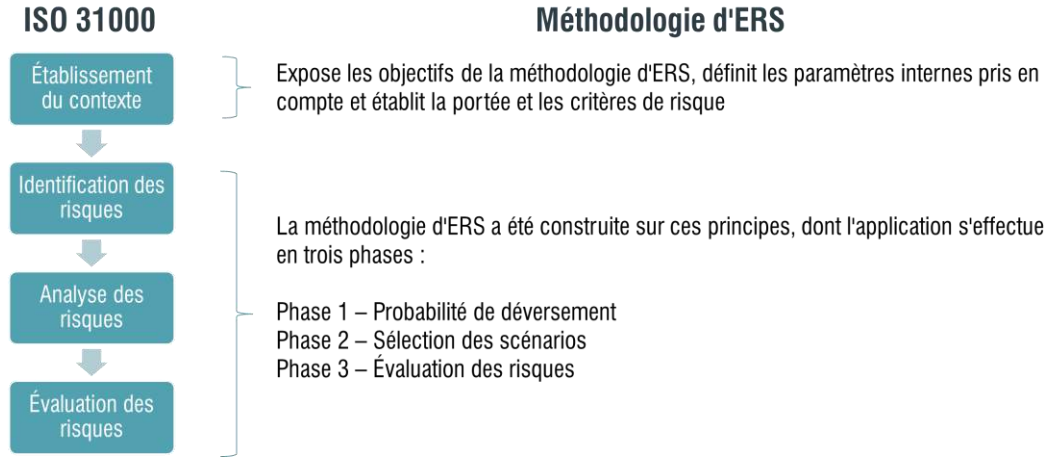


Figure 2-2: Méthodologie d'ERS: principes basés sur la CAN/CSA-ISO 31000-10

2.2 Établissement du contexte

Établir le contexte de la méthodologie d'ERS implique la description des objectifs du gouvernement du Canada pour l'évaluation des risques (comme il est dit dans la **section 1.1**), la définition des facteurs pris en compte quand on évalue le risque d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire et préciser la portée de l'évaluation.

Le nœud papillon de l'ERS est un outil graphique servant à communiquer la portée de la méthodologie d'ERS et illustre les liens entre les causes possibles, les mesures de contrôle de prévention et d'atténuation et les conséquences d'un déversement, qui sont les principaux paramètres internes de la méthodologie. Un portrait simplifié du nœud papillon de l'ERS est illustré à la **Figure 2-3** et expliqué à l'intérieur de la présente section. Pour en savoir plus à ce sujet, se reporter à l'**Annexe B**.



Figure 2-3: Diagramme en nœud papillon simplifié de l'ERS

Le nœud papillon de l'ERS est composé de trois parties fondamentales:

1. **Danger et événement principal:** Le centre du nœud papillon est le cœur de la méthodologie d'ERS. Le « danger » est l'activité, c'est-à-dire le mouvement des navires dans les eaux canadiennes, et tient compte des navires transportant des hydrocarbures bruts en cargaison. L'« événement principal » est un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire qui se produit dans les eaux canadiennes.
2. **Menaces:** Le côté gauche du nœud papillon détermine les causes potentielles des déversements d'hydrocarbures à partir d'un navire dans les eaux canadiennes considérées dans la méthodologie d'ERS. La matérialisation d'un risque commence par les menaces, c'est-à-dire les événements déclencheurs susceptibles de provoquer un tel déversement. Les barrières de prévention visent à réduire ou éliminer la vraisemblance que des menaces, si elles se concrétisaient, provoquent un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire. Un exemple de barrière de prévention est le « pilotage ».
3. **Conséquences:** Le côté droit détermine les conséquences d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire dans les eaux canadiennes. Dans la méthodologie d'ERS, on quantifie ces conséquences sur le plan biologique (p. ex. impacts sur les mammifères marins), physique (p. ex. impact sur le littoral et sur l'habitat protégé) et socioéconomique (p. ex. perturbation de la pêche commerciale), c'est-à-dire sur les récepteurs de risque. Il y a des barrières d'intervention, qui visent à réduire ou à éliminer les conséquences d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire. Un exemple de barrière d'intervention est le « déploiement de barrages flottants ».

2.2.1 Définition des catégories d'hydrocarbure

Étant donné que la méthodologie d'ERS porte sur les déversements d'hydrocarbures à partir de navires dans les eaux canadiennes, il est nécessaire de connaître les types d'hydrocarbures transportés dans ces eaux et leur comportement dans l'eau. En général, le comportement d'un hydrocarbure dans l'eau dépend de sa mobilité, qui est fonction de sa masse volumique et de sa composition. Dans la méthodologie d'ERS, les hydrocarbures sont classés en cinq catégories, comme le présente le **Tableau 2-1** et le montre la **Figure 2-4**, en tant qu'entrée de cette méthodologie.

Tableau 2-1: Catégories d'hydrocarbures de la méthodologie d'ERS

Catégorie d'hydrocarbure	Description
Léger volatil	Moins dense que l'eau de mer; extrêmement volatil, tendance à l'évaporation Exemples: carburéacteur, essence
Intermédiaire volatil	Moins dense que l'eau de mer; volatil, tendance à l'évaporation Exemples: pétrole brut léger, bitume dilué dans l'eau douce (avec 30 % de condensat)
Intermédiaire flottant	Moins dense que l'eau de mer; légère volatilité Exemples: diésel, mazout, pétrole brut moyen
Lourd flottant	Légèrement moins dense que l'eau de mer; volatilité limitée Exemples: pétrole brut lourd, pétroles raffinés lourds

Catégorie d'hydrocarbure	Description
Lourd non flottant	Densité égale ou supérieure à celle de l'eau de mer, surtout lorsque celle-ci renferme une forte quantité de sédiments Exemples: pétrole brut très lourd

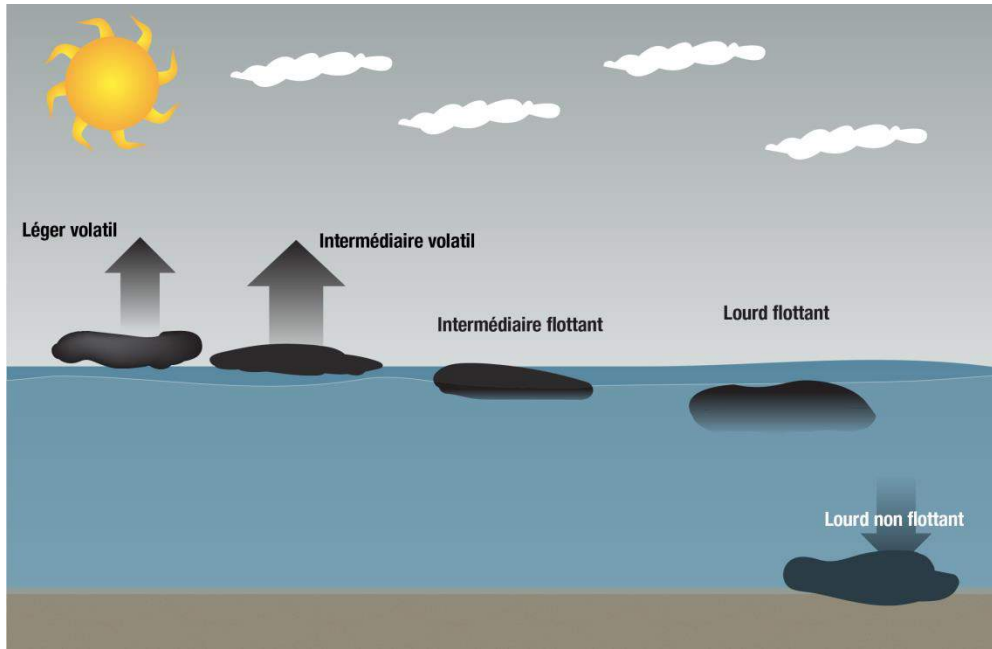


Figure 2-4: Catégories d'hydrocarbure prises en compte dans la méthodologie d'ERS

Se reporter à l'**Annexe C** pour un résumé du processus de sélection de la catégorie d'hydrocarbure à entrer dans la méthodologie d'ERS.

2.2.2 Définition du secteur d'étude de la méthodologie d'ERS

Comme il est précisé à la **section 1.2.2**, la méthodologie d'ERS concerne les eaux canadiennes au sud du 60° parallèle, selon les limites établies dans le **Tableau 2-2**.

Tableau 2-2: Limites du secteur d'étude dans la Méthodologie d'ERS

Description	Limite
1. Eaux arctiques (au nord du 60° parallèle)	La méthodologie d'ERS a été élaborée pour l'ensemble des eaux canadiennes au sud du 60° parallèle.
2. Eaux douces (Grands Lacs)	Cependant, elle n'a été validée que dans quatre secteurs; seulement un était en milieu d'eau douce (Saint-Laurent). Son application à des milieux d'eau douce plus vastes, comme les Grands Lacs, nécessite certaines modifications.
3. Emplacement des déversements d'hydrocarbures à partir d'un navire	Les déversements à l'extérieur des eaux canadiennes sont exclus. <u>Exception:</u> Voies navigables administrées conjointement par les États-Unis et le Canada, comme discuté dans la section 1.2.2 .

Afin de bien évaluer, sur le plan spatial, les risques de déversements d'hydrocarbures à partir de navires dans chaque secteur pilote, on divise le secteur suivant en une grille. La méthodologie de l'ERS évaluera les risques de déversements d'hydrocarbures à partir de navires d'un point de vue horizontal (cellule) et vertical (couche de cellule), comme indiqué à la **Figure 2-5**. Les cellules horizontales sont sélectionnées de manière à fournir une résolution spatiale adéquate permettant d'évaluer le risque de déversements d'hydrocarbures. Sur le plan vertical, les hydrocarbures peuvent apparaître dans les quatre couches suivantes:

- le littoral
- les eaux de surface
- la colonne d'eau
- le fond marin

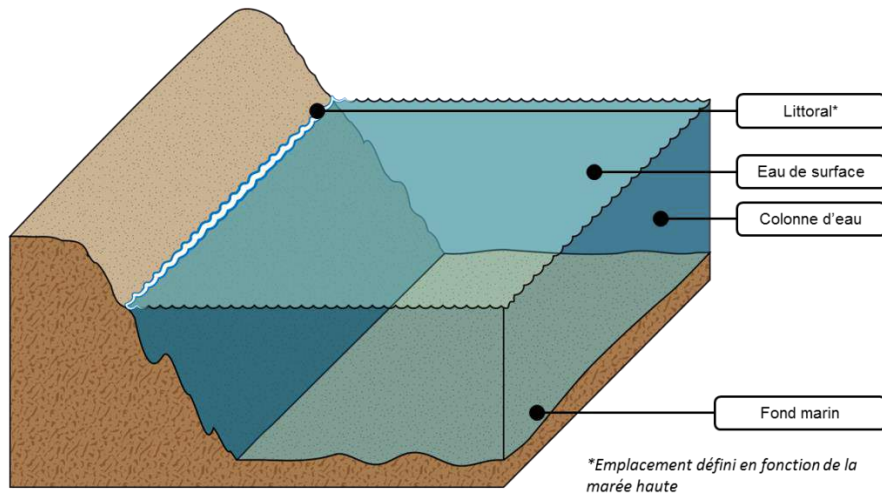


Figure 2-5: Couches composant une cellule

La **Figure 2-6** illustre, en tant qu'exemple, la sous-division du secteur d'étude de la baie de Fundy en cellules. Il se peut que certaines cellules chevauchent l'eau et le littoral. Dans ce cas, le bord de la cellule est aligné sur le littoral à l'aide d'ArcGIS. La taille des cellules peut être ajustée par l'utilisateur suivant ses besoins, pour donner une résolution adaptée à l'évaluation des risques de déversements d'hydrocarbures à partir de navires. La grille montrée dans la **Figure 2-6** a la taille standard de la méthodologie: 2 NM sur 2 NM.

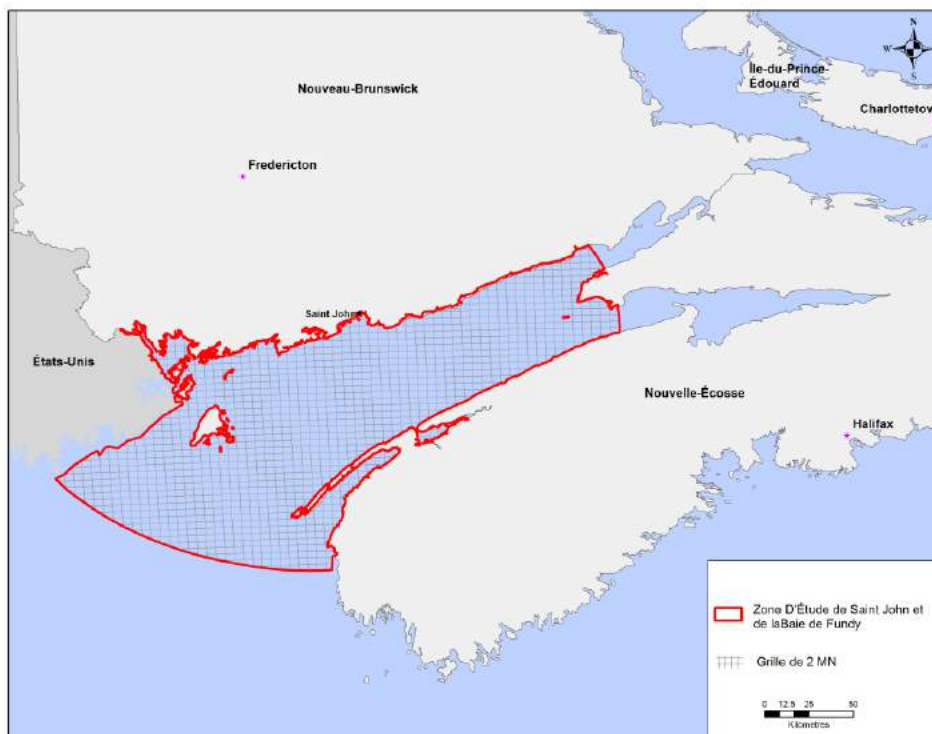


Figure 2-5: Carte des cellules de la baie de Fundy

2.2.3 Définition des volumes de déversement

La fréquence d'un déversement est basée sur l'analyse de la densité du trafic, les volumes d'hydrocarbure et les déplacements des navires dans le secteur d'étude, que donne le modèle SAMSON. Le modèle SAMSON sert à calculer la probabilité, le volume, l'emplacement et le type d'hydrocarbure pouvant être déversé à partir de navires dans chaque cellule. On trouvera des détails sur le modèle SAMSON dans l'**Annexe D**.

La méthodologie d'ERS se sert alors de ces données pour évaluer les volumes de déversement d'hydrocarbure statistiquement définis à la fois à partir de navires et d'IMH en se basant sur la fréquence annuelle d'occurrence (exprimée en général comme l'inverse d'une année (1/ans)) ou la période de retour (l'inverse de la fréquence annuelle d'occurrence).

La période de retour est généralement utilisée pour représenter la fréquence d'un événement tel qu'une inondation, une tempête de vent ou un tremblement de terre. Par exemple, si la période de retour pour une inondation est de 100 ans, la fréquence annuelle est de $1,0 \times 10^{-2}$ (soit 1 % de chance d'arriver chaque année pour une inondation survenant toutes les 1:100 années). Cela ne signifie pas que, si une inondation arrivait toutes les 1:100 années se produisait aujourd'hui, la prochaine n'arriverait que dans 100 ans. En fait, la signification est que, pour toute année, il y a 1 % de chance que cela se produise, peu importe le moment où s'est produit le dernier événement.

Dans le cadre de l'ERS, l'« événement » est un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire, comme le montre le diagramme en nœud papillon de l'ERS à la **Figure 2-3**.

Les types de volume de déversement suivants, basés sur une période totale de retour définie dans une cellule, sont présentés dans le **Tableau 2-2** comme un moyen mis à la disposition de l'utilisateur de communiquer le type de déversement. Comme le montre le **Tableau 2-2**, l'utilisateur peut, comme il le juge bon, définir d'autres types de volumes de déversement d'hydrocarbure pour le secteur d'étude (c.-à-d., un niveau 3 = 1:10 000 années ou une fréquence totale de $1,0 \times 10^{-4}$).

Tableau 2-2: Types de volumes de déversement d'hydrocarbure dans la méthodologie d'ERS

Types de volumes de déversement d'hydrocarbure	Période totale de retour (par cellule)	Fréquence totale (F) annuelle (par cellule)
Niveau 1	<1:1 000 années	$1,0 \times 10^{-3}$
Niveau 2	<1:5 000 années	$2,0 \times 10^{-3}$
Niveau [xx]	1:[valeur à donner par l'utilisateur] années	(1/période totale de retour)

Pour la méthodologie d'ERS, les volumes d'hydrocarbure déversés ont été regroupés en huit (8) catégories (« catégorie de volume de déversement ») afin de faciliter la détermination de l'indice de risque et d'ordonner les domaines de tailles de déversement en fonction des différents types de navires pouvant se trouver dans le secteur d'étude, comme le montre le **Tableau 2-3**.

De cette façon, l'utilisateur pourra calculer les volumes de déversement d'hydrocarbure définis statistiquement pour l'un ou l'autre de ce qui suit:

- tous les types de navires dans un secteur d'étude pour chaque cellule,
- un type précis de navire (p. ex. pétrolier Aframax) pour chaque cellule d'un secteur d'étude.

Tableau 2-3: Catégorie de volume de déversement dans la méthodologie de l'ERS

Catégorie de volume de déversement	Écoulement: volume du déversement		Type de navire	Volume de déversement caractéristique à partir d'un réservoir de combustible de soute ou de cargaison (m ³)
	De (m ³)	À (m ³)		
1	0,01	30	Pêche, plaisance	Réservoir de combustible de soute < 30
2	30	150	Commercial petit	Réservoir de combustible de soute < 150
3	150	1 000	Commercial moyen	Réservoir de combustible de soute < 1 000
4	1 000	5 000	Pétrolier tout usage à moyen cours	Réservoir de combustible de soute < 5 000 1x sur le côté du chargement 5 000
5	5 000	15 000	Pétrolier au long cours de type 1 Panamax	1x sur le côté du chargement 12 000

Catégorie de volume de	Écoulement: volume du déversement		Type de navire	Volume de déversement caractéristique à partir d'un réservoir de combustible
6	15 000	30 000	Aframax	1x sur le côté du chargement 10 000 + 1x au centre du chargement 17 000
7	30 000	100 000	New Panamax Suezmax	1x sur le côté du chargement 17 000 + 1x au centre du chargement 40 000
8	> 100 000		TGTB UGPB	Sans objet (le déversement dépasse le volume des deux plus grands réservoirs)

2.3 Approche de l'évaluation des risques

La méthodologie d'ERS s'exécute en quatre phases, comme le montre la **Figure 2-2**. La première étape consiste à déterminer la fréquence des déversements d'hydrocarbures à partir de navires (phase 1) dans le secteur pilote prescrit, afin de concentrer les efforts sur l'identification, à des emplacements particuliers, du volume et du type d'hydrocarbure déversé (phase 2) choisi comme scénario pour la modélisation. Avant la dernière phase, la fréquence d'exposition est déterminée (phase 3). Ainsi, il est ensuite possible d'effectuer une évaluation des risques plus détaillée (phase 4) et de mieux comprendre et évaluer les risques pour les types de volumes de déversement d'hydrocarbure choisis à des emplacements particuliers du secteur d'étude. Une représentation graphique de l'application de la méthodologie d'ERS est présentée à la **Figure 2-7**. Les sections qui suivent détaillent chacune de ces phases.

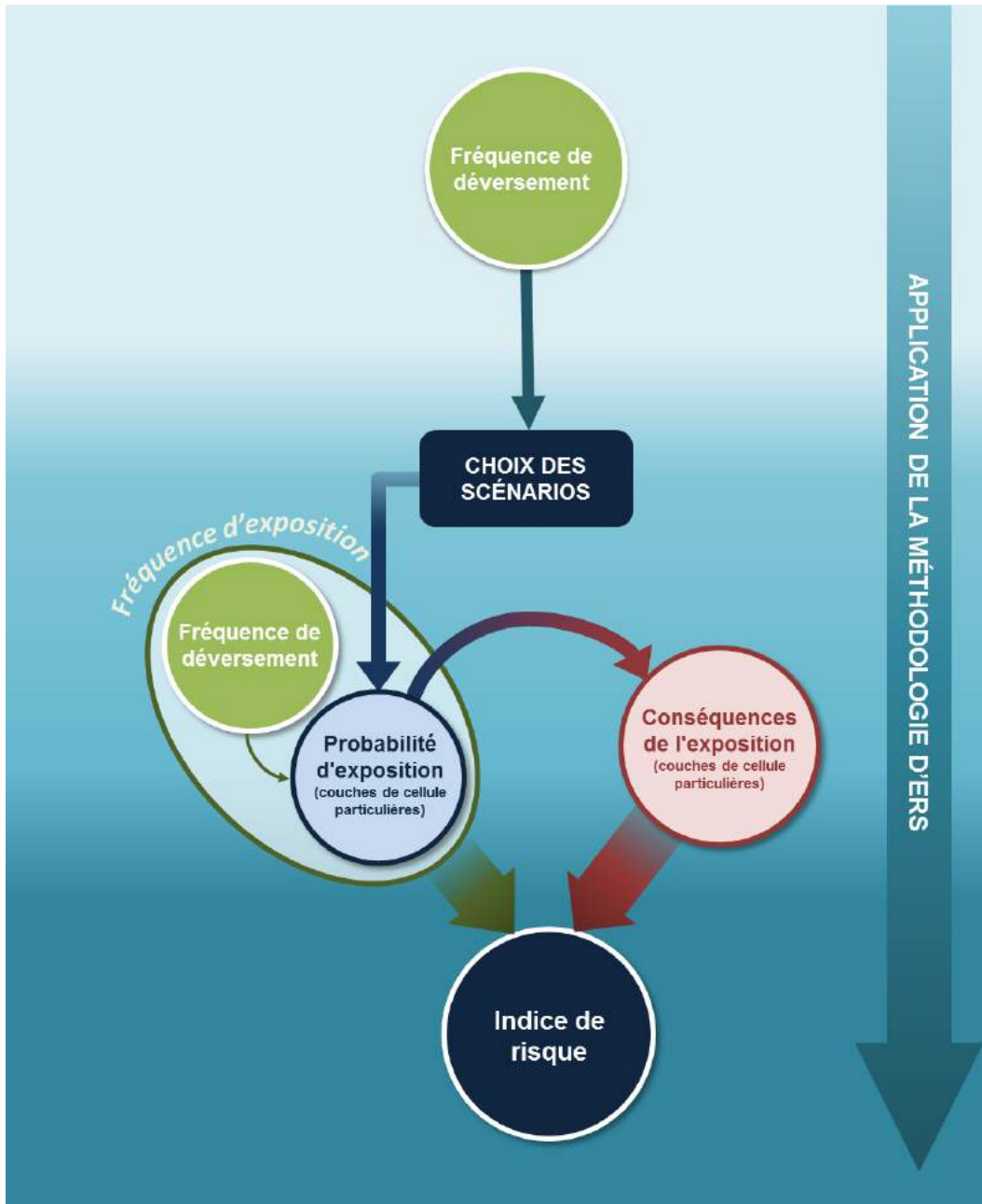


Figure 2-6: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS

2.3.1 Phase 1: fréquence de déversement

La fréquence de déversement d'hydrocarbure (FdD) à partir de pétroliers transportant des hydrocarbures comme chargement et des navires utilisant les hydrocarbures pour leur propulsion est calculée au moyen du modèle SAMSON. Les principales entrées de ce modèle sont résumées dans le **Tableau 2-4**. Pour en savoir plus sur le modèle SAMSON et sur le calcul de la probabilité de FdD à partir d'IMH, se reporter à l'**annexe D**.

Tableau 2-4: Entrées principales pour déterminer la fréquence de déversement

Principales entrées du modèle SAMSON	Description	Source(s)
Données du SIA	Comprend le nombre et le type de navires en activité dans le secteur d'étude.	Garde côtière canadienne (GCC)
Taux d'avarie de navire	Nombre d' <i>incidents</i> et d' <i>accidents</i> pouvant se produire, par type de navire.	Analyse statistique ⁵
Taux de défaillance d'équipement de chargement d'IMH	Nombre d' <i>incidents</i> et d' <i>accidents</i> pouvant survenir, par IMH.	Statistiques internationales

Les cartes de risque individuelles sont créées pour chacune des huit (8) catégories de volume de déversement (se reporter au Tableau 2-3) dans le secteur d'étude et sont considérées comme des résultats de la phase 1. La **section 3.0** de ce rapport fournit des détails supplémentaires sur la phase 1. Les cartes de risque aideront l'utilisateur à déterminer les scénarios, comme il est décrit dans la phase 2.

2.3.2 Phase 2: choix des scénarios

Le choix du scénario est le processus, mené à bien par l'utilisateur, qui consiste à prendre les résultats de la phase 1, fréquence de déversement, et à utiliser les données pour choisir les cellules le plus à risque. Pour en savoir plus sur le choix des scénarios, se reporter à la **section 4.0** de ce guide d'orientation. La phase de choix des scénarios détermine les emplacements, les volumes et les catégories d'hydrocarbures sur lesquels s'effectuera la modélisation du comportement du déversement d'hydrocarbure et de la trajectoire durant la phase 3: probabilité d'exposition.

2.3.3 Phase 3: probabilité d'exposition

Le devenir stochastique du déversement d'hydrocarbure et de la modélisation de la trajectoire est mené à bien pour chaque scénario de déversement choisi dans la phase 2 afin de calculer la probabilité d'exposition (PdX). Elle consiste à générer plusieurs simulations de trajectoires des hydrocarbures en un même emplacement source à différents moments (c.-à-d. différentes saisons) choisis au hasard sur une période de plusieurs années. La sortie de l'analyse stochastique est la probabilité pour que de l'hydrocarbure soit présent au-dessus d'un seuil mesurable (généralement défini comme l'épaisseur ou la concentration au-delà de laquelle l'hydrocarbure aurait un effet nuisible sur un récepteur de risque s'il entrait en contact avec lui) dans les quatre couches de cellules verticales (voir la **section 2.2.2**).

2.3.4 Phase 4: évaluation du risque

La phase finale de l'évaluation du risque comprend le calcul de l'indice de risque (IR) associé à un scénario précis de déversement d'hydrocarbure. Les valeurs de la PDX pour chaque couche de chaque

⁵ Les données canadiennes sur les accidents et les incidents à signaler tirées du Système d'information sur la sécurité maritime (SISMAR) du Bureau de la sécurité des transports (BST) ont été analysées et comparées aux statistiques internationales.

cellule (provenant de la phase 3) sont combinées avec la valeur de la FdD associée à l'accident de déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire (provenant de la phase 2) pour trouver les fréquences annuelles auxquelles chacun des trois récepteurs de risque pourrait être exposé à l'hydrocarbure **SI** hydrocarbure il y a. On appelle cela la fréquence d'exposition (FdX).

Différents ensembles de données sont utilisés pour déterminer la présence et le type des récepteurs de risque dans chaque couche de chaque cellule. On les appelle: conséquence de l'exposition (CdX). Les valeurs de la CdX sont combinées avec les valeurs de la FdX correspondantes pour calculer l'indice de risque (IR). La **section 6.0** donne des informations plus détaillées sur la phase 4.

3.0 Phase 1: fréquence de déversement

Première phase de la méthodologie d'ERS, la fréquence de déversement (FdD) destinée à recenser les emplacements de chaque secteur d'étude pour lesquelles la probabilité de déversement d'hydrocarbure est la plus forte. La FdD détermine les paramètres suivants dans chaque cellule du secteur d'étude:

1. La fréquence et l'emplacement d'un accident en provenance d'un navire
2. Les types de navires impliqués dans l'accident
3. La fréquence d'un déversement d'hydrocarbure pour différentes catégories de volume de déversement
4. Le type d'hydrocarbure déversé

Pour déterminer la FdD, il faut calculer la fréquence des accidents maritimes impliquant des navires à l'aide du modèle d'évaluation de sécurité pour la navigation et les secteurs extracôtiers (modèle SAMSON), qui donne la

fréquence, la taille, l'emplacement du déversement, le type d'hydrocarbure et le type de navire à l'issue d'un processus se déroulant en deux étapes, présentées dans la **Figure 3-1**. La première étape consiste à déterminer la fréquence et l'emplacement des divers accidents. La deuxième étape détermine la fréquence et le volume d'hydrocarbure s'écoulant à la suite de l'accident déterminé à la première étape. Les détails techniques sur le modèle SAMSON se trouvent à l'**Annexe D**.

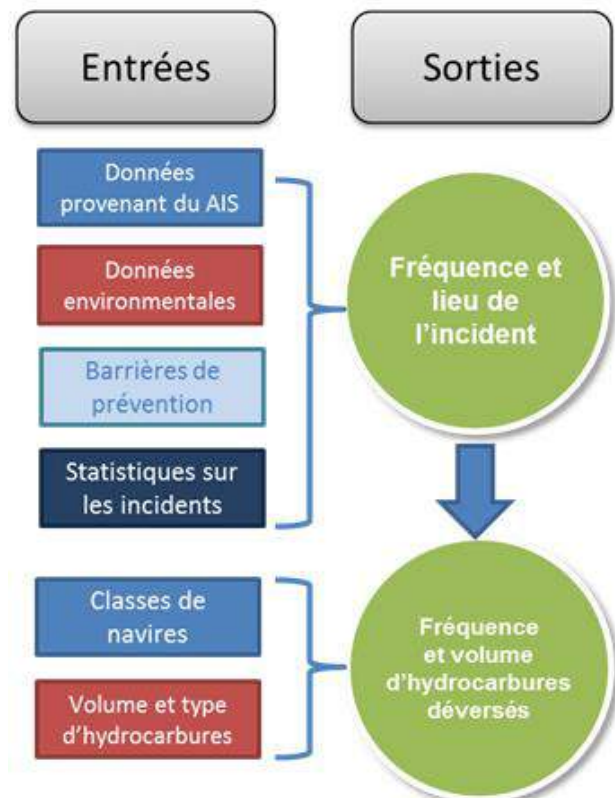


Figure 3-1: Entrées et sorties du modèle SAMSON

3.1 Fréquence et emplacement d'un accident

Les entrées dans le modèle SAMSON sont les suivantes:

- Les données de trafic du système d'identification automatique (SIA);
- Les données environnementales (bathymétrie, conditions locales, données sur le vent et le courant);
- Les mesures de prévention (dispositifs de séparation du trafic, pilotage);
- Les volumes et les types d'hydrocarbures transportés pour chaque catégorie de navire.

Toute année de référence des données du SIA peut être utilisée pour mener l'analyse.

Le modèle SAMSON fait une estimation des fréquences des accidents liés aux navires (y compris les abordages et heurts, les échouements de courte et de longue durée, les avaries de la coque ou défaillances mécaniques et les naufrages) pour différents types de navires. Les données proviennent des données mondiales sur les accidents maritimes tirées de Fairplay, la base de données internationale sur les abordages d'IHS, pour la période de 1995 à 2012.

Les conditions responsables des divers accidents correspondent aux conditions locales dans chaque secteur d'étude, notamment la densité de trafic, les courants de marée, la vitesse et la direction des vents et les mesures préventives. Le modèle SAMSON combine divers scénarios d'accident, comme indiqué au **Tableau 3-1**, et utilise les données canadiennes de trafic du SIA pour calculer la fréquence d'un accident.

Tableau 3-1: Type d'accident dans le modèle SAMSON

Modèle SAMSON Type d'accident	Description
Abordage	La probabilité d'abordage quand deux navires pénètrent dans un domaine de séparation défini. La probabilité d'abordage dépend du type de navire, de la vitesse et des statistiques internationales en matière d'abordage.
Heurt	La fréquence de heurt est calculée lorsqu'un navire pénètre dans le domaine défini d'un autre navire à l'ancre. La fréquence de heurt dépend du type et de la vitesse du navire, de l'emplacement du navire à l'ancre et des statistiques internationales sur les heurts.
Échouements (y compris de courte durée)	La fréquence de l'échouement est calculée en se servant de la fréquence d'un navire victime d'une avarie technique ou d'une erreur de navigation d'après les statistiques internationales et selon la proximité du navire avec un objet immobile qu'il est susceptible de heurter (échouement de courte durée) ou avec le risque de s'échouer sur le rivage.
Avarie de la coque / défaillances mécaniques	La probabilité de défaillance de la coque/machinerie est déterminée à partir de la distance (en milles nautiques) parcourue par le navire dans le secteur d'étude.
Naufrage	La probabilité de naufrage est déterminée à partir de la distance (en milles nautiques) parcourue par le navire dans le secteur d'étude.

3.2 Fréquence et volume du déversement d'hydrocarbure

Dans le modèle SAMSON, la fréquence et le volume des déversements d'hydrocarbures en provenance de navires impliqués dans un accident sont déterminés d'après les catégories de navire fournies par les données mondiales sur les déversements d'hydrocarbures. Plus précisément, le modèle SAMSON prend en compte les facteurs suivants:

- Le type de navire: conception, construction (p. ex. disposition des réservoirs et présence d'une double coque) et fonctionnalité (le modèle SAMSON possède une base de données de 42 catégories de navire différentes)
- La partie du navire touchée par l'accident
- L'intensité de l'accident calculée

- La probabilité qu'un réservoir soit rempli d'hydrocarbure

Pour en savoir plus sur les 42 catégories de navire et sur la façon dont le flux d'hydrocarbure déversé est calculé dans le modèle SAMSON, consultez l'**Annexe D**.

Comme le mentionne la **section 2.2.1**, la méthodologie d'ERS se sert de cinq catégories d'hydrocarbure pour définir l'ensemble des hydrocarbures pouvant être transportés par les 42 différentes catégories de navire, comme entrée pour l'analyse de la FdD. Se reporter à l'**Annexe C** pour un résumé du processus de sélection de la catégorie d'hydrocarbure à entrer dans la méthodologie d'ERS. Les sorties du modèle SAMSON comprennent le volume et le type d'hydrocarbure déversé ainsi que la catégorie de volume de déversement à laquelle il appartient comme le définit la **section 2.2.3**.

Le principal résultat du modèle SAMSON est la compilation d'une base de données géoréférencées contenant:

- le type d'accident, l'emplacement, le type et la taille des navires
- les données individuelles de fréquence, volume et catégorie d'hydrocarbure pour chaque accident

La fréquence totale (F), qui est la somme des fréquences individuelles de tous les accidents supérieurs au volume minimum déversé pour chaque catégorie de volume de déversement, est alors calculée par le modèle SAMSON pour chaque cellule du secteur d'étude, et ce, pour les huit valeurs de fréquence totale (F). Chaque valeur de fréquence totale (F) est ensuite catégorisée et représentée par un code couleur d'après les catégories de FdD définies dans le **Tableau 3-2**. SAMSON produit aussi une représentation graphique des indices de FdD pour chacune des catégories de volume de déversement.

Tableau 3-2: Catégories de fréquence de déversement (FdD), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie de FdD	Indice de FdD (fréquence totale annuelle)	Description	Définition ⁶ (Période totale de retour)	Code Couleur
FdD-10	$3,16 \times 10^{-1}$	Très élevé	> 1:10 années	
FdD-9	$3,16 \times 10^{-2}$	Élevé	1:10 – 1:99 années	
FdD-8	$3,16 \times 10^{-3}$	Moyen	1:100 – 1:999 années	
FdD-7	$3,16 \times 10^{-4}$	Faible	1:100 – 1:9 999 années	
FdD-6	$3,16 \times 10^{-5}$	Très faible	1:10 000 – 1:99 999 années	
FdD-5	$3,16 \times 10^{-6}$	Extrêmement faible	1:100 000 – 1:999 999 années	
FdD-4	$3,16 \times 10^{-7}$		1:1 000 000 – 1:9 999 999 années	

⁶ Les périodes totales de retour définies dans le Tableau 3-2 ne peuvent pas servir pour représenter la fréquence des déversements d'hydrocarbures accidentels à partir d'un seul navire.

Catégorie de FdD	Indice de FdD (fréquence totale annuelle)	Description	Définition ⁶ (Période totale de retour)	Code Couleur
FdD-3	$3,16 \times 10^{-8}$	Extrêmement faible	1:10 000 000 – 1:99 999 999 années	
FdD-2	$3,16 \times 10^{-9}$		1:10 000 000 – 1:999 999 999 années	
FdD-1	$3,16 \times 10^{-10}$		1:100 000 000 – 1:9 999 999 999 années	

Les catégories de FdD définies dans le **Tableau 3-2** sont basées sur une période totale de retour, qui est l'inverse de la fréquence. La catégorie FdD-3, par exemple, a un indice de FdD de $3,16 \times 10^{-3}$ occurrences par année ou, inversement, une occurrence toutes les 316 années. Il en découle que la période de retour et la fréquence peuvent être utilisées indifféremment. Deux résultats de la phase 1 (cartes de FdD pour le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.), pris comme exemple, sont fournis dans la **Figure 3-2** et la **Figure 3-3** pour deux catégories de volume de déversement ($>0,01 \text{ m}^3$ et $>30\,000 \text{ m}^3$). La **section 4.0** fournit un complément d'information sur la façon dont l'utilisateur peut se servir des cartes de FdD pour choisir un scénario.

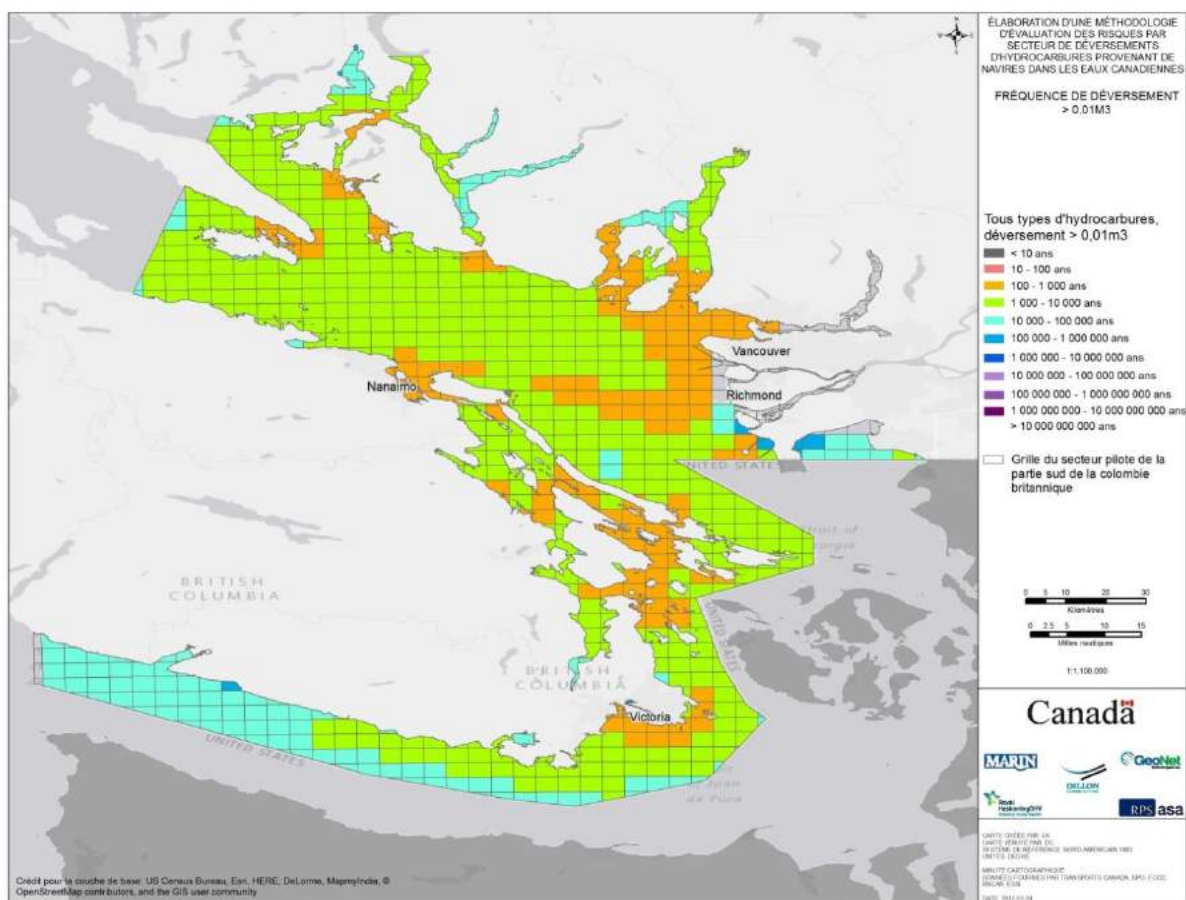


Figure 3-2: Carte de FdD pour tout déversement $> 0,01 \text{ m}^3$ dans le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.

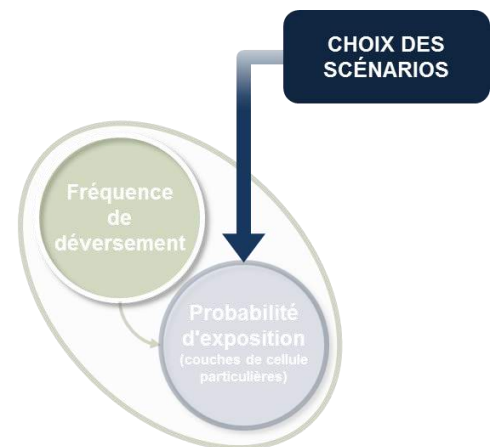
4.0 Phase 2: choix des scénarios

L'utilisateur a deux méthodes pour choisir les scénarios à privilégier pour l'analyse des phases 3 et 4 de la méthodologie d'ERS.

Méthode 1: repérer les emplacements du secteur d'étude en donnant la priorité à ceux ayant les fréquences totales (F) les plus élevées pour ce qui est des déversements d'hydrocarbures à partir de navires.

Méthode 2: repérer les scénarios ayant le plus grand volume d'hydrocarbure déversé.

Chacune des deux méthodes est expliquée en détail dans les sections suivantes.



4.1 Méthode 1: Scénarios ayant la plus haute priorité d'après la fréquence totale

Objectifs de la méthode 1: a) repérer les emplacements du secteur d'étude en donnant la priorité à ceux ayant les fréquences totales (F) les plus élevées pour ce qui est des déversements d'hydrocarbures à partir de navires et b) sélectionner des scénarios individuels de déversements de ce type depuis des emplacements dont la fréquence totale (F) est la plus élevée à des fins d'analyse approfondie dans le cadre de la méthodologie d'ERS.

Un processus à trois étapes, détaillé plus loin, est employé pour atteindre ces deux objectifs dont les détails sont fournis ci-dessous.

Étape 1: Déterminer le seuil de la période totale de retour de l'ERS

Le seuil de la période totale de retour se base sur l'inverse de la fréquence totale (F) et, à ce titre, sera donc comparé à la fréquence totale (F) calculée pour chacune des huit catégories de volume de déversement.

Deux seuils de période totale de retour sont définis en ce moment dans la méthodologie d'ERS comme le montre le **Tableau 2-2**. Cependant, l'utilisateur peut utiliser d'autres seuils de période totale de retour pour l'ERS (c.-à-d. 1 année sur 10 000).

Étape 2: Identifier des emplacements pour le seuil de période totale de retour pour l'ERS

Deux cartes de FdD différentes pour deux catégories de volume de déversement sont comparées afin de repérer les cellules affichant un changement de catégorie de FdD, catégorie correspondant au seuil de période totale de retour de l'ERS.

Pour illustrer cette procédure, une comparaison de deux cartes de FdD (voir la **Figure 4-1**) a été effectuée dans le secteur pilote de la partie sud de la Colombie-Britannique afin de repérer les emplacements des seuils de période totale de retour de l'ERS de niveau 1: un pour les volumes de déversement de catégorie 1 ($> 0,01 \text{ m}^3$) et un pour ceux de catégorie 2 ($> 30 \text{ m}^3$).

Dans les quatre cellules mises en évidence, l'indice de FdD tombe de FdD-8 à FdD-7 lorsque la catégorie de volume de déversement passe de $> 0,01 \text{ m}^3$ à $> 30 \text{ m}^3$. Cela indique que, dans les limites du secteur mis en évidence, la fréquence totale (F) est équivalente à une période totale de retour de 1000 ans pour un volume de déversement de catégorie 1, se situant entre $0,01$ et 30 m^3 . Les données issues du modèle SAMSON pour une des quatre cellules mises en évidence sont ensuite analysées plus en détail dans l'étape 3.

Étape 3: Analyser les scénarios individuels à partir d'un navire dans une catégorie spécifique de volume de déversement

Pour montrer de quelle façon l'étape 3 est menée à bien, un exemple de résultat de SAMSON venant d'une des quatre cellules mises en évidence dans la **Figure 4-1**, est présenté dans la **Tableau 4-1**. Les résultats montrent que pour la catégorie 1 de volume de déversement, la période totale de retour correspondante est égale à 226 ans (correspondant à FdD-3), alors que la catégorie 2 a une période totale de retour de 2871 ans (correspondant à FdD-2).

Pour les volumes de déversement de catégorie 1, SAMSON a généré 2683 scénarios individuels de déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire. Ces scénarios ont des fréquences individuelles (f) comprises entre $1,79 \times 10^{-16}$ (ou une fois en 5 quadrillions d'années) et $9,88 \times 10^{-4}$ (ou une fois en 1012 ans). Les scénarios sont classés et celui ayant la fréquence individuelle (f) la plus grande est retenue comme scénario à analyser dans la phase 3. Dans cet exemple précis, le scénario suivant a été identifié:

Déversement d'hydrocarbure de niveau 1

Type d'incident: naufrage d'un navire de plaisance

Catégorie d'hydrocarbure: diesel marine (DM)

Volume: 3 m^3

Fréquence individuelle (f) = $9,88 \times 10^{-4}$ ou une fois en 1012 ans

Lors de la réalisation de la phase 2, il faut principalement prendre en compte la sélection du seuil de période totale de retour qui déterminera la nature des cartes de FdD (issues de la phase 1) à examiner. Une fois les cellules identifiées (comme illustré à la **Figure 4-1**), les résultats du modèle SAMSON détermineront la taille du déversement et la catégorie d'hydrocarbure à utiliser à la phase 3 – Probabilité d'exposition.

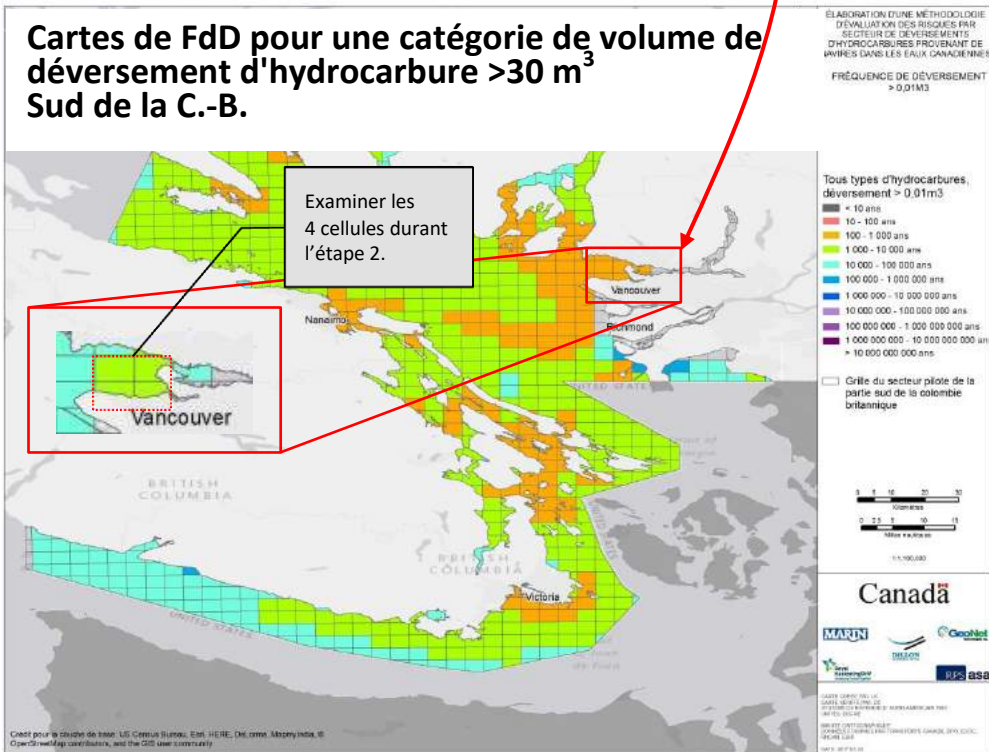
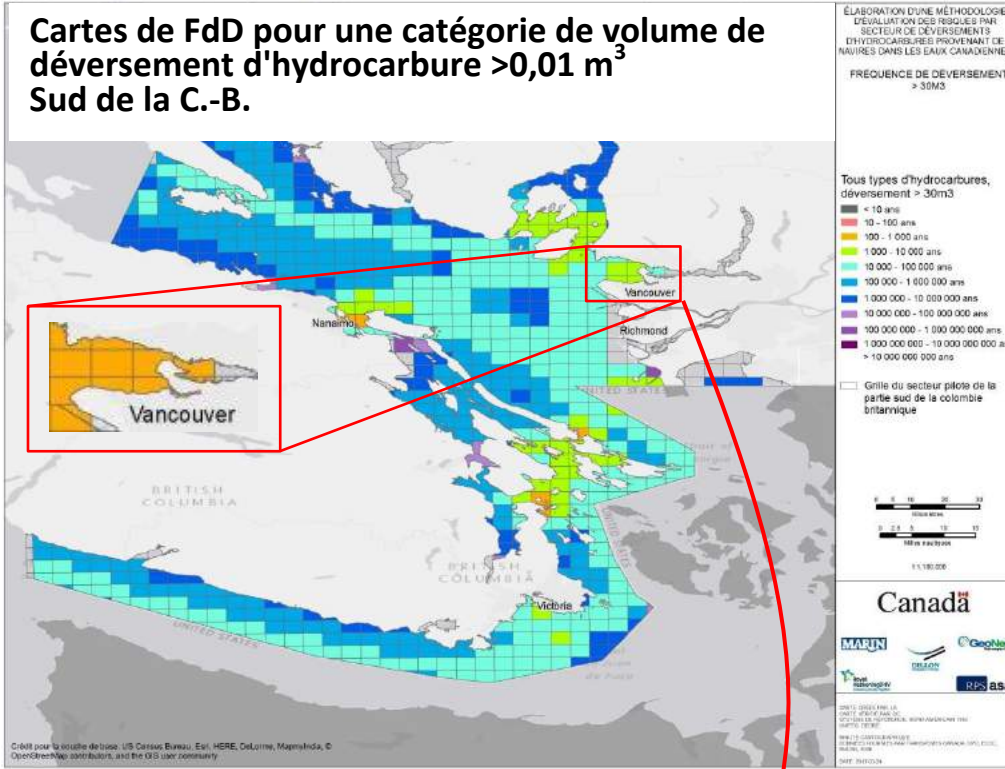


Figure 4-1: Étape 2 de la sélection de scénario, comparaison des cartes de FdD

Tableau 4-1: Analyse d'exemple de résultats de SAMSON pour une cellule dans le port de Vancouver (se reporter à la figure 4-1)

Catégorie de volume de déversement	Écoulement: catégorie de déversement (m ³)		Type de navire	Nombre de scénarios générés par SAMSON	Fréquence individuelle (f) par année d'un scénario		Fréquence totale (F) de la catégorie de volume de déversement (égale à la somme de toutes les fréquences individuelles)	Fréquence totale (F) d'une catégorie de volume de déversement + toutes les catégories de volume de déversement supérieures	Période totale de retour par catégorie de déversement en années 7 (1/Fréquence totale)
	De	À			Minimum	Maximum			
1	0	30	Embarcation de plaisance	2 683	$1,79 \times 10^{-16}$	$9,88 \times 10^{-4}$	$4,08 \times 10^{-3}$	$4,42 \times 10^{-3}$ ou	226
2	30	150	Commercial petit	3 960	$6,59 \times 10^{-17}$	$3,63 \times 10^{-6}$	$2,39 \times 10^{-5}$	$3,48 \times 10^{-4}$ ou	2 871
3	150	1000	Commercial moyen	4 450	$2,97 \times 10^{-17}$	$5,28 \times 10^{-6}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$3,24 \times 10^{-4}$ ou	3 082
4	1000	5000	Pétrolier d'usage général à moyen cours	2 842	$1,32 \times 10^{-16}$	$3,75 \times 10^{-6}$	$1,63 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$ ou	5 557
5	5000	15 000	Pétrolier au long cours de type 1 Panamax	1,00	$1,13 \times 10^{-15}$	$5,05 \times 10^{-7}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$1,67 \times 10^{-5}$ ou	59 711
6	15 000	30 000	Aframax	716	$5,61 \times 10^{-20}$	$5,17 \times 10^{-7}$	$5,08 \times 10^{-6}$	$6,15 \times 10^{-6}$ ou	162 663
7	30 000	100 000	New Panamax	716	$2,48 \times 10^{-28}$	$1,43 \times 10^{-7}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$1,07 \times 10^{-6}$ ou	993 755
8	> 100 000		Suezmax TGTB UGPB	528	$4,18 \times 10^{-16}$	$3,21 \times 10^{-8}$	$5,99 \times 10^{-8}$	$5,99 \times 10^{-8}$ ou	16 700 093

⁷ Code couleur basé sur les définitions de FdD: se reporter au **Tableau 3-2: Catégories de fréquence de déversement (FdD), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur**

4.2 Méthode 2: Scénarios ayant la plus haute priorité d'après le volume du déversement d'hydrocarbure

Objectifs de la méthode 2: a) repérer les emplacements du secteur d'étude en donnant la priorité à ceux ayant les fréquences totales (F) les plus élevées pour ce qui est des déversements d'hydrocarbures à partir de navires et b) sélectionner des scénarios spécifiques (c.à.d. individuels) de déversement d'hydrocarbures à partir de navires basés sur les catégories spécifiques de volume de déversement à des fins d'analyse ultérieure par la méthodologie d'ERS.

Un processus à trois étapes, détaillé plus loin, est employé pour atteindre ces deux objectifs dont les détails sont fournis ci-dessous.

Étape 1: Sélectionner une carte de FdD pour la catégorie de volume de déversement

En fonction des exigences spécifiques de l'ERS, l'utilisateur choisira la carte de FdD pour une catégorie précise de volume de déversement. Par exemple, si le but de l'ERS est d'analyser le déversement le plus grand possible dans le secteur d'étude, l'utilisateur sélectionnera la carte de FdD pour le plus grand volume de déversement, ce qui correspond, pour le sud de la Colombie-Britannique, à la catégorie 8 de déversement ($>100\,000\text{ m}^3$) (se reporter à la **Figure 4-2: Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé**).

L'utilisateur examine la carte de FdD pour le plus grand volume de déversement pour repérer la ou les cellules spécifiques qui correspondent aux indices de FdD les plus élevés, suivant l'hypothèse que ces cellules spécifiques auront les volumes les plus grands associés à la plus grande fréquence totale.

Étape 2: Identifier des emplacements pour le seuil le plus élevé de période totale de retour pour l'ERS

La cellule particulière mise en évidence dans la **Figure 4-2: Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé** a l'indice de FdD le plus élevé et un seuil de période totale de retour de l'ERS compris entre 100 000 et 1 000 000 années.

Étape 3: Analyser des scénarios individuels à partir de navire pour une catégorie de volume de déversement spécifique

Le résultat de SAMSON pour la cellule du secteur pilote de la partie sud de la Colombie-Britannique mise en évidence dans la **Figure 4-2: Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé**, est examinée relativement à la catégorie 8 de volume de déversement.

SAMSON a généré 399 scénarios individuels de déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire. Ces scénarios ont des fréquences individuelles (f) comprises entre $8,70 \times 10^{-17}$ (ou une fois en 5 sextillions d'années) et $5,57 \times 10^{-7}$ (ou une fois en 1,7 million d'années). Les scénarios sont classés et on a choisi celui ayant la fréquence individuelle (f) la plus grande comme scénario à analyser dans la phase 3.

Dans cet exemple précis, le scénario suivant a été déterminé:

Volume de déversement d'hydrocarbure

Type d'incident: naufrage d'un pétrolier d'un tonnage porté en lourd de 200 000

Catégorie d'hydrocarbure: intermédiaire volatil (brut)

Volume: 122 359 m³

Fréquence individuelle (f) = 2,23 x 10⁻⁸ ou une fois en 44 millions d'années

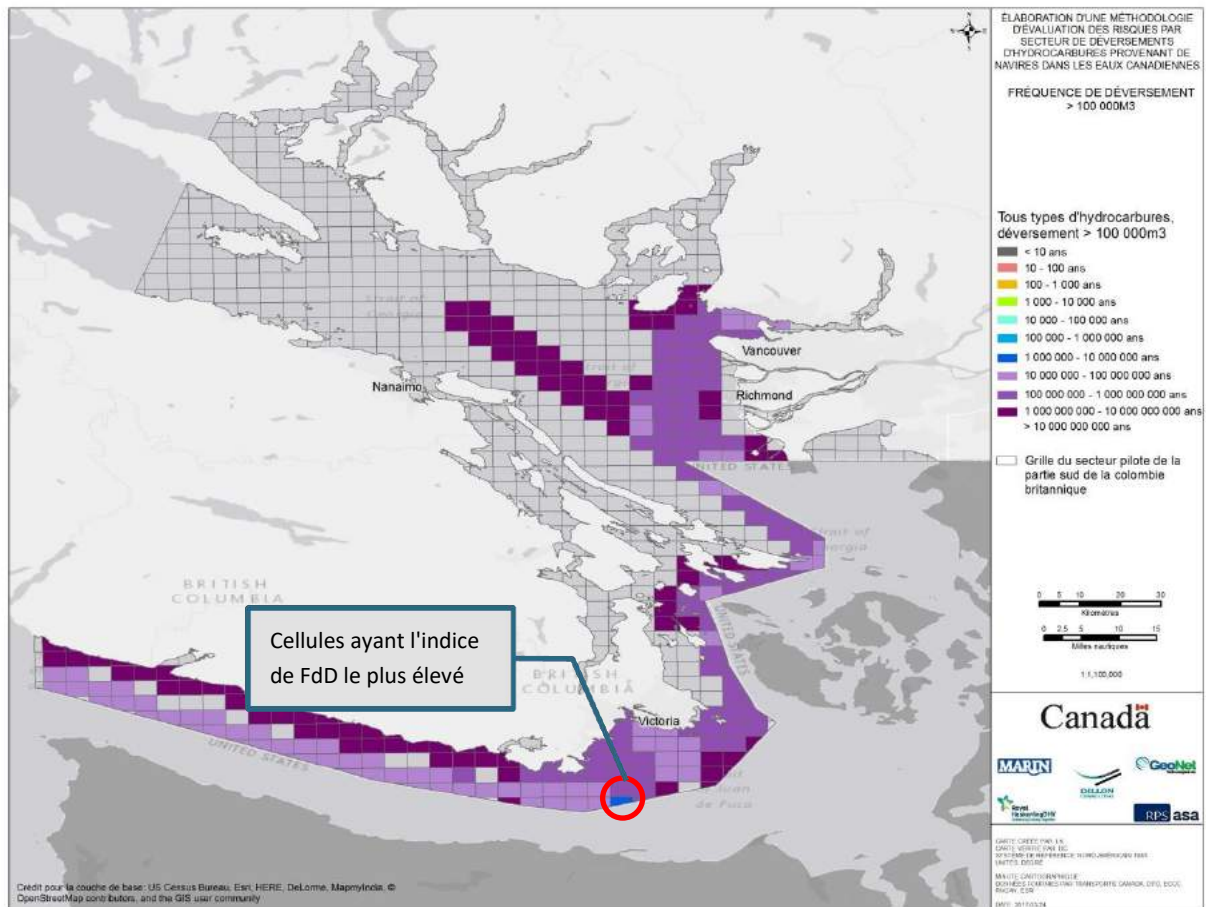


Figure 4-2: Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé

5.0 Phase 3: probabilité d'exposition

Le PdX représente la probabilité que des hydrocarbures soient présents dans chaque cellule du secteur pilote au-dessus d'un seuil mesurable dans chaque couche de cellule, lorsqu'on utilise un modèle de déversement d'hydrocarbure. Les principales entrées au modèle de déversement d'hydrocarbure proviennent des phases 1 et 2, plus particulièrement:

1. l'emplacement du déversement
2. le volume du déversement et la catégorie d'hydrocarbure
3. les seuils d'hydrocarbures
4. d'autres paramètres
5. l'intervention après déversement

Un aperçu général est donné dans les sections suivantes. L'**Annexe E** donne plus de détails sur le modèle de déversement d'hydrocarbure, y compris des descriptions précises des entrées nécessaires à la définition des scénarios de déversement et à la caractérisation de l'environnement. Enfin, elle explique le mode d'application du modèle et la manière dont ses résultats sont utilisés pour calculer le risque global.

5.1 Emplacement du déversement

Les emplacements géographiques (cellules) déterminés à la phase 2 sont entrés dans le modèle SIMAP.

5.2 Volume de déversement et catégorie d'hydrocarbure

Les cellules définies à l'étape 2 donnent le détail du volume de déversement et du type d'hydrocarbure déterminés à l'aide du modèle SAMSON durant la phase 1.

5.3 Seuils de mazoutage

Dans le modèle SIMAP, l'épaisseur d'hydrocarbure minimale et les seuils de concentration servent à déterminer la probabilité d'exposition aux hydrocarbures pour chacune des trois catégories de récepteur de risque: la sensibilité biologique, le milieu physique et les facteurs socioéconomiques. Les seuils sont propres aux récepteurs de risque et servent à déterminer si les hydrocarbures sont présents en quantité suffisante pour créer un impact donné.

5.4 Autres paramètres

D'autres paramètres, résumés dans le **Tableau 5-1**, représentent les entrées choisies par l'utilisateur pour le modèle SIMAP.

Tableau 5-1: Entrées du modèle SIMAP

Entrées du modèle SIMAP	Description
Données sur les vents	Les enregistrements des vents observés sur plusieurs années ou un modèle prospectif sur plusieurs années variant spatiotemporellement sur tout le secteur d'étude.
Courants	Données s'étendant sur plusieurs années ou sur un courant cyclique générées par un modèle hydrodynamique qui couvre la totalité du secteur d'étude.
Glace	Enregistrements historiques sur plusieurs années de glace (pourcentage de couverture) pour les zones du secteur d'étude ayant de la glace.
Paramètres de l'eau	Température, salinité et concentration de particules en suspension dans tout le secteur d'étude.
Bathymétrie	Le Service hydrographique du Canada fournit des cartes de navigation numérique des eaux canadiennes navigables. La meilleure méthode consiste à assembler des données sur la profondeur venant de sources multiples et de les fusionner en une couverture bathymétrique unique.

5.5 Intervention en cas de déversement

Le modèle de déversement d'hydrocarbure a simulé les techniques d'intervention après déversement d'hydrocarbure pendant la durée de la modélisation du devenir et de la trajectoire du déversement.

Pour la méthodologie d'ERS l'utilisateur peut choisir entre les options suivantes:

- **Non atténué:** Le scénario de déversement suppose qu'aucune mesure d'intervention n'est mise en place.
- **Taux de rencontre:** Le scénario de déversement comprend un contrôle de la source utilisant des estacades et mettant en œuvre un calcul de taux de rencontre pour estimer le volume d'hydrocarbure récupéré à l'aide de systèmes de récupération mécanique. Le calcul de taux de rencontre prend en compte les limites liées au stockage principal des vaisseaux de récupération et le temps nécessaire pour décharger les stockages secondaires. Le taux de rencontre peut être modifié pour prendre en compte le brûlage in-situ et l'application des dispersants.

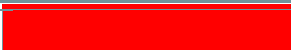




La modélisation de la trajectoire d'un déversement pour chaque scénario s'effectue sur des centaines de variations aléatoires des paramètres individuels, de manière à donner une représentation statistique des conditions environnementales sur une période de dix ans. Il n'est donc pas possible de modéliser tel quel le rendement d'un équipement d'intervention après déversement d'hydrocarbure. Seule la simulation d'un déversement d'hydrocarbure donné (parfois appelé « modèle déterministe ») permettrait ce type de modélisation.

5.6 Calcul de l'indice de PdX dans chaque cellule

Le modèle de déversement d'hydrocarbure calcule la probabilité d'exposition à la surface de la mer, sur le littoral, dans la colonne d'eau et sur le sédiment du fond marin dans chaque cellule couvrant l'empreinte du déversement. Lorsque les hydrocarbures d'un déversement sont présents dans une cellule et dépassent le seuil défini, cela constitue un « coup au but ».

Chaque scénario stochastique généré par le modèle de déversement d'hydrocarbure produit une série de cartes montrant la probabilité que les hydrocarbures dépassent les seuils. Ces cartes montreront les dépassements par cellule et dans les quatre couches verticales du maillage du secteur pilote. L'indice de PdX sera basé sur la valeur moyenne de chaque plage de probabilité du PdX, comme montré dans le **Tableau 5-2**.

Tableau 5-2: Catégories de probabilité d'exposition (PdX), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie de PdX	Indice de PdX	Description ⁸	Définition	Code couleur
POE-5	0,9	81 % – 100 %	Très élevé	
POE-4	0,7	61 % – 80 %	Élevé	
POE-3	0,5	41 % – 60 %	Moyen	
POE-2	0,3	21 % – 40 %	Faible	
POE-1	0,1	5 % – 20 %	Très faible	

Remarque: Les valeurs inférieures à 5 % ont été exclues à cause de variations statistiques dans la trajectoire de l'hydrocarbure.

À chaque indice de PdX correspond la probabilité associée aux centaines de scénarios exécutés en mode stochastique. Par exemple, la catégorie PdX-5 (indice de PDH = 0,9) signifierait que, pour 81 à 100 % des centaines de scénarios aléatoires, les hydrocarbures dépassent le seuil établi d'un récepteur de risque donné dans une certaine couche de cellules.

Dans la méthodologie de l'ERS, l'utilisateur peut générer des cartes de PdX spécifiques en sélectionnant un attribut dans chaque colonne listée dans le **Tableau 5-3**. Pour calculer l'indice de risque (IR) dans une cellule donnée, on sélectionne toutes les couches et tous les récepteurs de risque mais, pour ce scénario donné, l'utilisateur ne peut choisir qu'une seule saison et un seul attribut d'intervention après déversement.

⁸ La limite basse du PdX-1 a été positionnée à 5 % en dessous, ce que l'on considère comme statistiquement négligeable.

Tableau 5-3: Liste des attributs que l'utilisateur peut utiliser pour générer une carte de PdX

Couche de cellule	Récepteur de risque	Saison	Intervention en cas de déversement
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Surface de l'eau ✓ Colonne d'eau ✓ Fond marin 	<p>Vulnérabilités biologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espèces vulnérables ✓ IAPHI <p>Facteurs socioéconomiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pêche commerciale ✓ Emploi dans le tourisme, ✓ Tonnage de fret ✓ Extraction des ressources hydriques ✓ Premières nations ✓ Densité de population ✓ Parcs et zones culturelles 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Été ou ✓ Hiver 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Non atténué ou ✓ Intervention simple ou ✓ Taux de rencontre amélioré
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fond marin ✓ Littoral 	<p>Milieu physique</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Littoral ✓ Fond marin 		

Une carte de PdX pour un déversement de niveau 1 à la surface de l'eau dans le port de Saint John, pour les espèces en péril en été et pour le scénario non atténué est donnée à titre d'exemple dans la **Figure 5-1**.

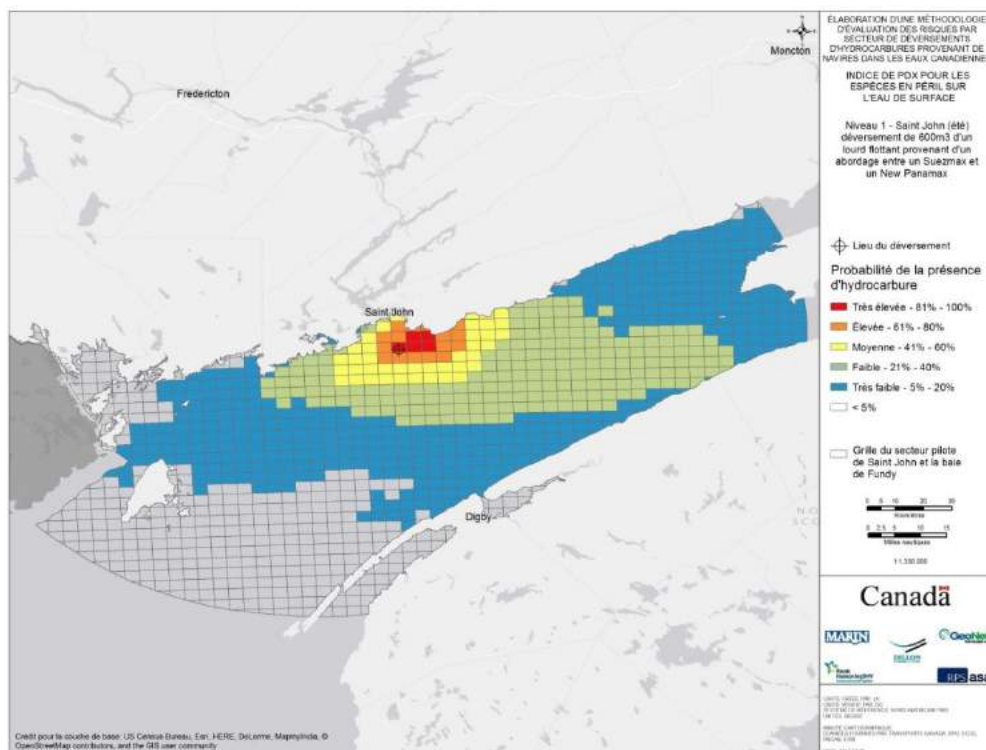


Figure 5-1: Carte de PdD donnée à titre d'exemple pour un déversement de niveau 1 près du port de Saint John: espèces en péril à la surface de l'eau, été (non atténué)

6.0 Phase 4: évaluation du risque

L'étape finale de la méthodologie d'ERS consiste à calculer l'indice de risque (IR) associé à un scénario de déversement d'hydrocarbure précis en intégrant les résultats des phases 1 à 3 à deux éléments de base, dont l'un est ensuite consolidé à partir de deux sous-éléments, comme illustré à la **Figure 6-1**:

1. **Fréquence d'exposition (FdX)**: Combine les résultats de la FdD de la phase 1 avec le PdX de la phase 3. Plus de détails sont fournis à la **section 6.1**.
2. **Conséquences de l'exposition (CdX)**: Conséquences selon l'impact sur les récepteurs de risque biologiques, physiques et socioéconomiques présents dans chaque couche de cellule où se trouvent des hydrocarbures. La méthodologie suivie pour calculer l'impact de l'hydrocarbure sur les divers récepteurs de risque est expliquée à la **section 6.2**.

La méthodologie permettant de combiner les trois (3) éléments pour calculer l'indice de risque (IR), comme présenté ci-dessous, est fournie à la **section 6.3**.

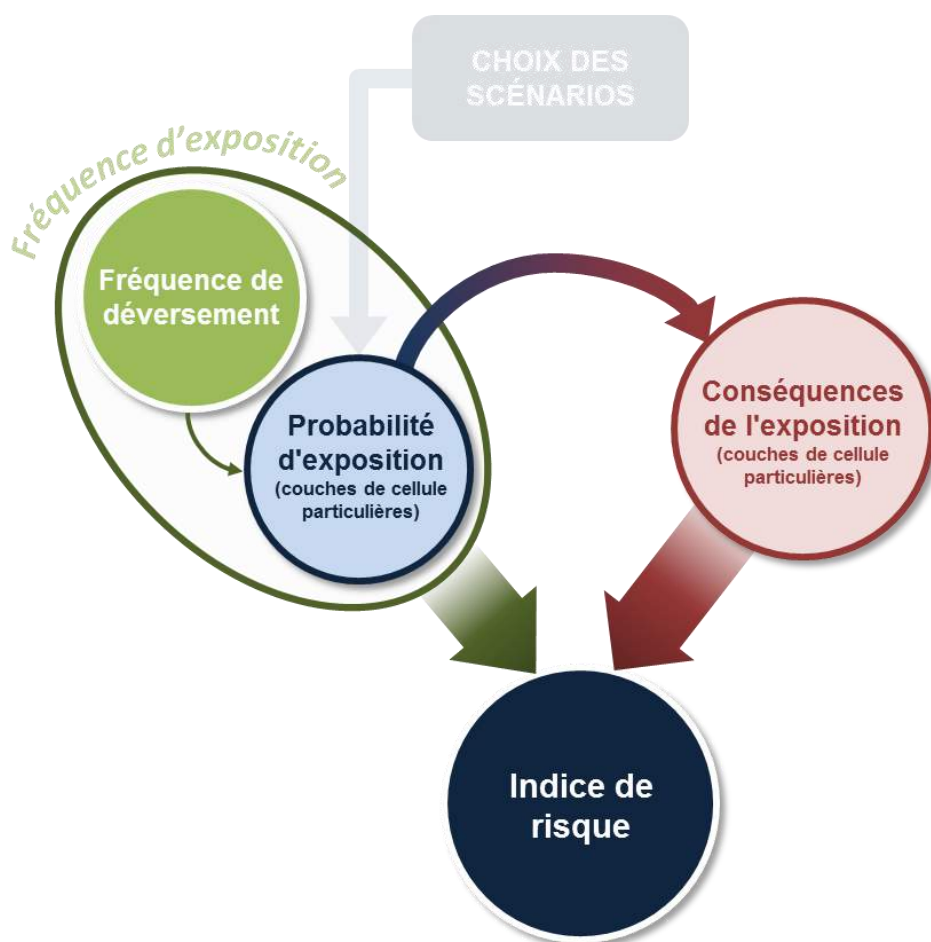











Figure 6-1: Méthodologie d'ERS, calcul des indices de risque

6.1 Fréquence d'exposition (FdX)

La FdX est la combinaison des indices de FdD et de PdX. Elles sont données comme de vraies unités: « Fréquence totale, FdD » et « Pourcentage, PdX », donnant une « Fréquence totale » d'exposition aux hydrocarbures qui est estimée pour chaque couche de chaque cellule dans le secteur d'étude. La FdX sert à calculer les indices de risque d'exposition aux hydrocarbures estimée pour chaque couche de cellules pour chaque cellule du secteur d'étude. Le **Tableau 6-1** montre les catégories, grilles d'indices, descriptions et codes couleur pour la FdX.

Tableau 6-1: Catégories de fréquence d'exposition (FdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur

Catégorie de FdX	Indice de FdX (Fréquence d'exposition annuelle)	Description	Code couleur
FdX-9	$2,846 \times 10^{-1}$	Très élevé	
FdX-8	$2,214 \times 10^{-2}$	Élevé	
FdX-7	$1,581 \times 10^{-3}$	Moyen	
FdX-6	$9,487 \times 10^{-4}$	Faible	
FdX-5	$3,162 \times 10^{-5}$	Très faible	
FdX-4	$2,214 \times 10^{-7}$	Extrêmement faible	
FdX-3	$1,581 \times 10^{-8}$	Marginal	
FdX-2	$9,487 \times 10^{-10}$	Négligeable	
FdX-1	$3,162 \times 10^{-11}$	Improbable	

Il est important de remarquer que les indices de FdX sont spécifiques à chaque récepteur de risque dans chaque couche de cellule à cause des seuils d'hydrocarbure particuliers du récepteur (ou de la couche) qu'on utilise pour calculer la PdX (pour plus de détails se reporter à l'**Annexe E**).

6.2 Conséquence de l'exposition (CdX)

L'étape suivante consiste à calculer les conséquences du déversement d'hydrocarbure, appelées « conséquences de l'exposition (CdX) » dans la méthodologie d'ERS. L'utilisateur peut déterminer les conséquences d'un déversement d'hydrocarbure pour les trois (3) catégories de *récepteurs de risque* suivantes:

1. Sensibilités biologiques: espèces biologiques en péril⁹ et habitats pouvant être touchés par un déversement d'hydrocarbure. S'il existe des données propres aux espèces, elles peuvent être intégrées à la méthodologie.
2. Milieu physique: Principaux attributs physiques de la surface de l'eau, de la colonne d'eau et du fond marin, littoral compris.

⁹ Pour une liste complète des sensibilités biologiques prises en compte dans ce cadre, se reporter au **Tableau F-2** de l'**Annexe F**.

- Facteurs socioéconomiques: Utilisation humaine des ressources telles que la pêche commerciale, les Premières Nations, l'utilisation de l'eau, le tourisme et autres activités et/ou sites importants des collectivités côtières.

Si un récepteur de risque précis est censé être présent dans le maillage correspondant d'une cellule, un indice de CdX est calculé. L'indice de CdX reflète la présence et le type de récepteur de risque dans un maillage spécifique, soit, essentiellement, la sensibilité du récepteur de risque à l'hydrocarbure. **Il ne représente pas le niveau d'effet sur l'hydrocarbure.**

La grille d'indice de la conséquence d'exposition s'appuie sur le principe de l'équipartition de l'importance selon une échelle à 5 niveaux allant de « Très faible » à « Très élevé », ce qui donne la grille d'indice de la CdX, présentée dans le **Tableau 6-2**.

Tableau 6-2: Catégories de conséquences d'exposition (CdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur

Catégorie de CdX	Indice de CdX	Description	Code couleur
COE-5	16	Très élevé	
COE-4	8	Élevé	
COE-3	4	Moyen	
COE-2	2	Faible	
COE-1	1	Très faible	

L'échelle de l'indice de CdX équivaut à une équipartition de l'importance; par exemple, le passage de CdX-1 à CdX-2 se traduit par $(2-1)/1 = 100\%$ d'augmentation en importance. De même, le passage de CdX-4 à CdX-5 se traduit par $(16-8)/8 = 100\%$ d'augmentation en importance.

6.3 Indice de risque (IR)

Comme le montre la **Figure 6-1**, l'indice de risque est calculé en multipliant l'indice de FdX par l'indice de CdX correspondant. Pour calculer l'indice de risque dans chaque cellule, une synthèse des couches de cellule doit être faite en vue du calcul final. Pour être sûr que les trois récepteurs de risque contribuent à part égale à l'indice de risque dans une cellule donnée, les indices de risque individuels dans les diverses catégories de récepteurs de risque présents dans les couches sont synthétisés comme l'indique la **Figure 6-2** pour une cellule sans littoral et la **Figure 6-3** pour une cellule avec littoral.

Les indices de risque sont synthétisés de la façon illustrée par la **Figure 6-2** et la **Figure 6-3** pour une autre raison, qui est liée à la variation des sensibilités du seuil des hydrocarbures dans les récepteurs de risque.

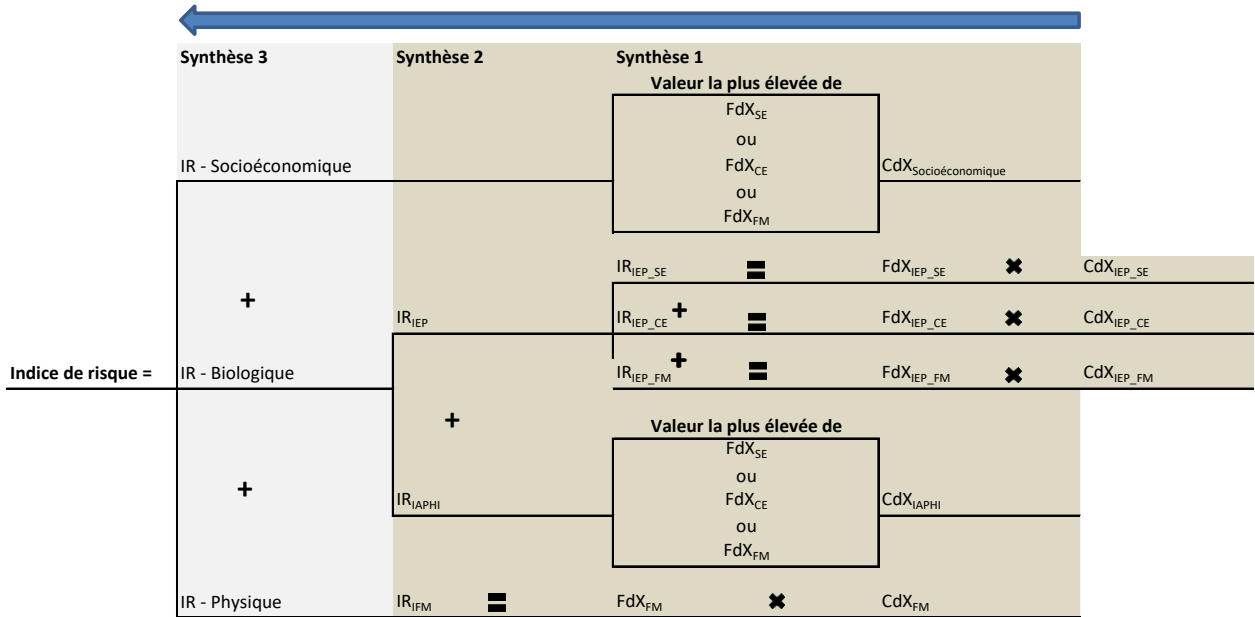


Figure 6-2: Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule sans littoral

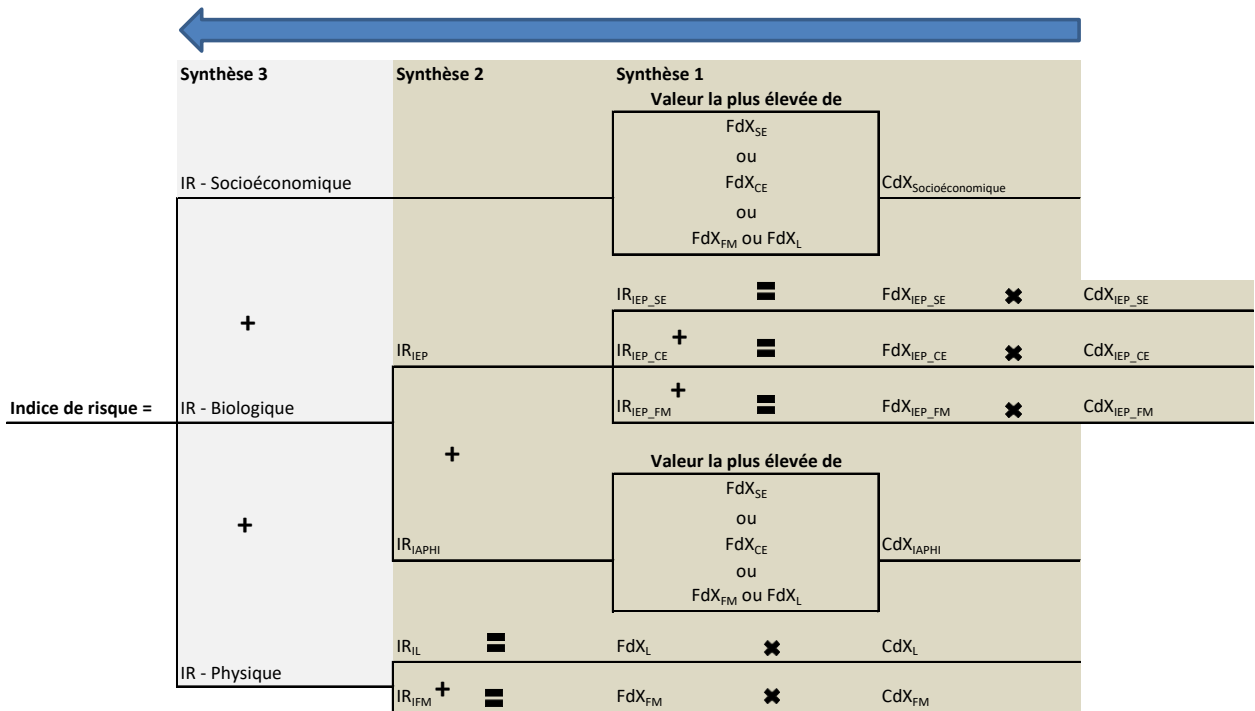


Figure 6-3: Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule avec littoral

Dans chaque cellule, les indices de risque (IR) sont identifiés avec un code couleur correspondant comme le montre le **Tableau 6-3**. Une carte d'indice de risque pour un déversement de niveau 1 dans le port de Saint John, en été, pour un scénario non atténué est montrée à titre d'exemple dans la **Figure 6-4**.

Tableau 6-3: Catégorie d'indice de risque (IR), descriptions et codes couleur

Catégories d'indice de risque (IR)	Description	Code couleur
IR-8	Très élevé	Rouge
IR-7	Élevé	Orange
IR-6	Moyen	Jaune
IR-5	Faible	Vert clair
IR-4	Très faible	Bleu clair
IR-3	Extrêmement faible	Violet clair
IR-2	Marginal	Violet
IR-1	Négligeable	Violet foncé

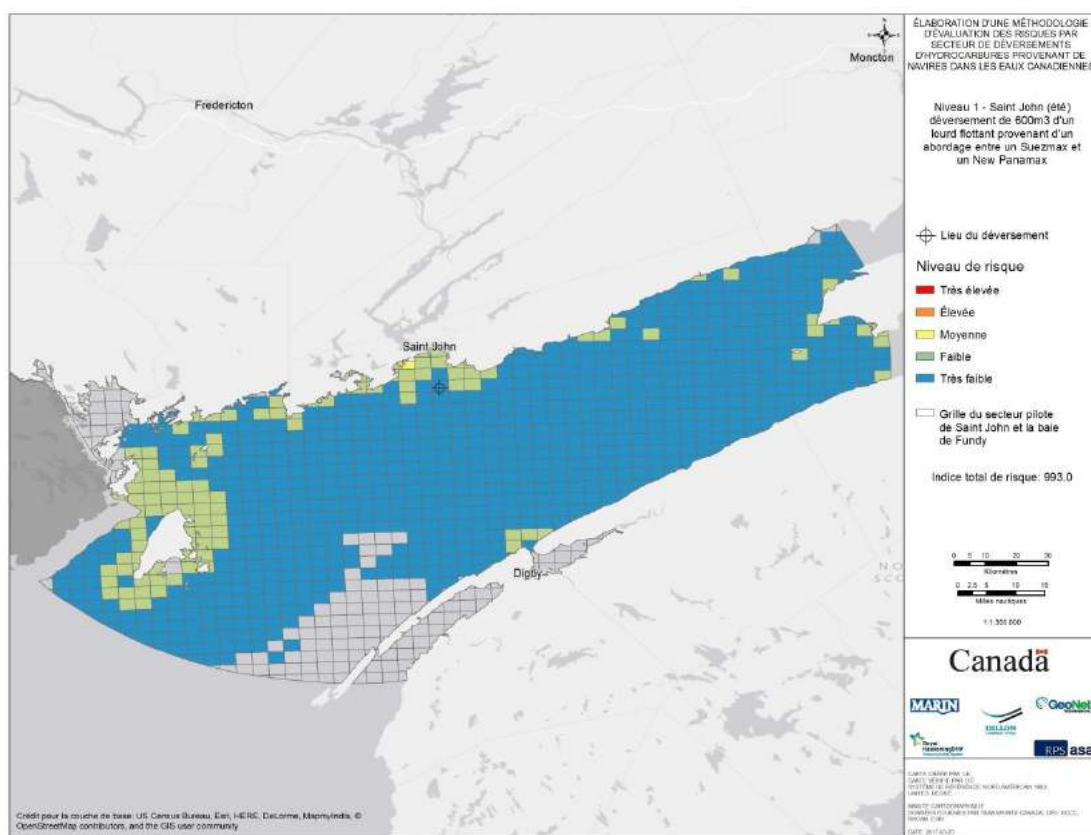


Figure 6-4: Exemple de carte d'indice de risque: déversement de niveau 1 près du port de Saint John, en été (non atténué)

7.0 Références

Gouvernement du Canada. (Mars 2013). *Comité d'experts sur la sécurité des navires-citernes (CESN)*.

Normes sur les organismes d'intervention [Rapport] / aut. Transports Canada. Ottawa: Direction générale de la sécurité maritime, Transports Canada, 1995.

Transports Canada. (1995). *Normes sur les organismes d'intervention*. Ottawa, Direction générale de la sécurité maritime, Transports Canada.

Transports Canada. (2005). Règlement sur la sécurité de la navigation, DORS/2005-134. *Loi sur la marine marchande du Canada, 2001*. Ottawa, ON, Canada: Gouvernement du Canada.

ONU. (1994). *Convention des Nations Unies sur le droit de la mer*. New York, NY: Nations Unies.

Annexe A

Lexique

Terme	Définition
Accident	Accident causé directement par la manœuvre d'un navire autre qu'un bâtiment de plaisance, au cours duquel le navire coule, sombre ou chavire, subit une collision (abordage, heurt ou contact), subit un incendie ou une explosion, s'échoue, subit des avaries qui compromettent sa navigabilité ou le rendent inutilisable aux fins prévues, est porté disparu ou est abandonné. Accident Référence : http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/marine/2015/ssem-ssmo-2015.asp#3.0
Politique d'admission	Règlement spécifiant quels navires et quels types de navires peuvent entrer dans les eaux canadiennes. Admission Policy
Aides à la navigation	Dispositifs ou systèmes externes à un navire, prévus pour aider les navigateurs à déterminer sa position et son cap, les avertir des dangers ou des obstacles et les informer du meilleur itinéraire ou de l'itinéraire préférable. Aids to Navigation
Heurt	Choc ou impact d'un navire en mouvement contre un navire stationnaire (amarré ou à l'ancre). Allision
Zone de mouillage	Zones identifiées sur les cartes locales, dans les instructions de navigation et les avis aux navigateurs comme des emplacements propres à l'ancrage des navires qui attendent d'entrer ou de quitter un port, un chenal, un canal ou une voie navigable. Anchoring Area
Procédures d'approche et d'amarrage	Des mesures visant à éviter les déversements d'hydrocarbures lors de la manutention de cargaisons. De manière générale, elles ne sont pas propres à chaque port. Approach and Mooring Procedures
Atmosphère	Processus et phénomène en lien avec l'atmosphère Exemples : couverture nuageuse, climat, conditions atmosphériques, changements climatiques, précipitations. Atmosphere
Systèmes d'identification automatique (AIS)	Un système embarqué de diffusion à bord d'un navire, fonctionnant dans le domaine radio des très hautes fréquences (VHF), qui permet d'identifier les bâtiments d'intérêt et de connaître leur nom, leur position (avec la précision d'un GPS ou d'un GPS différentiel), leur taille réelle et leur cap. Le AIS échange, par voie électronique, des données avec d'autres navires voisins, les stations de base du AIS et les satellites. Le AIS par satellite (S-SIA) indique que des satellites servent à détecter les signatures AIS. Automatic Identification System (AIS and S-AIS)
Barrières	Également appelées contrôles, les barrières aident à prévenir ou réduire l'effet d'un événement principal (p. ex. un remorqueur-incendie peut aider à éteindre un feu sur un navire (barrière préventive); un plan d'intervention en cas d'incident peut aider à réduire l'impact d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire (barrière réactive)). Barriers
Limites	Descriptions officielles des terres Exemples : frontières politiques et administratives, limites marines, frontières internationales. Boundaries
Combustible de soute	Le produit pétrolier utilisé ou stocké pendant le transport par le navire pour son propre fonctionnement. Bunker Oil
Zones d'ancrage ou jetées	Zones situées le long de voies de navigation, y compris les zones entourant les bouées d'amarrage à point unique et les jetées, mais à l'exclusion des jetées et unités de déchargement situées à l'intérieur des ports. Buoy / Jetty Areas

Terme	Définition
Hydrocarbures de cargaison	Les produits pétroliers transportés par le navire en tant que cargaison. Cargo Oil
Taux d'accidents	Variable du modèle SAMSON représentant la probabilité qu'une exposition mène à un accident. Casualty Rate
Abordage	Le terme abordage dans le modèle SAMSON fait référence à un abordage entre deux navires. Collision
Conséquences	Un événement potentiel résultant de la perte de contrôle du risque ou du danger. Peut-être déclenché par un événement principal (p. ex. effondrement des installations d'aquaculture locales à cause d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire). Consequences
Voies de navigation convergentes	Endroit où se rencontrent deux étendues d'eau ou plus, également mentionné comme confluent. Le terme peut être utilisé pour décrire la rencontre d'étendues d'eau tidales ou autres (comme deux canaux) ou la rencontre de deux cours d'eau ou plus. Converging Waterway
Contre-mesures nécessitant approbation	Toute technique nécessitant une approbation et dont la réussite est assujettie à divers critères établis. En général, le processus d'approbation passe par une analyse des avantages environnementaux nets (NEBA). Les contre-mesures nécessitent l'usage d'équipement spécialisé : barrages résistants au feu, mécanisme d'allumage, mécanismes d'étalement, réserves de dispersant, etc. Countermeasures Requiring Approvals
Milles de danger	La distance totale des principales routes où un contact avec un objet se produit à la suite d'une erreur de navigation ou d'une avarie du moteur. Danger Miles
Dégradation	Hydrocarbure changé chimiquement ou biologiquement en d'autres composés. Degradation
Dispersants	Agents chimiques épandus sur le déversement pour favoriser la décomposition physique ou chimique du produit en vue de le répartir dans la colonne d'eau. Dispersants
Dissolution	Composants solubles de l'hydrocarbure dissous dans l'eau. Dissolution
Double coque	Un modèle et une méthode de construction consistant à doter le fonds et les murailles du navire de deux couches complètes de surface étanche : une couche extérieure formant la coque normale du navire et une deuxième couche intérieure, située à une certaine distance de l'autre (généralement 1 ou 2 m) et formant une barrière de secours contre l'eau de mer lorsque la coque extérieure est endommagée au point de laisser passer l'eau. Double Hull
Système de positionnement dynamique	Un système informatique qui maintient automatiquement la position et le cap du navire en commandant aux hélices et aux propulseurs de ce dernier. Associés aux capteurs de mesure du vent, aux détecteurs de mouvement et aux compas gyroscopiques, les capteurs de repérage et de mesure de position envoient à l'ordinateur des données sur la position du navire ainsi que sur la magnitude et la direction des forces environnementales qui l'influencent. Dynamic Positioning System
Le système électronique de visualisation des cartes marines (SEVCM)	Un système d'information sur la navigation qui permet d'accepter des mesures auxiliaires adéquates en respectant les règlements de l'Organisation maritime internationale. Le système affiche des informations sélectionnées à partir d'une carte électronique de navigation de système (SENC) qui

Terme	Définition
Carte électronique de navigation (CEN)	comprend des données de positionnement données par les capteurs de navigation afin d'aider les navigateurs à planifier et surveiller leurs itinéraires et, au besoin, d'afficher d'autres informations sur la navigation. Peut servir de solution de rechange aux cartes marines sur support papier. Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) La navigation électronique est la collecte, l'intégration, l'échange, la présentation et l'analyse harmonisés de l'information maritime à bord et à terre, par voie électronique, pour améliorer la navigation d'un poste d'amarrage à l'autre et les services connexes, aux fins de la sûreté et de la sécurité en mer et de la protection de l'environnement marin. Electronic Navigation (ENAV)
Élévation	Hauteur au-dessus ou en dessous du niveau de la mer Exemples : altitude, bathymétrie, modèles altimétriques numériques, dénivelés, produits dérivés, MAN (modèle altimétrique numérique), TIN (réseau triangulé) Elevation
Mouillage d'urgence	En cas de panne de moteur, l'une des procédures d'urgence consiste à jeter l'ancre. Cette manœuvre permet d'interrompre la trajectoire de dérive pour éviter que le navire vienne heurter une structure fixe ou un autre navire naviguant. Emergency Anchoring
Remorqueur de sauvetage ou d'urgence	Un remorqueur de haute mer, capable d'intervenir dans les pires conditions environnementales dans la zone de son déploiement pour effectuer un remorquage d'urgence lors d'un sinistre maritime. Emergency Towing Vessel (ETV)
Émulsion	L'eau se mélange à l'hydrocarbure, formant une matrice d'hydrocarbure comportant des gouttelettes d'eau. Emulsification
Rencontre Entraînement	Se produit lorsqu'un navire pénètre le domaine d'un autre navire. Encounter L'hydrocarbure de la nappe de surface est fragmenté en petites gouttelettes et amené sous l'eau par les vagues déferlantes. Entrainment
Conditions environnementales	Conditions de vent et de courant (dans le contexte du modèle SAMSON). Environmental Conditions
Événement intermédiaire	Circonstance ou événement qui aura vraisemblablement un effet sur l'efficacité de toute barrière mise en œuvre pour changer les conséquences (p. ex. conditions météorologiques contraires qui nuisent à l'intervention en urgence ou l'empêchent après déversement d'hydrocarbure). Escalation Factor
Évaporation	Les composés volatils se séparent de la nappe de surface sous forme de vapeur. Evaporation
Incendie/explosion	Événement se produisant sur un navire. Fire/Explosion
Remorqueur-incendie	Un bâtiment spécialisé, conçu spécifiquement pour lutter contre les incendies. Le navire est équipé de pompes et de lances prévues pour combattre des incendies sur le littoral et à bord des navires. Fire Fighting Tug
Coulage	Se remplit d'eau et coule sans interférence extérieure au navire. Founder
Fréquence	Le nombre d'occurrences d'un événement récurrent, par unité de temps (p. ex. le nombre total de déversements (accidents) attendus annuellement). Frequency

Terme	Définition
Vulnérabilité de l'habitat	La sensibilité d'un habitat aux effets potentiels d'un événement principal. Habitat Vulnerability
Danger	Un danger est une activité ou un élément nécessaire à l'exploitation, mais qui peut causer des dommages aux personnes, à l'environnement ou aux biens ou provoquer une perturbation sociale ou économique (p. ex. l'hydrocarbure est un danger en soi, car il a la capacité de nuire, cependant c'est une exigence pour la réussite d'entreprise pétrolière). Hazard
Hydrocarbures lourds flottants	Hydrocarbures ayant une densité API de 10 à 17. Comprend les hydrocarbures bruts lourds comme l'hydrocarbure brut Inglewood ainsi que les hydrocarbures lourds raffinés comme le mazout C et les IFO. On s'attend à une évaporation minimale, au plus 10 %, ainsi qu'à une dégradation minimale ou une dégradation s'étendant sur une longue période. Les flotteurs lourds très nocifs (comme le mazout C) se séparent en plaques et forment des boules de goudron au lieu de nappes. On s'attend à une contamination et un mazoutage envahissants des zones intertidales et des sédiments ainsi qu'à des effets négatifs graves sur les oiseaux marins et les mammifères à fourrure. Quelles que soient les conditions, il est très difficile de nettoyer les littoraux ainsi mazoutés. Heavy Floaters
Hydrocarbures lourds non flottants	Hydrocarbures ayant une densité API inférieure à 10. Comprend des hydrocarbures bruts très lourds comme le Boscan, des bitumes dilués ou non après évaporation du condensat (le plus souvent 24 heures après le déversement). La densité des hydrocarbures lourds non flottants est proche de celle de l'eau de mer et il y a une forte probabilité qu'ils puissent couler. On s'attend à une contamination et à un mazoutage importants dans les sédiments du fond marin et la région intertidale. Très difficile à ramasser et à nettoyer une fois qu'ils ont coulé; le plus souvent les techniques de nettoyage peuvent endommager l'environnement autant que les hydrocarbures. Heavy Sinkers
Avarie de la coque	Avarie de la coque qui peut amener un déversement d'hydrocarbure ou de cargaison. Hull Failure
Brise-glace	Tout navire dont le profil opérationnel peut comprendre des fonctions d'escorte ou de gestion de la glace et dont la motorisation et les dimensions lui permettent d'entreprendre des opérations énergiques dans des eaux couvertes de glace. Ice Breaker
Régime des glaces	Le régime des glaces vise à fournir l'information la plus exacte et la plus utile qui soit sur les glaces dans les eaux navigables du Canada, par l'intermédiaire de cartes et de bulletins sur les glaces et les icebergs, d'images des glaces et de cartes de référence. Ces outils aident les navigateurs à planifier leurs itinéraires et à repérer les zones de mouillage là où les concentrations de glace sont importantes. Le régime des glaces aide la Garde côtière canadienne (GCC) à optimiser le déploiement de sa flotte de brise-glaces. Il lui permet de placer ses bâtiments dans les zones de mouillage critiques pour éviter la formation d'embâcles susceptibles de bloquer les voies de navigation. Ice Regime

Terme	Définition
Incident	<p>1) Le navire touche le fond de façon inattendue sans s'échouer; accroche un câble ou un tuyau d'un service public, ou un oléoduc sous-marin; est impliqué dans un risque de collision; subit une panne totale a) de l'équipement de navigation si la défaillance menace la sécurité d'une personne, d'une propriété ou de l'environnement, b) des moteurs principaux ou auxiliaires, c) de la propulsion, du gouvernail ou des machines de pont si la défaillance menace la sécurité d'une personne, d'une propriété ou de l'environnement.</p> <p>2) La totalité ou une partie de la cargaison du navire se met à riper ou passe par-dessus bord.</p> <p>3) Le navire est à l'ancre, échoué ou à sec pour éviter un accident.</p> <p>4) Des marchandises dangereuses se répandent à bord du navire ou il y a production de radiations supérieure au niveau admissible précisé dans la partie 8 du Règlement sur le transport des marchandises dangereuses. Incident</p> <p>Référence : http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/marine/2015/ssem-ssmo-2015.asp#3.0</p>
Brûlage in situ	Brûlage contrôlé de l'hydrocarbure sur les lieux du déversement. In-situ Burning
Risque inhérent	Le risque qui existe avant qu'on n'applique les barrières (contrôles) destinées à le réduire ou à l'éliminer. Inherent Risk
Hydrocarbures légers volatils	Hydrocarbures ayant une densité API supérieure à 45. Comprend l'essence et les carburateurs. Les hydrocarbures sont hautement volatils et s'évaporeront sans doute en un ou deux jours. Impacts significatifs et localisés sur la colonne d'eau et la zone intertidale. En général, aucune intervention ou aucun nettoyage possible. Light Evaporators
Avarie de machinerie	Défaillance du système de commande de gouvernail sur un navire. Machinery Failure
MARCOL	Outil d'analyse quantitative du risque servant à analyser les abordages (conçu par Marin). MARCOL
Événement maritime	<p>a) Tout accident ou incident associé à l'utilisation d'un navire et b) toute situation ou condition dont le BST peut raisonnablement penser qu'elle puisse, à défaut de mesures correctives, causer un accident ou un incident (voir la définition de ces deux termes). Marine Occurrence</p> <p>Référence : http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/marine/2015/ssem-ssmo-2015.asp#3.0</p>
Information sur la sécurité maritime	Information sur la sécurité marine ou maritime (MSI) est un réseau international coordonné de diffusion des informations sur la sécurité maritime. Ces informations se composent d'avertissements à la navigation (p. ex. amarages en dehors de la position normale), d'informations météorologiques (p. ex. prévisions et avertissements) et de signaux de détresse. Le MSI fait partie du Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM). Marine Safety Info
Confinement et détournement mécanique	Barrière de sécurité (barrage flottant ou fixe, digue, système pneumatique) construite ou installée pour confiner l'hydrocarbure, l'empêcher de s'étaler ou de se remettre en mouvement, ou le détourner vers une zone de récupération ou à l'écart d'un élément sensible ou d'une ressource vulnérable. Mechanical Containment and Diversion

Terme	Définition
Hydrocarbures intermédiaires volatils	Hydrocarbures ayant une densité API de 17 à 45 et une pression de vapeur Reid supérieure à 3 kPa. Comprend les hydrocarbures bruts légers et intermédiaires ayant un fort pourcentage de fractions légères comme le Bakken, les hydrocarbures bruts synthétiques comme le Syncrude et l'Husky Synthetic. De 30 à 60 % de l'hydrocarbure s'évaporera. Contient une concentration importante de composés toxiques solubles dans l'eau et peut mener au mazoutage de la zone intertidale et du gibier d'eau avec des impacts à long terme potentiels. Les activités d'intervention peuvent être très efficaces dans la récupération des hydrocarbures et la limitation des impacts sur l'environnement. Medium Evaporators
Hydrocarbures intermédiaires flottants	Hydrocarbures avec une densité API de 17 à 45 et une pression de vapeur Reid supérieure ou égale à 3 kPa. Comprend des hydrocarbures bruts intermédiaires et légers, comme l'Arab Light et le Lloydminster, ainsi que du diesel et de l'essence. Environ 30 % de l'hydrocarbure s'évaporera dans les premières 24 heures du déversement. Le mazoutage de la zone intertidale peut être très conséquent, causant des effets à long terme. Impacts importants sur les oiseaux marins et les mammifères à fourrure. L'intervention est efficace si la mobilisation et le déploiement suivent de près le déversement. Medium Floaters
Récupération naturelle	Processus proactif de prise de décision dans des conditions marquées, par exemple, par l'absence ou la quasi-absence de mouvement prévu vers la côte; l'absence de menace pesant sur des ressources importantes; la décomposition ou la dispersion naturelle de l'hydrocarbure; des caractéristiques telles que les mesures d'intervention risquent d'empirer la situation ou sont inenvisageables et imposent l'inaction. Natural Recovery
Trafic non assujetti à une route	Des bâtiments qui accomplissent une mission en mer, comme les bateaux de pêche, les navires de ravitaillement et les remorqueurs qui ne suivent pas un réseau défini. Non-Route Bound Traffic
Océan, mer, lac, rivière – récupération dans le lit	Employée pour les hydrocarbures immergés, cette technique comprend généralement des activités de récupération par pompage ou dragage ou, dans le cas de petites nappes d'eau peu profondes, de récupération mécanique. Le pompage et le dragage se limitent également à des applications peu profondes en raison de la viscosité élevée du produit et des limites mécaniques (p. ex. aspiration, capacité de la benne, etc.). Ocean, Sea, Lake, River – Water Bed Recovery
Étalement des hydrocarbures	Étalement et amincissement des nappes de surface sous l'action des forces de gravitation et de la tension superficielle. Oil Spreading
Types d'hydrocarbures (« classement des risques »)	Les types d'hydrocarbures comprennent les hydrocarbures volatils légers ou intermédiaires, les hydrocarbures flottants intermédiaires ou lourds et les hydrocarbures lourds non flottants. Oil Types (“Hazard Classification”)
Sur l'eau ou récupération à la surface	La récupération de produits flottants en eaux libres, qui comprend l'utilisation de sorbants. On Water or Surface Recovery
Voie de navigation ouverte	Une voie navigable artificielle construite pour transporter de l'eau, pour irriguer ou assécher la terre, pour connecter deux étendues d'eau ou plus ou pour servir de voie de navigation pour les embarcations. Également appelée canal ou passage. Open Waterway

Terme	Définition
Scénario P50	La médiane statistique (50 ^e centile ou P50) des déversements d'hydrocarbures. P50 Scenario
Scénario P90	Le 90 ^e centile supérieur de la taille d'un déversement d'hydrocarbure. Représente le seuil supérieur de la taille d'un déversement plausible. P90 Scenario
Pilotage	Les services d'un pilote maritime qui dirige le navire dans la zone de pilotage en se servant de la connaissance des chenaux, des aides à la navigation, des dangers pour la navigation, etc. dans un secteur particulier pour lequel le pilote est certifié. Pilotage
Risque	Incertitude négative ou positive sur le résultat. Risk
Risque résiduel	Le risque qui subsiste après que toutes les barrières ont été appliquées. Residual Risk
Récepteur de risque	Zones et entités pouvant être touchées par l'événement principal (public, environnement, économie, animaux, etc.). Risk Receptor
Indice de risque	La probabilité multipliée par la gravité. Risk Score
Tolérance de risque	La quantité de risque qu'un organisme ou une entité peut accepter pour atteindre ses objectifs. Risk Tolerance
Trafic assujéti à une route	Le trafic maritime qui suit une route précise. Route-bound Traffic
Lieu de refuge	Les refuges sont destinés aux navires qui ont besoin d'aide, sans pour autant que des vies humaines soient en danger. Safe Haven of Refuge
Distances de sécurité	Zone minimale de sécurité aménagée autour d'un navire, dans laquelle aucun autre trafic n'a le droit de pénétrer. Safety Distances
Modèle SAMSON	Le Modèle d'évaluation de sécurité pour la navigation et les secteurs extracôtiers dans la mer du Nord (SAMSON). À l'aide des données du SIA et des statistiques sur les accidents marins, calcule la probabilité qu'un accident maritime survienne ainsi que la probabilité pour que cet accident mène à un déversement d'hydrocarbure à partir du navire. Le modèle détermine aussi la quantité d'hydrocarbure qui s'échappera du navire. SAMSON Model
Absorption dans les sédiments	Les hydrocarbures adhérant aux particules en suspension dans l'eau qui se déposent sur le fond marin. Absorption into Sediment
Gravité	Niveau mesurable de l'effet d'un événement. Dans la gestion du risque, la gravité est calculée selon une échelle allant de faible à élevé. Severity
Indice de gravité	Indice qui classe la gravité d'une conséquence précise ou d'un facteur de récepteur de risque. Severity Score
Qualité du navire	Compétence de l'équipage et fiabilité des systèmes embarqués. Ship Quality
Littoral (zone)	Le littoral constitue la zone allant de la basse mer inférieure grande marée (BMIGM) à la pleine mer supérieure grande marée (PMSGM). La basse mer inférieure grande marée (BMIGM) est la moyenne annuelle des basses eaux les plus faibles pour les 19 années de prédictions des marées. Sur les cartes canadiennes, c'est aussi le niveau de référence et elle sert de point de référence pour la profondeur. Dans les eaux tidales c'est la plus petite hauteur atteinte par les eaux. La pleine mer supérieure grande marée (PMSGM) est la moyenne annuelle des hautes eaux les plus élevées pour les 19 années de prédictions des marées. Dans

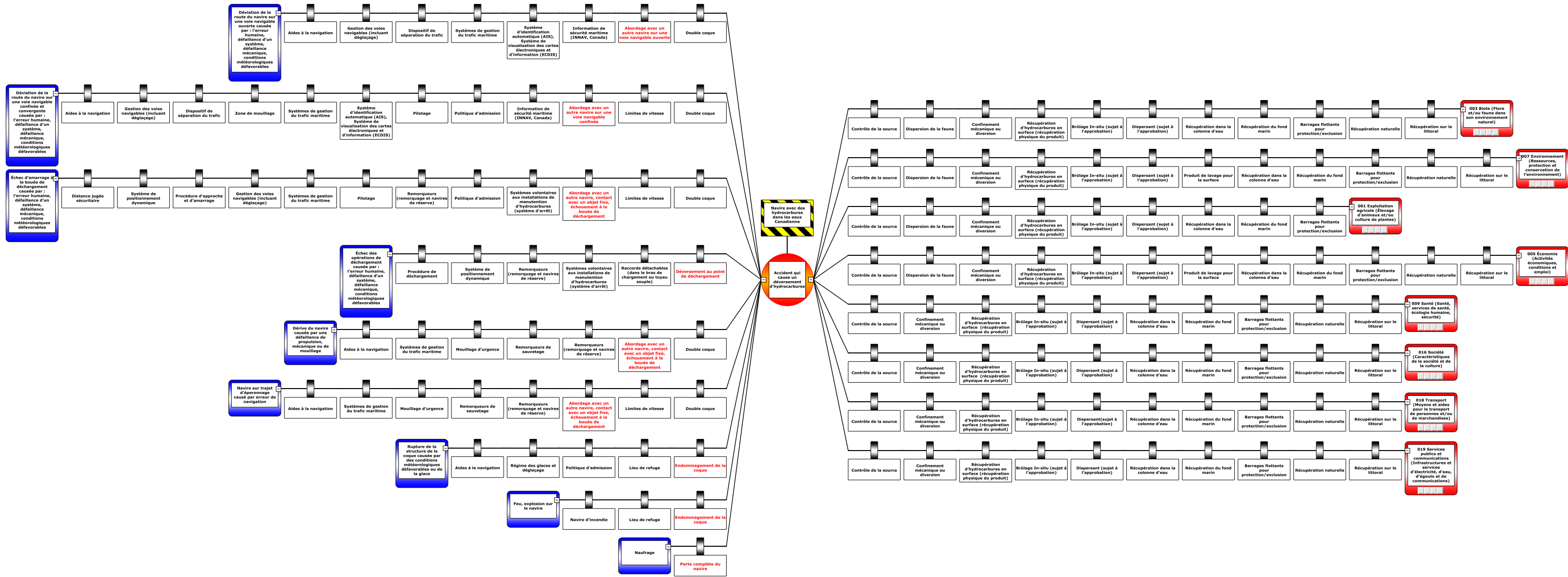
Terme	Définition
	les eaux tidales c'est la plus grande hauteur atteinte par les eaux. Shoreline (Area)
Récupération sur le littoral	Permet le rétablissement des conditions prévalant avant le déversement, mais dépend fortement du type de littoral. Shoreline Recovery
SIMAP	Application logicielle de modélisation par ordinateur qui évalue le devenir physique et les effets biologiques du déversement d'hydrocarbure. SIMAP
Socioéconomique	Concerne l'utilisation humaine des ressources à des fins sociales et économiques (p. ex. la pêche commerciale). Socio-Economic
Contrôle de la source	Première mesure privilégiée pour « empêcher » la pénétration continue du produit dans l'environnement. Cette activité comprend des processus de prise de décision concernant les ports ou les lieux de refuge ou visant à transformer l'emplacement de la source de manière à faciliter l'intervention ou la protection d'une ressource importante. Source Control
Classe de taille de déversement	Domaines de volume des catégories d'écoulement d'hydrocarbure de soute ou en cargaison (en mètres cubes). Catégorie 1 : 0,01-20 / 0,01-20 Catégorie 2 : 20-150 / 20-50 Catégorie 3 : 150-750 / 50-150 Catégorie 4 : 750-3 000 / 150-500 Catégorie 5 : 3 000-10 000 / 500-750 Catégorie 6 : 10 000-30 000 / 750-1500 Catégorie 7 : 30 000-100 000 / 1 500-3000 Catégorie 8 : 100 000-999 999 / 3 000-999 999 Spill Size Class
Modèle stochastique	Outil permettant d'estimer les distributions de probabilité des résultats potentiels en faisant varier aléatoirement une ou plusieurs entrées en fonction du temps. Par exemple, plusieurs exécutions de la trajectoire d'un déversement d'hydrocarbure aux conditions environnementales variables (conditions de vent et de courant) à différents moments de début de déversement, choisis aléatoirement. Stochastic model
Agents de nettoyage de surface (« surfactifs »)	Agents de traitement chimique (à distinguer des dispersants) dont l'action est de libérer l'hydrocarbure de la surface pour faciliter le processus de récupération pour les littoraux. Surface Washing Agents ("Surfactants")
Menaces : (« Incident ») Événement principal (« Accident »)	Facteurs pouvant causer l'événement principal (p. ex. incendie ou explosion à bord d'un navire). Threats ("Incident") Événement causant une perte de contrôle à la suite d'un danger. Les caractéristiques indésirables du danger sont maintenant visibles. Toutefois, les impacts sur les récepteurs de risque ne se sont pas encore manifestés (p. ex. un accident menant à un déversement d'hydrocarbure). Top Event ("Accident")
Période totale de retour	Le nombre moyen d'années écoulées entre deux déversements d'une certaine taille est la période de retour ou intervalle de récurrence. Total Return Period
Dispositifs de séparation du trafic (DST)	Dispositif destiné à réduire le risque d'abordage dans les secteurs encombrés ou dans ceux où les trajectoires convergent en séparant le trafic qui se déplace dans des directions opposées ou quasi-opposées. Traffic Separation Schemes (TSS)

Terme	Définition
Remorqueur	Petit navire puissant, utilisé pour remorquer (en tirant ou en poussant) les navires, plus particulièrement dans les ports ou en remontant les cours d'eau. Un remorqueur peut être équipé pour servir en secours, il est alors pourvu de lignes déjà fixées, dans la plupart des cas, mais le navire est encore manœuvrant; le remorqueur n'intervenant qu'en cas d'incident. Tug
Système de gestion du trafic maritime (« services de trafic maritime »)	Système côtier pouvant aller de l'envoi de simples messages d'information aux navires (position ou autre avertissement sur le trafic ou la météo) à la gestion étendue du trafic dans un port ou une voie d'eau. Vessel Traffic Management System (“Vessel Traffic Services”)
Vaporisation Mesures volontaires aux installations de manutention d'hydrocarbures	L'hydrocarbure dissous rentre dans l'atmosphère en phase gazeuse. Volatilization Il s'agit de diverses mesures volontaires prises dans les installations de manutention d'hydrocarbures (IMH) et pouvant inclure, entre autres : l'âge maximum des navires autorisés à accoster à l'IMH, le contrôle privé des navires, les itinéraires de navigation obligatoires, et les restrictions météorologiques pour l'accostage et les opérations de transfert de cargaison. Voluntary Measures at Oil Handling Facilities
Vulnérabilité	Incapacité à supporter les effets d'un accident. Vulnerability
Récupération dans la colonne d'eau (« récupération sous-surface »)	Récupération mécanique ou physique de produits dans la colonne d'eau demandant des tamis fins ou des matériaux plus grossiers qui sont employés pour tamiser ou retenir les hydrocarbures dégradés (boules ou plaques de goudron). Habituellement, cette méthode n'est employée que dans des cas particuliers et dans des eaux peu profondes. Water Column Recovery (“Sub-surface Recovery”)
Gestion des voies navigables	Il s'agit des services de surveillance et d'entretien assurés par la Garde côtière canadienne (GCC) dans le cadre du Programme de gestion des voies navigables pour garantir le déplacement sécuritaire, économique et efficace des navires en eaux canadiennes. Ces services contribuent au bon entretien de certains chenaux de navigation, réduisent les risques pour la navigation maritime et favorisent la protection de l'environnement. Waterways Management
Dispersion de la faune	Ensemble des tactiques réactives (p. ex. des dispositifs sonores destinés à éloigner les animaux) et proactives (p. ex. attirer avec de la nourriture vers d'autres sites) servant à « empêcher » la faune d'entrer en contact avec les hydrocarbures de surface. Bien que ces techniques soient surtout utilisées pour le gibier d'eau (aviaire), on pourrait les appliquer aux mammifères marins et à la faune du littoral (reptiles). Wildlife Hazing
Naufrage/échouement	Dans le modèle SAMSON, cette entrée définit un abordage entre un navire et un objet ou l'échouement d'un navire. Wrecked/Stranding

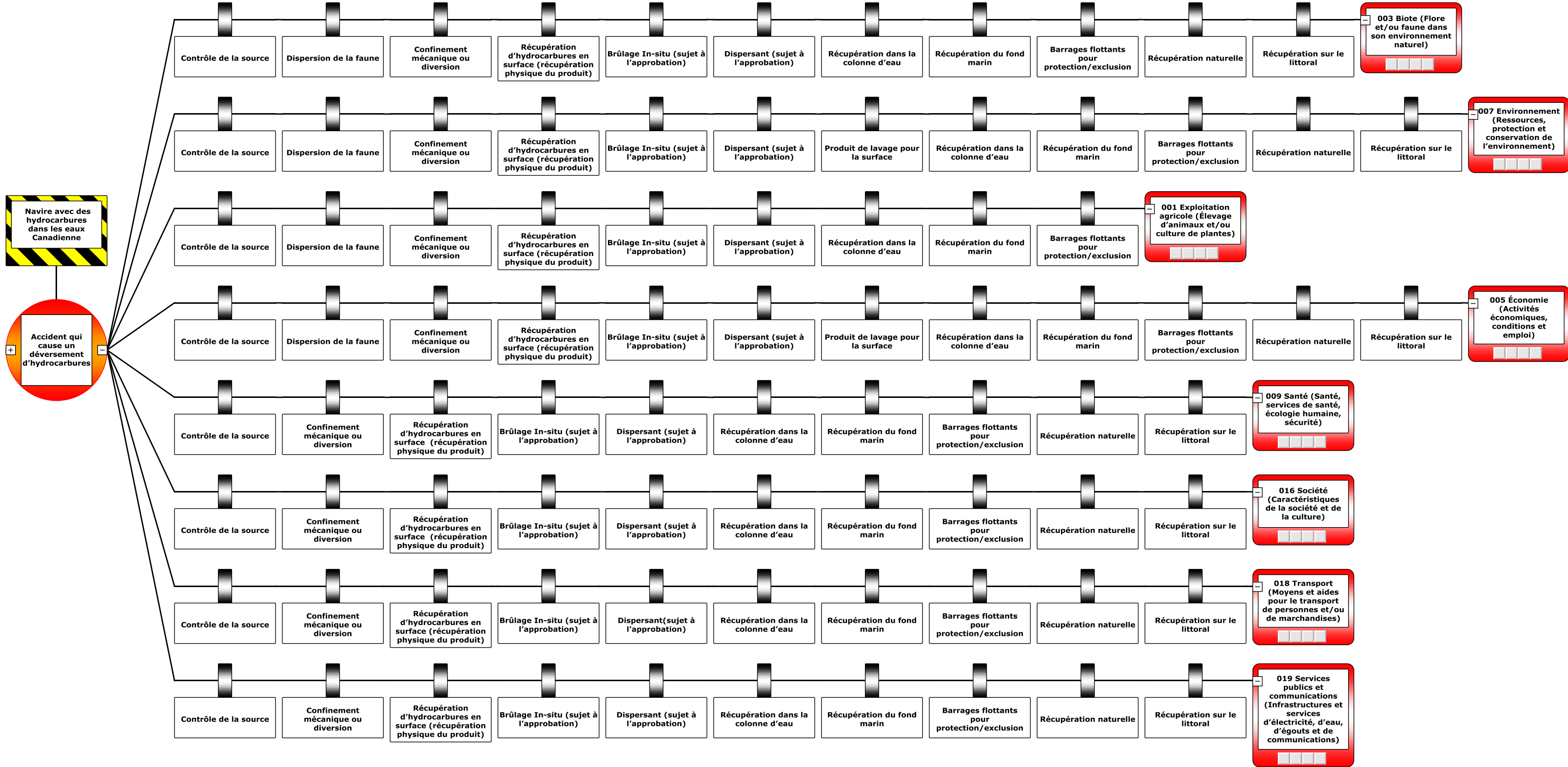
Annexe B

ERS par la méthode du nœud papillon

Nœud papillon de l'ERS

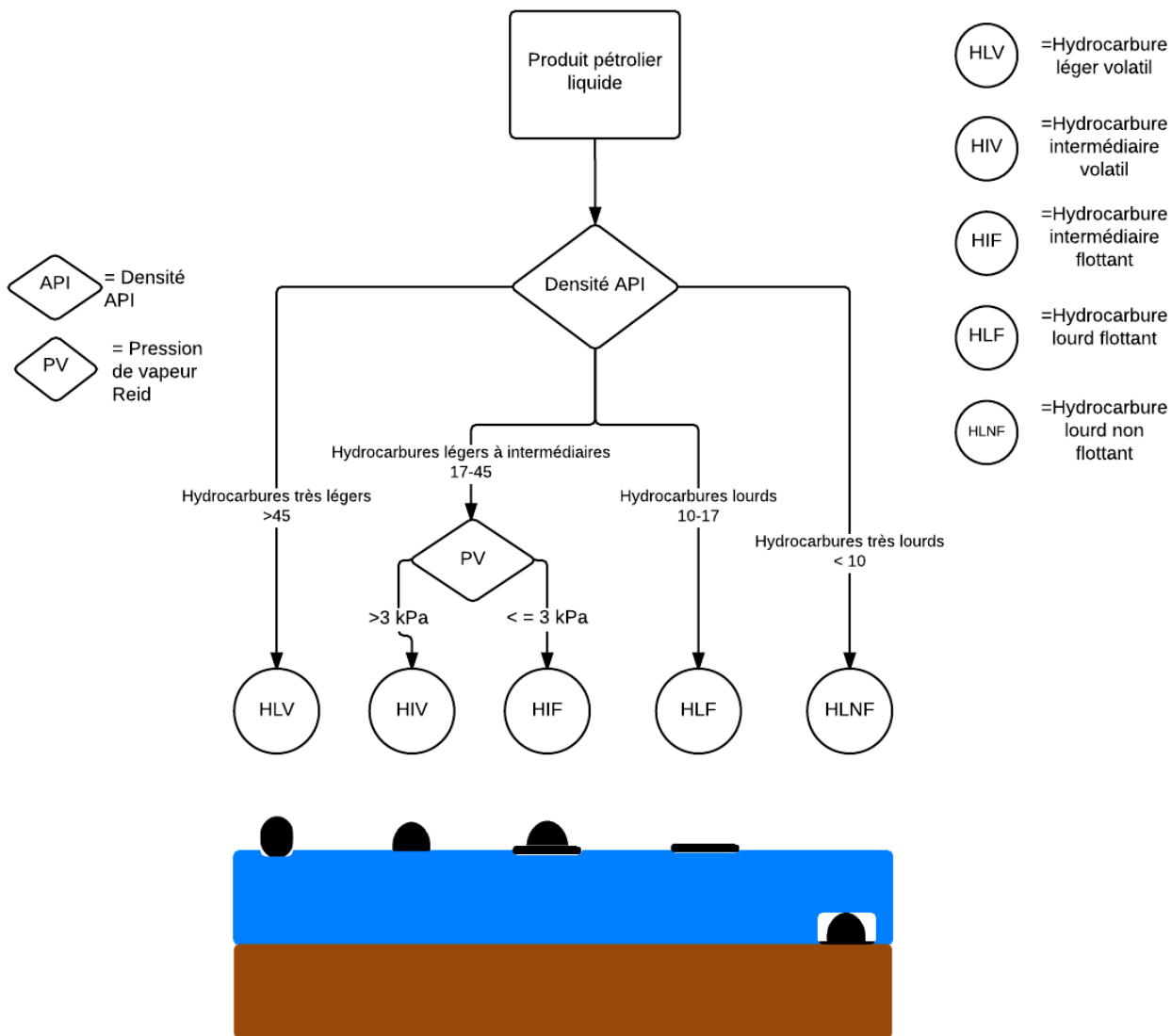


Côté droite du nœud papillon de l'ERS



Annexe C

Catégories d'hydrocarbure



Annexe D

Modèle de fréquence de déversement (FdD)

Table des matières

1.0	Introduction	1
1.1	Approche globale	3
2.0	Le modèle SAMSON	4
2.1	Entrées du modèle SAMSON	5
2.1.1	Trafic.....	5
2.1.2	Données environnementales	5
2.1.3	Barrières de prévention	6
2.1.4	Statistiques sur les incidents	8
2.1.5	Catégories de navire.....	8
2.1.6	Volumes et types d'hydrocarbure.....	10
2.2	Processus de calculs du modèle SAMSON	11
2.2.1	Modélisation du trafic maritime	11
2.2.2	Calcul de la fréquence d'incident	12
2.2.3	Calculer la fréquence de perforation de la coque d'un navire.....	13
2.2.4	Calculer la fréquence d'un écoulement	13
2.2.5	Calculer le volume de l'écoulement.....	14
2.2.6	Installations de manutention d'hydrocarbure	15
3.0	Résultats du modèle SAMSON	19
3.1	Sorties du trafic maritime.....	19
3.2	Sorties: fréquence d'incidents, d'accidents et volumes d'écoulement.....	19
4.0	Conclusion	23
5.0	Références	24

Figures

Figure D-1: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS	1
Figure D-2: Nœud papillon de l'ERS simplifié montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque	2
Figure D-3: Couches composant une cellule	3
Figure D-4: Entrées et sorties du modèle SAMSON	5
Figure D-5: Relation entre les données du SIA et les données sur les hydrocarbures provenant d'une IMH.....	10
Figure D-6: Processus de calcul du modèle SAMSON	11
Figure D-7: Signaux AIS pour Saint John et la baie de Fundy, 2014 à intervalle de 5 minutes	19
Figure D-8: Période de retour – Saint John et baie de Fundy – déversements de combustible de soute et d'hydrocarbure de cargaison > 30 m ³	22

Tableaux

Tableau D-1: Fréquence de déversement, réponse à la question 1 de la figure 2-1 du Document d'orientation	2
Tableau D-2: Barrières préventives pour le modèle SAMSON	6
Tableau D-3: Pourcentage de réduction pour tous les éléments modifiables.....	7
Tableau D-4: Types de navire (catégories) pour le trafic assujetti à une route	9
Tableau D-5: Types de navires (catégories) pour le trafic non assujetti à une route	9
Tableau D-6: Type d'incident / Exposition	12
Tableau D-7: Classes d'écoulement et types de bâtiments associés utilisées dans le modèle SAMSON	14
Tableau D-8: Catégories de fréquence de déversement (FdD), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur	20
Tableau D-9: Fréquences d'écoulement – Saint John et baie de Fundy – catégorie de taille de déversement d'hydrocarbure, 2014	20

1.0 Introduction

La méthodologie d'évaluation des risques par secteur (ERS) se déroule en quatre phases. Elle permet à l'utilisateur de commencer par déterminer la fréquence d'un déversement d'hydrocarbures à partir de navires pour chacune des huit catégories de déversement (phase 1), dans le secteur d'étude prescrit, afin de concentrer les efforts sur l'identification des types de volumes de déversement d'hydrocarbures (phase 2) à des emplacements particuliers. Avant la dernière phase, la fréquence d'exposition est déterminée (phase 3). Il est ainsi possible de mener à bien une évaluation des risques (phase 4) et de mieux comprendre et calculer les risques pour les types de volumes de déversement d'hydrocarbures choisis à des emplacements particuliers du secteur d'étude. Une représentation graphique de l'application de la méthodologie d'ERS est donnée ci-dessous à la **Figure D-1**, issue de la **Figure 2-7** du document d'orientation.

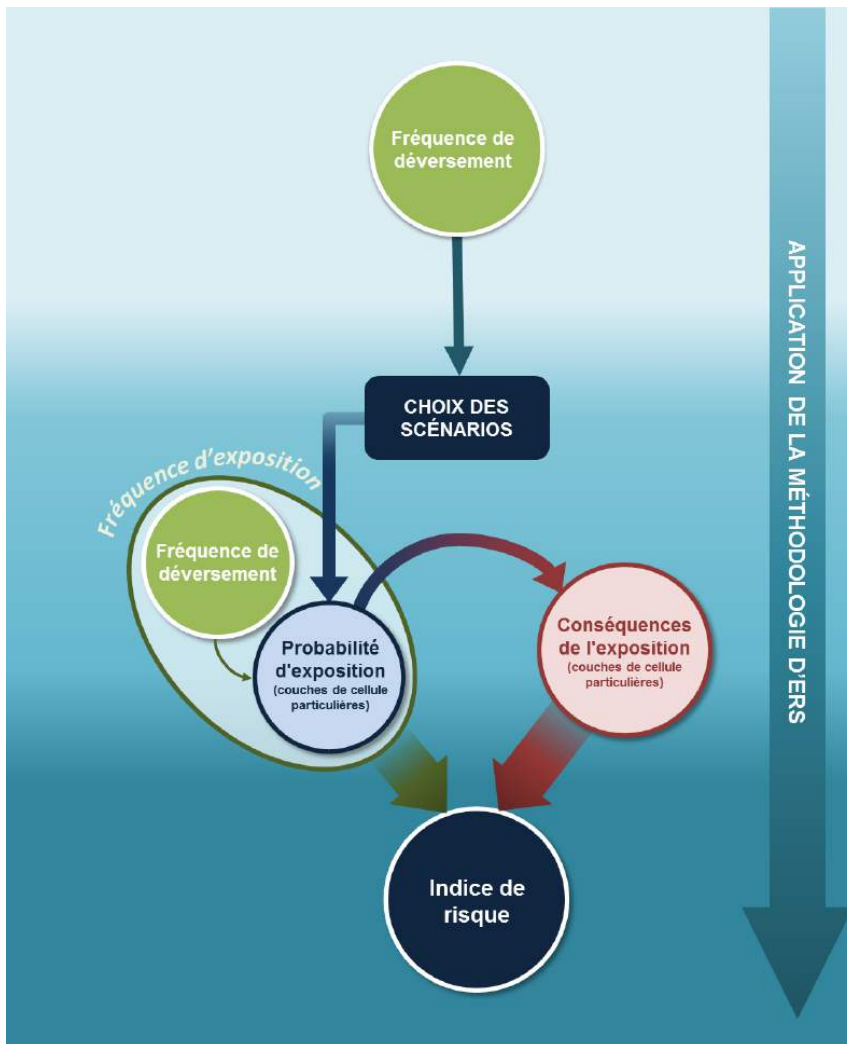


Figure D-1: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS

Transports Canada

Methodologie d'analyse des risques liés aux déversements d'hydrocarbures provenant des navires dans les eaux canadiennes – Annexe D: Modèle de fréquence de déversement (FdD)
Mars 2017 - 151623

La fréquence de déversement a été conçue pour répondre à une question:

Tableau D-1: Fréquence de déversement, réponse à la question 1 de la figure 2-1 du Document d'orientation

Question	Réponse
1. Quels sont les risques que se produise un déversement d'hydrocarbures à partir d'un navire dans les eaux canadiennes?	La fréquence de déversement d'hydrocarbure à partir d'un navire au Canada dépend: <ol style="list-style-type: none"> 1. du trafic maritime dans les eaux canadiennes et de la probabilité d'occurrence d'un incident menant à un déversement d'hydrocarbure; 2. de l'échec d'une opération de transbordement dans une installation de manutention d'hydrocarbures (IMH) menant à un déversement d'hydrocarbure.

La partie gauche du nœud papillon de l'ERS simplifié présentée à la section 2.2 du document d'orientation et repris ci-dessous dans la **Figure D-2** met en évidence les menaces évaluées dans le modèle SAMSON pour déterminer la fréquence d'un déversement d'hydrocarbure.



Figure D-2: Nœud papillon de l'ERS simplifié montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque

Une fois déterminées les fréquences de déversement et la probabilité d'exposition (voir l'**Annexe E**), la méthodologie d'ERS calcule l'indice de risque (IR) d'un point de vue horizontal (cellule j) et vertical (couche de cellule k), comme l'illustre la **Figure D-3**. Les cellules horizontales sont choisies de manière à produire une résolution spatiale adéquate permettant d'évaluer le risque de déversements d'hydrocarbures. Sur le plan vertical, les hydrocarbures peuvent apparaître dans les quatre couches suivantes:

- littoral
- eau de surface
- colonne d'eau
- fond marin

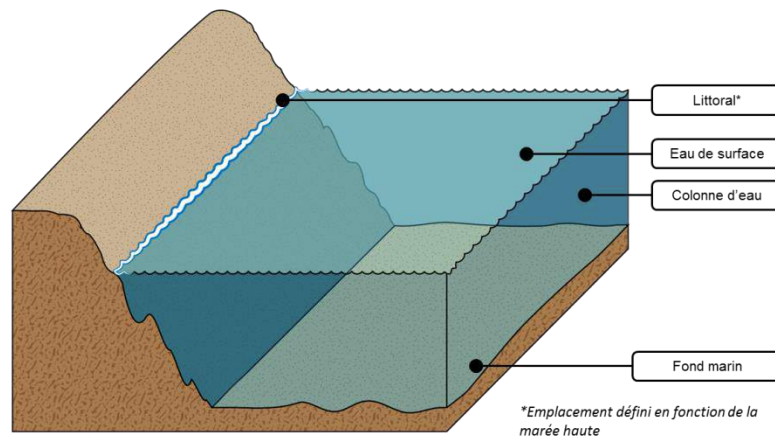


Figure D-3: Couches composant une cellule

La présente annexe fournit les détails techniques sous-jacents au processus de détermination de la fréquence de déversement à l'aide du modèle SAMSON. La **section 2** fournit l'information sur les détails du modèle SAMSON et la **section 3** sur les sorties du modèle SAMSON.

1.1 Approche globale

Pour déterminer la fréquence d'un déversement, la méthodologie d'ERS intègre les résultats de l'évaluation du nœud papillon au modèle SAMSON. Marin a conçu le modèle SAMSON il y a plus de 25 ans pour évaluer la fréquence de déversement d'hydrocarbures à partir de navires. Depuis, le modèle a fait l'objet de nombreuses évaluations et validations. Le modèle SAMSON sert à calculer la fréquence, le volume, l'emplacement et le type d'hydrocarbure pouvant être déversé à partir de navires. Comme expliqué dans la méthodologie du nœud papillon, plusieurs causes peuvent mener à l'événement principal (voir la **Figure D-2**). Le déversement à partir de navires étant l'événement principal de la méthodologie d'ERS, la fréquence dépend d'un certain nombre de barrières. Les barrières et les menaces sont prises en compte dans le modèle SAMSON, car ils influencent la fréquence d'un déversement d'hydrocarbure à partir de navires.

2.0 Le modèle SAMSON

Le modèle SAMSON s'appuie sur des entrées spécifiques pour calculer la fréquence des incidents pouvant mener à un déversement d'hydrocarbure. Cette section décrit les entrées du modèle et le processus de calcul qu'il utilise pour obtenir ses résultats. Les sorties sont décrites à la **section 3.0**.

SAMSON est l'acronyme de **S**afety **A**ssessment **M**odels for **S**hipping and **O**ffshore in the **N**orth Sea (Modèles d'évaluation de sécurité pour la navigation et les secteurs extracôtiers dans la mer du Nord). À partir de ce modèle, il est possible de procéder à divers calculs d'évaluation de risque en ce qui concerne la sécurité maritime. En rassemblant une bonne base de données maritimes, des conditions environnementales comme les vents et les courants et divers modèles mathématiques, on peut déterminer la fréquence des différents types d'incidents.

Pour connaître la fréquence d'un incident, il faut commencer par déterminer le nombre de situations potentiellement dangereuses. Par exemple, une situation potentiellement dangereuse peut se présenter quand deux navires risquent de s'aborder en s'approchant trop l'un de l'autre. La situation potentiellement dangereuse se produit quand un des navires entre dans un certain domaine entourant l'autre navire.

Le trafic maritime est pris en compte dans le modèle, ce qui aide à déterminer la fréquence d'occurrence des situations potentiellement dangereuses.

Le modèle SAMSON calcule aussi la fréquence des incidents en tenant compte de différentes barrières (mesures de prévention). Certaines de ces barrières sont intégrées dans le modèle et utilisées dans chaque simulation, alors que d'autres peuvent être modifiées ou supprimées. Il est ainsi possible d'évaluer l'effet des barrières.

L'étape finale du calcul de la fréquence des incidents consiste à multiplier le nombre de situations potentiellement dangereuses calculées. Le taux d'incident correspondra au type de situation potentiellement dangereuse. Un taux d'incident définit la fréquence qu'une situation potentiellement dangereuse mène à un accident réel. Les taux d'incidents se basent sur les données mondiales de la base de données internationale sur les abordages d'IHS, rassemblées de 1990 à 2010.

Grâce aux résultats du modèle SAMSON, l'utilisateur peut non seulement déterminer la fréquence d'un déversement d'hydrocarbure, mais aussi définir dans un secteur d'étude donné, les emplacements présentant le plus grand risque de déversement. L'utilisateur peut ainsi adapter ses plans d'intervention pour ces secteurs. Le modèle SAMSON permet à l'utilisateur d'adapter ou d'ajouter des mesures de prévention pour réduire la fréquence de déversement d'hydrocarbures.

2.1 Entrées du modèle SAMSON

Le modèle SAMSON a besoin d'un certain nombre d'entrées de données pour calculer la fréquence, le volume, l'emplacement et le type d'hydrocarbure d'un déversement potentiel à partir de navires (voir la **Figure D-4**). Ces entrées peuvent être regroupées en six catégories: trafic, données environnementales, barrières de prévention, statistiques sur les incidents, classes de navire et volumes et types d'hydrocarbures. Chacune de ces entrées se compose de plusieurs éléments qui seront détaillés dans les sections suivantes.

2.1.1 Trafic

Les données du système d'identification automatique (AIS) jouent un rôle important dans le modèle SAMSON, en fournissant des renseignements sur l'intensité de la navigation et les mouvements des navires dans un secteur donné sur une année (pour le pilote). Les données du AIS peuvent être utilisées pendant plusieurs années et même pour des saisons précises. Elles constituent la base sur laquelle les fréquences d'un incident sont calculées. Les données du AIS sont fournies par la Garde côtière canadienne pour chaque secteur d'étude.

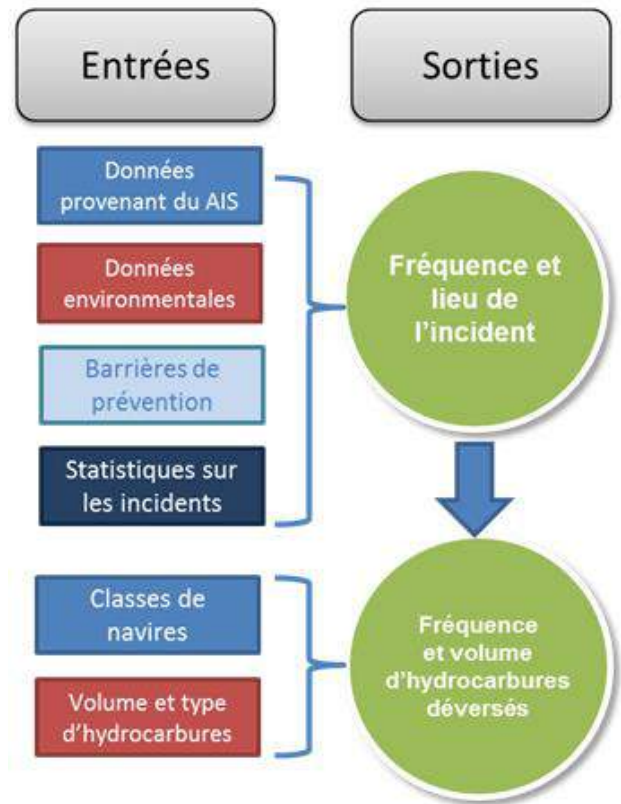


Figure D-4: Entrées et sorties du modèle SAMSON

2.1.2 Données environnementales

Dans le contexte du modèle SAMSON, les renseignements météorologiques permettent de déterminer la trajectoire et la vitesse de dérive ainsi que les dommages aux navires susceptibles d'être causés par des conditions extrêmes. En conséquence, les données sur le vent et les courants sont incluses en tant que données environnementales dans le modèle SAMSON.

Données sur le vent

Les données historiques sur les vents, venant d'un modèle météorologique approprié, sont utilisées comme entrées dans le modèle SAMSON. Elles servent aussi à la modélisation des trajectoires des déversements d'hydrocarbures et sont commentées dans l'**Annexe E du Document d'orientation**.

Données sur les courants

Simuler la dérive d'un navire désemparé nécessite de déterminer le courant sur tout le secteur d'étude. Pour en obtenir une résolution spatiale adéquate, on utilise un modèle hydrodynamique pour chaque

secteur d'étude. Ce même modèle est employé pour l'analyse de la trajectoire des déversements d'hydrocarbures et est commenté dans l'**Annexe E du Document d'orientation**.

2.1.3 Barrières de prévention

Les barrières de prévention comprennent les aides à la navigation et les mesures de navigation réduisent la fréquence qu'un incident se produise. Le **Tableau D-2** donne un aperçu des barrières de prévention intégrées dans le modèle SAMSON, modifiables ou exclues. Plusieurs barrières de prévention qui ne sont ni des paramètres ni des facteurs indépendants sont directement intégrées au modèle SAMSON, notamment le Régime des glaces et brise-glace, les Procédures d'approche ou de mouillage et la Carte électronique de navigation (CEN). Le lexique donne une description de chaque barrière de prévention (**Annexe A, Document d'orientation**). Des informations sur ces mesures sont fournies par les Cartes électroniques de navigation (CEN), lesquelles proviennent du Service hydrographique du Canada.

Tableau D-2: Barrières préventives pour le modèle SAMSON

Intégrées au modèle	Éléments modifiables	Pas dans le modèle
Politique d'admission	Pilotage	Système de positionnement dynamique
AIS et système électronique de visualisation des cartes marines (SEVCM)	Dispositifs de séparation du trafic	Remorqueur-incendie
Aides à la navigation	Système de gestion du trafic maritime (SGTM)	Lieu de refuge
Zone d'ancrage	Remorqueurs (avec filin ou en escorte)	Ancrage d'urgence
Informations sur la sécurité maritime		Remorqueur de sauvetage
Gestion des voies navigables		
Distances de sécurité		

Intégrées au modèle

L'intégration de ces barrières au modèle SAMSON s'effectue en n'utilisant que des statistiques des incidents qui les incluent.

Éléments modifiables

Les quatre barrières sont définies ci-dessous.

Zones de pilotage

L'emplacement des zones de pilotage obligatoires vient des cartes CEN, des avis aux navigateurs, édition annuelle (GCC, 2015), des livrets d'information portuaire et des instructions de navigation et est accessible auprès des administrations portuaires. Pour le calcul, le modèle SAMSON utilise les zones de chaque secteur qui exigent un pilote ainsi que l'endroit où embarque ou débarque le pilote. Le **Tableau D-3** montre l'effet des pilotes sur la réduction du risque d'occurrence d'un incident.

Dispositifs de séparation du trafic (DST)

L'emplacement des DST est fourni par les cartes CEN. Dans les secteurs où ils sont en place, les DST réduisent le nombre de rencontres et le nombre d'incidents en séparant latéralement le trafic. Il n'existe pas de réduction de pourcentage pour le DST dans le modèle SAMSON.

Zones de système de gestion du trafic maritime (SGTM)

L'emplacement des zones de SGTM vient des cartes CEN, des avis aux navigateurs (GCC, 2015) et des instructions de navigation. Dans les zones de SGTM, les mouvements des navires sont surveillés, ce qui assure une sécurité de navigation. Le SGTM sert aux calculs du modèle SAMSON. Son effet (en pourcentage) sur la réduction des risques d'incident est illustré par le **Tableau D-3**.

Remorqueurs

Le remorquage en escorte ou avec filin est obligatoire dans certaines zones. Ces emplacements sont indiqués par les administrations portuaires correspondantes, les instructions de navigation et les IMH du secteur d'étude. Outre les exigences locales, ces sources informent également sur le nombre et la position des remorqueurs ainsi que la taille et le type de chaque navire nécessitant un remorquage. La modélisation des remorquages dans les calculs du modèle SAMSON dépend des caractéristiques du secteur. L'effet en pourcentage des remorquages en escorte ou avec filin sur la réduction du risque d'incident est présenté au **Tableau D-3**.

Tableau D-3: Pourcentage de réduction pour tous les éléments modifiables

Élément	Type d'incident					Autre*
	Heurt/contact (dérive/percussion)		Abordage	Échouage		
	Dérive	Percussion	Percussion	Dérive	Percussion	
Pilotage	0 %	62 %	62 %	0 %	62 %	0 %
DST	Réduit le nombre de rencontres et, donc, réduit le nombre d'incidents					
SGTM	0 %	0 %	30 %	0 %	0 %	0 %
Remorquages en escorte	90 %	0 %	0 %	90 %	0 %	0 %
Remorquages avec filin	99 %	50 %	0 %	99 %	50 %	0 %

*Autres incidents y compris incendie/explosion, coulage et avarie de coque.

Pas dans le modèle

Aucune des quatre barrières de prévention indiquées dans le **Tableau D-3** n'est intégrée dans le modèle SAMSON pour les raisons suivantes:

- Système de positionnement dynamique: peut être inclus au modèle SAMSON en tant que barrière de prévention si les navires utilisent ce système durant les opérations de chargement

- ou déchargement dans les IMH. Au moment de l'étude pilote, aucun des secteurs pilotes n'avait d'IMH utilisant les systèmes de positionnement dynamique là où étaient les navires.
- Remorqueurs-incendie: peuvent être intégrés dans le modèle SAMSON pour réduire les dégâts infligés à un navire par le feu en la présence d'un remorqueur-incendie. Non utilisés dans l'étude pilote, car ils ne modifient pas les risques de déversement d'hydrocarbure.
 - Lieu de refuge – peut être intégré dans le modèle SAMSON mais n'est pas pris en compte dans l'étude pilote car aucun lieu de refuge ou emplacement désigné comme tel n'existe actuellement dans le secteur d'étude.
 - Ancrage d'urgence: les emplacements désignés comme ancrages d'urgence peuvent être inclus dans le modèle SAMSON une fois recensés.

2.1.4 Statistiques sur les incidents

Le modèle SAMSON utilise aussi plusieurs bases de données sur les abordages pour calculer la fréquence d'incident lorsqu'un navire pénètre dans le domaine d'un autre navire ou d'un autre objet. La base de données servant à cette étude et les renseignements qu'elle fournit sont détaillés ci-dessous.

Base de données internationales

Le modèle SAMSON utilise les statistiques sur les incidents provenant de Fairplay, la base de données internationales sur les abordages d'IHS de 1990 à 2012. Les statistiques internationales de cette base sont filtrées de manière à inclure les pays maritimes de la mer du Nord ayant un régime similaire à celui du Canada. Les pays sélectionnés sont l'Allemagne, la France, les Pays-Bas, la Norvège et le Royaume-Uni.

Base de données canadiennes

Les statistiques canadiennes sur les incidents, provenant du site web du Bureau de la sécurité des transports du Canada de 2004 à septembre 2015 (BST, 2015), sont comparées aux statistiques internationales pour confirmer que celles-ci sont représentatives des données canadiennes.

2.1.5 Catégories de navire

Afin de représenter fidèlement les divers navires traversant les eaux canadiennes, le modèle SAMSON distingue 42 classes différentes de navires, divisées en deux groupes principaux: navires assujettis à une route et navires non assujettis à une route (voir les **tableaux D-4** et **D-5**). Chacune des 42 classes de navire est ensuite divisée en 8 classes de taille allant de 100 à 100 000 tonnes. De plus, le registre de la Lloyd comporte aussi plusieurs types de navires. En tout, plus de 3000 navires différents sont modélisés dans le modèle SAMSON.

Ceux assujettis à une route sont les navires marchands et les traversiers qui naviguent selon la route la plus courte d'un port à un autre. En général, les navires non assujettis à une route ont une mission en mer, comme les bateaux de pêche, les navires ravitailleurs, les remorqueurs et les embarcations de

plaisance. Ce grand nombre de catégories est nécessaire pour les calculs ultérieurs, comme l'énergie cinétique d'un navire qui en aborde un autre ou qui s'échoue.

Tableau D-4: Types de navire (catégories) pour le trafic assujetti à une route

N°	Type de navire	N°	Type de navire
1	Navire-citerne mixte, pétrolier, vraquier	19	Méthanier
2	Navire-citerne mixte, pétrolier ou vraquier, double coque	20	Transporteur de GPL réfrigéré
3	Chimiquier OMI 1	21	Transporteur de GPL semi-pressurisé
4	Chimiquier OMI 1, double coque	22	Transporteur de GPL pressurisé
5	Chimiquier OMI 2	23	Autre transporteur de GPL
6	Chimiquier OMI 2, double coque	24	Vraquiers
7	Chimiquier OMI 3	25	Porte-conteneurs à unités de charge
8	Chimiquier OMI 3, double coque	26	Roulier à unités de charge
9	Chimiquier	27	Transporteur de véhicules à unités de charge
10	Chimiquier, double coque	28	Transporteur polyvalent de cargaison sèche
11	Transporteur de produits chimiques, eau, vin, réapprovisionnement	29	Cargo polyvalent avec conteneurs
12	Transporteur de produits chimiques, eau, vin, réapprovisionnement, double coque	30	Transporteur frigorifique polyvalent de charge sèche
13	Pétrolier, pétrole brut	31	Navire de transport de passagers
14	Pétrolier, pétrole brut, double coque	32	Roulier transportant des passagers
15	Transporteur de produits pétroliers	33	Traversiers
16	Transporteur de produits pétroliers, double coque	34	Traversier à grande vitesse
17	Autre pétrolier	35	Divers
18	Autre pétrolier, double coque	36	Remorqueurs

Remarque:

OMI: numéro de l'Organisation maritime internationale

GPL: méthanier

Butane: Transporteur de butane

Tableau D-5: Types de navires (catégories) pour le trafic non assujetti à une route

N°	Type de navire	N°	Type de navire
1	Navires de travail	4	Chimiquier
2	Tous les navires assujettis à une route hors du réseau de routes, sauf les pétroliers et chimiquiers.	5	Pétrolier
3	Bateau de pêche en déplacement	6	Embarcation de plaisance

2.1.6 Volumes et types d'hydrocarbure

En cas d'accident, la fréquence et le volume de l'écoulement d'hydrocarbure sont calculés par le modèle SAMSON. Il faut donc obtenir des renseignements sur la quantité et le type d'hydrocarbure transporté comme cargaison par chaque pétrolier. Un navire peut transporter des hydrocarbures comme cargaison, mais aussi comme combustible de soute. Les données sur les hydrocarbures en cargaison ne proviennent pas d'un seul ensemble de données, mais peuvent être déterminées en combinant les données du AIS et les données des IMH (voir la **Figure D-5**). La figure jointe illustre les méthodes d'obtention des volumes et des types des hydrocarbures en cargaison et de ceux qui servent de combustible de soute.

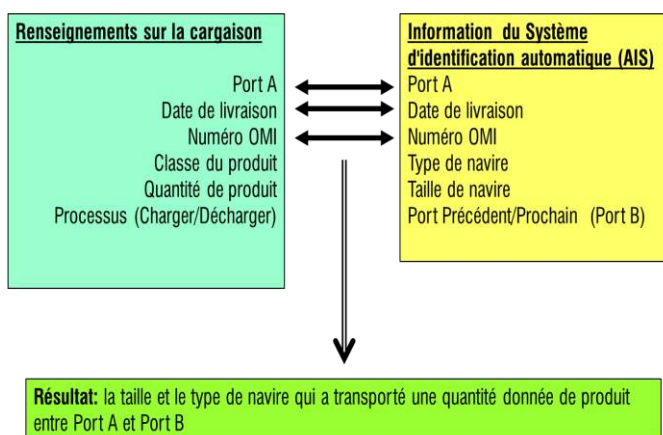


Figure D-5: Relation entre les données du SIA et les données sur les hydrocarbures provenant d'une IMH

Déterminer les volumes et types des hydrocarbures en cargaison

Pour déterminer les volumes et types des hydrocarbures en cargaison, il faut obtenir les données des IMH du secteur d'étude. En combinant ces données aux données sur le nom des navires, la désignation et le type de navire venant des données du AIS, il est possible de déterminer le volume et le type d'hydrocarbure transporté par un bâtiment.

Les données de l'IMH doivent donc inclure des renseignements sur les transporteurs, comme:

1. le nom du navire
2. le numéro OMI du navire
3. la date d'arrivée
4. le nom des installations de manutention d'hydrocarbures
5. le type d'hydrocarbure (appellation détaillée, densité API et pression de vapeur et pas seulement pétrole brut ou raffiné)
6. le volume d'hydrocarbure chargé ou déchargé
7. l'activité (chargement ou déchargement)

Déterminer les volumes et types des hydrocarbures servant de combustible de soute

Le volume de combustible de soute est estimé à partir de la base de données maritimes de MARIN, selon la disposition moyenne des diverses combinaisons type-taille de navires. La méthode de calcul de la fréquence des écoulements d'hydrocarbures comporte les étapes suivantes:

1. Calcul de la fréquence des différentes expositions (situations dangereuses possibles) pour les divers types d'accidents.

2. Calcul de la fréquence des différents types d'accidents par multiplication de l'exposition par le taux d'accidents connexes.
3. Calcul du nombre annuel de navires endommagés à tel point que les réservoirs ou la soute ont été perforés et que la cargaison d'hydrocarbure ou le combustible de soute s'en est échappé.
4. Calcul de la fréquence des déversements d'hydrocarbure par multiplication de la fréquence de perforation d'un réservoir par la fréquence que celui-ci soit rempli d'hydrocarbure.
5. Calcul de la quantité d'hydrocarbure pouvant s'échapper du navire, d'après la taille des réservoirs et l'endroit de la perforation.

2.2 Processus de calculs du modèle SAMSON

Comme il est indiqué à la section précédente, le modèle SAMSON recourt à plusieurs entrées de données pour calculer la fréquence, le volume, l'emplacement et le type d'hydrocarbures d'un déversement potentiel à partir de navires. Avant toute chose, il importe de comprendre que la modélisation du trafic maritime est modélisée, étant donné qu'elle constitue la base de tous les calculs subséquents. Le modèle SAMSON calcule d'abord la fréquence d'incident, puis la fréquence de perforation de la coque d'un navire et enfin la fréquence et le volume de l'écoulement. Cette section met l'accent sur les calculs pour chacune des étapes mentionnées, comme le montre la **Figure D-6**. Les résultats de cet ensemble de calculs sont présentés à la **section 3.0**.

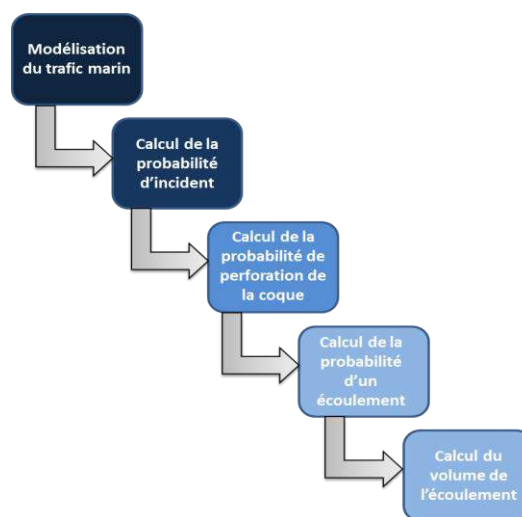


Figure D-6: Processus de calcul du modèle SAMSON

2.2.1 Modélisation du trafic maritime

Comme indiqué ci-dessus, le modèle SAMSON distingue deux groupes principaux: les navires assujettis à une route et les navires non assujettis à une route. Chacun de ces groupes est modélisé de façon différente: le trafic assujetti à une route est modélisé suivant les routes de navigation, alors que le trafic non assujetti à une route l'est en utilisant la densité des bâtiments.

Modélisation du trafic assujetti à une route

La plupart de ces navires évoluent dans un vaste réseau de liaisons comparable à un réseau routier automobile, conséquence de l'emplacement des ports et des dispositifs de séparation du trafic de chaque secteur. On suppose que les navires prennent la route la plus courte possible pour se rendre à destination. De plus, les navires doivent respecter les règlements en vigueur dans un secteur donné, comme les dispositifs de séparation du trafic. L'intensité de la navigation sur les différentes liaisons est déterminée à partir des données du AIS. La base de données sur le trafic renferme les points de

cheminement et les routes qui les relient. Pour chacune de ces routes, elle renseigne sur le nombre de mouvements par année dans chacun des 36 types de navires et 8 catégories de taille de navires.

Modélisation du trafic non assujéti à une route

La base de données du trafic non assujéti à une route est le plus souvent construite à partir de trois ensembles de données. Le premier ensemble de données consiste à assigner à une densité tout trafic assujéti à une route qui ne peut être associé à un réseau. Le deuxième ensemble de données est composé des bâtiments se trouvant dans la base de données des navires non assujétis à une route, des bâtiments qui ont une mission en mer tels que les bateaux de pêche, les navires de ravitaillement et des remorqueurs qui ne suivent pas un réseau défini. Le dernier ensemble de données consiste à assigner les bâtiments inconnus à la base de données des navires non assujétis à une route. Les bâtiments inconnus correspondent à des signaux AIS qui ne renseignent pas sur le type, la taille ou la mission de ces bâtiments. La base de données des navires non assujétis à une route est créée à partir des signaux AIS de ces trois ensembles de données. Elle assigne une densité de navire à chaque cellule du secteur d'étude; cette densité sert ensuite à calculer la fréquence d'un incident.

2.2.2 Calcul de la fréquence d'incident

La fréquence des incidents est calculée d'après les expositions aux différents types d'incidents, comme le montre le **Tableau D-6**. Une exposition peut se définir comme une situation dangereuse pouvant mener à un incident.

Tableau D-6: Type d'incident / Exposition

Type d'incident	Exposition
Abordage	Rencontres
Heurt	Possibilité d'échouement
Naufrage/échouage	Possibilité d'échouement (en marche) et milles de danger (à la dérive)
Coulage	Milles marins (milles parcourus)
Incendie/explosion	Milles marins (milles parcourus)
Avarie de machinerie ou de coque	Milles marins (milles parcourus)

L'exposition pour un abordage entre deux navires est une rencontre. Deux navires ne peuvent s'aborder que s'ils se trouvent à une certaine distance l'un de l'autre. Une rencontre se produit quand un navire pénètre dans le domaine d'un autre. Ce domaine est défini comme un cercle de rayon de 0,125 mille marin centré sur le navire. Dans les faits, seul un petit nombre de rencontres se terminent par un abordage. Le taux d'accidents – la relation entre le nombre d'expositions et le nombre d'accidents – dépend du type et de la taille du navire.

Les deux principales causes de heurt et de naufrage ou échouement sont l'erreur de navigation et la défaillance technique rendant le navire incontrôlable. La mesure de l'exposition pour un heurt ou un

naufage ou échouement causé par une erreur de navigation est appelée « possibilité d'échouement ». Un heurt ou un naufrage ou échouement dû à une telle erreur ne peut se produire que si l'erreur est commise quand le navire se trouve assez près de la ligne d'échouement ou d'une structure fixe. Ce n'est qu'alors qu'une erreur de navigation peut être critique.

La possibilité d'échouement dépend de ce qui suit: emplacement, direction de navigation, vitesse et longueur du navire et emplacement de la ligne d'échouement ou de la structure fixe.

Un heurt ou un naufrage ou échouement dû à une défaillance technique ne peut se produire que si l'erreur est commise quand le navire se trouve assez près de la ligne d'échouement ou d'une structure fixe et quand le navire dérive dans une de ces directions. Le temps de réparation et la probabilité d'ancrage réussi jouent également un rôle important. L'exposition pour ce type d'accident est appelée « milles de danger ».

2.2.3 Calculer la fréquence de perforation de la coque d'un navire

Les incidents ne se soldent pas toujours par un déversement d'hydrocarbure. Il ne peut y avoir déversement que si la coque du navire et la soute ou les réservoirs sont perforés. L'étape suivante consiste donc à calculer la fréquence de perforation de la coque d'un navire. Le modèle SAMSON détermine la probabilité qu'une perforation dans la soute ou un réservoir découle d'un incident à l'aide des paramètres suivants:

1. La disposition des réservoirs du navire (la disposition moyenne pour chaque type et taille de navire est connue)
2. Les dommages (perforation) calculés selon les statistiques sur les accidents combinées à l'analyse faite par le modèle MARCOL (outil quantitatif pour analyse des événements d'abordage).¹

2.2.4 Calculer la fréquence d'un écoulement

En cas d'incident, la perforation de la coque d'un navire et des réservoirs d'hydrocarbures ou de cargaison n'entraîne pas automatiquement un déversement d'hydrocarbure. Pour qu'un déversement se produise, les réservoirs doivent contenir de l'hydrocarbure. La fréquence de déversement d'hydrocarbure est déterminée par multiplication de la fréquence de perforation du réservoir d'un navire par la fréquence que le réservoir soit rempli. La fréquence que des réservoirs soient remplis et le volume d'hydrocarbure qu'ils contiennent sont évalués à partir de la base de données sur le trafic, de la classe de navire et des données fournies par les installations de manutention d'hydrocarbure. Dans le modèle SAMSON, il se trouve des hydrocarbures dans chaque navire. On suppose que la moitié des réservoirs d'hydrocarbures sont complètement remplis et que l'autre moitié des réservoirs est vide.

¹ Le modèle MARCOL (Maritime Collision Model of MARIN) était un modèle développé pour analyser facilement la fréquence de pénétration des diverses coques de navire. On peut trouver plus d'information sur le modèle MARCOL à www.marin.nl.

L'écoulement des réservoirs d'hydrocarbures est déterminé en calculant la probabilité qu'un des réservoirs remplis du navire soit percé.

2.2.5 Calculer le volume de l'écoulement

Quand un incident débouche sur un écoulement, le modèle SAMSON calcule aussi le volume de l'écoulement. Le volume d'hydrocarbure s'échappant de la perforation de la coque d'un navire dépend de l'emplacement de la perforation dans le réservoir. Si elle se trouve au-dessus de la ligne de flottaison, seul l'hydrocarbure situé au-dessus de la perforation s'échappera; si la perforation se trouve sous la ligne de flottaison, le modèle présume que la totalité du volume du réservoir se déversera. Le volume d'un déversement peut être calculé à l'aide des équations simplifiées suivantes:

$$N_{\text{accidents}} = N_{\text{expositions}} * T_{\text{auxAcc}}$$

$$N_{\text{écoulement}} = N_{\text{accidents}} * F_{\text{trou_dans_réservoir}} * F_{\text{hydrocarbure_dans_réservoir}}$$

$$V_{\text{écoulement}} = N_{\text{écoulement}} * V_{\text{réservoir}}$$

Où:

$N_{\text{accidents}}$	Nombre d'accidents par année
$N_{\text{expositions}}$	Nombre d'expositions (situations dangereuses possibles)
T_{auxAcc}	Taux d'accidents (fréquence qu'une exposition aboutisse à un accident)
$N_{\text{écoulement}}$	Nombre d'écoulements par année
$F_{\text{trou_dans_réservoir}}$	Fréquence de perforation du réservoir
$F_{\text{hydrocarbure_dans_réservoir}}$	Fréquence de présence d'hydrocarbure dans le réservoir
$V_{\text{écoulement}}$	Volume de l'écoulement d'hydrocarbure
$V_{\text{réservoir}}$	Volume du réservoir endommagé

Les classes d'écoulement qu'utilise le modèle SAMSON sont résumées dans le **Tableau D-7**. Elles sont dérivées des types de vaisseaux et des capacités et emplacements de leurs réservoirs d'hydrocarbures et de combustible de soute (seulement pour les pétroliers).

Tableau D-7: Classes d'écoulement et types de bâtiments associés utilisées dans le modèle SAMSON

Catégorie de volume de déversement	Volume libéré: catégorie de déversement		Type de navire	Volume de déversement caractéristique à partir de réservoir de combustible de soute ou de cargaison (m ³)	Déversement causé par une perte totale (m ³)
	De (m ³)	À (m ³)			
1	0	30	Pêche, plaisance	Réservoir de combustible de soute < 30	Pêche, plaisance (< 150)
2	30	150	Commercial petit	Réservoir de combustible de soute < 150	

Catégorie de volume de déversement	Volume libéré: catégorie de déversement		Type de navire	Volume de déversement caractéristique à partir de réservoir de combustible de soute ou de cargaison (m ³)	Déversement causé par une perte totale (m ³)
	De (m ³)	À (m ³)			
3	150	1 000	Commercial - moyen	Réservoir de combustible de soute < 1 000	Commercial petit (< 1 000)
4	1 000	5 000	Pétrolier d'usage général à moyen cours	Réservoir de combustible de soute < 5 000 1x sur le côté du transporteur 5 000	Commercial - moyen (< 10 000)
5	5 000	15 000	Pétrolier au long cours de type 1 Panamax	1x sur le côté du transporteur 12 000	
6	15 000	30 000	Aframax	1x sur le côté du transporteur 10 000 + 1x au centre du transporteur 17 000	Usage général (< 30 000) Pétrolier à moyen cours (< 30 000)
7	30 000	100 000	Nouveau Panamax Suezmax TGTB UGPB	1x sur le côté du transporteur 17 000 + 1x au centre du transporteur 40 000	Pétrolier au long cours (< 60 000) Panamax (< 60 000) Aframax (< 100 000)
8	> 100 000			Sans objet (le déversement dépasse le volume des deux plus grands réservoirs)	Nouveau Panamax (100 000 +) Suezmax (100 000 +) TGTB (100 000) UGPB (100 000)

Remarques:

So: Sans objet

TGTB: Très gros transporteurs de brut

UGPB: Ultra gros transporteurs de brut

2.2.6 Installations de manutention d'hydrocarbure

Outre les déversements d'hydrocarbures issus d'abordages, d'échouements, de défaillances mécaniques, de coulages et d'avaries de la coque pour le trafic assujéti ou non assujéti à une route, il peut aussi se produire des déversements à partir de navires dans les IMH. Ce type de déversement risque davantage de se produire pendant le chargement ou le déchargement d'un navire dans une installation de chargement à amarrage unique ou à une jetée ou un quai de chargement.

Les scénarios de déversement causés par une défaillance d'un oléoduc (sous-marin) ne sont pas pris en compte. La taille des déversements durant le chargement ou le déchargement se situe dans les catégories 1 et 2 pour les cargaisons d'hydrocarbures de 0,01 à 150 m³ (IOGP, 2010).

Calculer la fréquence d'un déversement à partir d'un amarrage unique

Les hypothèses et variables suivantes sont prises en compte pour déterminer la fréquence et le volume d'un déversement d'hydrocarbure à partir d'un SPMS:

- Un (1) événement (à partir d'un pétrolier ou de façon isolée) tous les 3518 jours de fonctionnement sans raccords à rupture d'urgence maritimes (RUMM) (IOGP, 2010)
- Un (1) événement tous les 5621 jours d'exploitation avec RRUM (IOGP, 2010)
- Nombre de jours d'exploitation (jours réels de chargements ou d'occupation des postes d'amarrage) par année (archives de chargement de l'IMH)
- Type de bras de chargement (bras de chargement fixe ou tuyau flexible)
- Présence de RRUM: le volume déversé si l'installation de chargement est équipée d'un RUMM est réduit d'un facteur de 1 pour 35
- Présence, efficacité et coordination de l'arrêt d'urgence (fermeture des valves et arrêt des pompes)

À noter que les « jours d'exploitation » se rapportent au nombre de jours où les pétroliers sont amarrés au SPMS. Généralement, le chargement d'un pétrolier-navette dure moins de 24 heures; on suggère donc d'utiliser les jours d'exploitation comme substitut au nombre de pétroliers chargés.

Calculer la fréquence d'un déversement à partir de jetées ou de quais

Les hypothèses et variables suivantes sont prises en compte pour déterminer la fréquence et le volume d'un déversement d'hydrocarbure à partir de jetées ou de quais:

- Nombre de jours d'exploitation (jours réels de chargements ou d'occupation des postes d'amarrage) annuels (archives de chargement des jetées et des quais)
- Chaque bras de chargement présente une fréquence de 12 défaillances induisant une rupture de guillotine par million de transferts (UKHSE, 2012)
- Les petites fuites (10 % du diamètre du bras) sont près de trois fois plus fréquentes. Ces défaillances ne sont plus utilisées dans le modèle SAMSON, car les déversements associés sont considérés comme trop faibles pour la portée de l'analyse (UKHSE, 2012)
- Type de bras de chargement (bras de chargement fixe ou tuyau flexible)
- le volume déversé si l'installation de chargement est équipée d'un RUMM est réduit d'un facteur de 1 pour 35
- Présence, efficacité et coordination de l'arrêt d'urgence (fermeture des valves et arrêt des pompes)

Méthodologie de calcul P50 et P90

Pour les IMH, deux scénarios sont pris en compte: un petit déversement type (MRPP: P50) et un gros déversement type (MRP: P90). Le volume du déversement va de 0,1 m³ à 150 m³ dans les pires conditions.

Si les mesures d'atténuation des risques sont actives, le volume du déversement est réduit par un facteur de réduction. Par exemple, en la présence de couplages RUMM, le volume de déversement est réduit de 1/35 du volume maximum de déversement. Les hypothèses suivantes sont faites concernant la catégorie type III et IV de l'IMH, c'est-à-dire la conformité avec les meilleures pratiques concernant la capacité de réponse aux urgences:

Description	Hypothèse
Bras de chargement	Bras de chargement fixes (pas de tuyaux flexibles);
RUMM	Présent (activé quand les forces de tension dépassent un seuil prédéterminé);
ESD	Présent (pompes arrêtées et valves fermées en moins de deux minutes);
Capacité de pompage	Maximum 2000 m ³ /h (écoulement à sens unique)
Données sur les hydrocarbures	Volume total annuel (données sur les hydrocarbures);
Nombre d'opérations	Nombre annuel de navires (fréquence);
Nombre de jours d'exploitation (jours à l'amarrage)	Le plus grand entre le nombre annuel de navires (minimum) et le volume total ou la capacité totale de pompage
Sans RUMM	Un (1) événement (arrivant à partir d'un pétrolier ou de façon isolée) chaque 3518 jours de fonctionnement;
Avec RUMM	Un (1) événement tous les 5621 jours d'exploitation
Facteur P50/P90	Le facteur P50 survient 3 fois plus souvent que le P90.

Pour les amarrages, la fréquence dépend du nombre de jours d'exploitation, de la présence d'un RUMM et de la taille du déversement. Elle est donnée sous forme de nombre d'occurrences par jours d'exploitation.

Il en découle les hypothèses de base suivantes pour les amarrages:

	Volume (m ³)	Fréquence (par jour d'exploitation par an)	Volume (m ³)	Fréquence (par jour d'exploitation par an)
RUMM	0,0029	1,33 x 10 ⁻⁴	4,29	4,45 x 10 ⁻⁵
Pas de RUMM	0,1	2,13 x 10 ⁻⁴	150	7,11 x 10 ⁻⁵

Pour les jetées et les quais, la fréquence dépend du nombre d'opérations et de la taille du déversement. Elle est donnée sous forme de nombre d'occurrences par opération. La fréquence pour les chargements et déchargements est de 12 x 10⁻⁶. Ces calculs mènent aux hypothèses élémentaires suivantes pour les jetées et les quais:

	Volume (m³)	Fréquence (par opération par année)	Volume (m³)	Fréquence (par opération par année)
RUMM	0,0029	$9,0 \times 10^{-6}$	4,29	$3,0 \times 10^{-6}$
Pas de RUMM	0,1	$9,0 \times 10^{-6}$	150	$3,0 \times 10^{-6}$

Entrées

Pour chaque IMH, les entrées sont les suivantes:

- Nom et emplacement de l'IMH
- Type de l'IMH (amarrage ou jetée/quai)
- Types d'hydrocarbures transférés (hydrocarbure volatil léger ou intermédiaire, hydrocarbure flottant intermédiaire ou lourd, hydrocarbure lourd non flottant)
- Volume annuel par type d'hydrocarbure
- Nombre de jours d'exploitation par type d'hydrocarbure par année (jours à l'amarrage) pour les amarrages

Sorties

Pour chaque IMH, les résultats par type d'hydrocarbure (5x) sont les suivants:

- (5x) P50 (avec RUMM), y compris le volume associé (V50) et la période de retour
- (5x) P90 (avec RUMM), y compris le volume associé (V90) et la période de retour

3.0 Résultats du modèle SAMSON

Les processus de modélisation et de calcul du modèle SAMSON génèrent plusieurs sorties. Les sorties du modèle sont présentées sous forme de tableau ou graphiquement sous forme de cartes.

3.1 Sorties du trafic maritime

Les sorties de la modélisation du trafic maritime sont plus visibles sur des cartes affichant les principales routes de transport d'hydrocarbures ainsi que les renseignements sur les volumes d'hydrocarbures transportés par les navires, le tout dans un secteur donné. La **Figure D-7** illustre des signaux AIS pour le secteur d'étude Saint John et baie de Fundy en 2014, selon un intervalle de cinq minutes. Le trafic considéré comme étant assujéti à une route est représenté dans la **Figure D-8**.

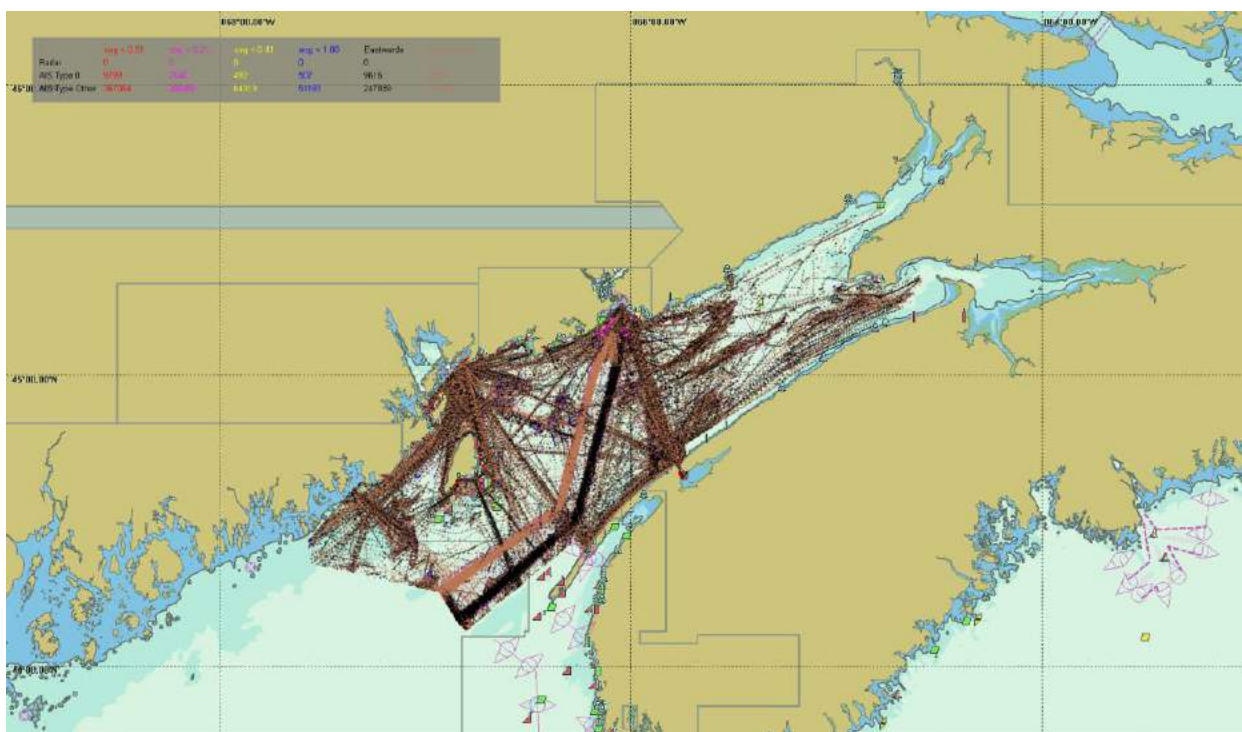


Figure D-7: Signaux AIS pour Saint John et la baie de Fundy, 2014 à intervalle de 5 minutes

3.2 Sorties: fréquence d'incidents, d'accidents et volumes d'écoulement

Ensemble, les calculs de la fréquence d'incident, de la fréquence de perforation de la coque d'un navire, de la fréquence d'un écoulement et du volume de l'écoulement produisent la principale sortie du modèle SAMSON. Les sorties des calculs de fréquence servent à déterminer la fréquence d'un déversement d'hydrocarbure (FdD) dans une cellule ou un emplacement donné. Cette probabilité est ensuite normalisée sur une échelle de probabilité. Une échelle à dix niveaux, de 1 (très faible) à 10 (très

élevée), est employée pour représenter la plage de fréquence (**Tableau D-8**). La sortie est montrée à la fois sous forme de tableau et de cartes graphiques.

Tableau D-8: Catégories de fréquence de déversement (FdD), établissement des indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie de FdD	Indice de FdD (fréquence totale annuelle)	Description	Définition ² (période totale de retour)	Code couleur
FdD-10	$3,16 \times 10^{-1}$	Très élevé	> 1:10 années	
FdD-9	$3,16 \times 10^{-2}$	Élevé	1:10 – 1:99 années	
FdD-8	$3,16 \times 10^{-3}$	Moyen	1:100 – 1:999 années	
FdD-7	$3,16 \times 10^{-4}$	Faible	1:1 000 – 1:9 999 années	
FdD-6	$3,16 \times 10^{-5}$	Très faible	1:10 000 – 1:99 999 années	
FdD-5	$3,16 \times 10^{-6}$		1:100 000 – 1:999 999 années	
FdD-4	$3,16 \times 10^{-7}$		1:1 000 000 – 1:9 999 999 années	
FdD-3	$3,16 \times 10^{-8}$		1:10 000 000 – 1:99 999 999 années	
FdD-2	$3,16 \times 10^{-9}$	Extrêmement faible	1:100 000 000 – 1:999 999 999 années	
FdD-1	$3,16 \times 10^{-10}$		1:1 000 000 000 – 1:9 999 999 999 années	

Visualisation des sorties dans les tableaux

Les résultats peuvent être représentés dans des tableaux de sorties. Ils sont générés pour chaque cellule ou pour chaque secteur, par type d'hydrocarbure et par type d'accident. Le **Tableau D-9** est un exemple de tableau de sortie standard pour le secteur d'étude de Saint John et de la baie de Fundy. Il présente les résultats de diverses classes de déversement pour un secteur total en 2014.

Tableau D-9: Fréquences d'écoulement – Saint John et baie de Fundy – catégorie de taille de déversement d'hydrocarbure, 2014

Catégorie d'écoulement (m ³)		Secteur total, hydrocarbures de cargaison (tout type d'accident)			
De	À	Fréquence/année	Une fois par x ans	m ³ /année	Cubage moyen (m ³)
0,01	30	0,083879	11,9	0,237	3
30	150	0,001406	711	0,134	95
150	1 000	0,004227	237	1,673	396
1 000	5 000	0,002664	375	7,294	2 738
5 000	15 000	0,001833	545	16,377	8 932

² Les périodes de retour définies dans le **Tableau D-7** ne peuvent pas servir à représenter la fréquence des accidents de déversement d'hydrocarbure à partir d'un seul navire.

Catégorie d'écoulement (m ³)		Secteur total, hydrocarbures de cargaison (tout type d'accident)			
15 000	30 000	0,000668	1 498	13,700	20 524
30 000	100 000	0,000436	2294	22,059	50 614
> 100 000		0,000154	6 481	24,053	155 892
Total		0,095267	10,5	85,527	898

Visualisation des sorties sur des cartes

Les résultats peuvent être visualisés sur une carte pour les cellules d'un secteur donné. La **Figure D-9** illustre la période de retour pour des déversements d'hydrocarbures supérieurs à 30 m³ dans le secteur d'étude de Saint John et de la baie de Fundy.

Le modèle SAMSON fournit les renseignements suivants pour chaque cellule:

- Latitude (ou numéro de grille en direction nord)
- Longitude (ou numéro de grille en direction est)
- Type de navire i
- Classe de taille de navire j
- Type d'accident a
- Classe de taille de déversement k (0 = aucun déversement)
- Substance du déversement s (pétrole brut, pétrole raffiné, combustible)
- Fréquence de déversement F_{ijaks}
- Volume du déversement V_{ijabks}

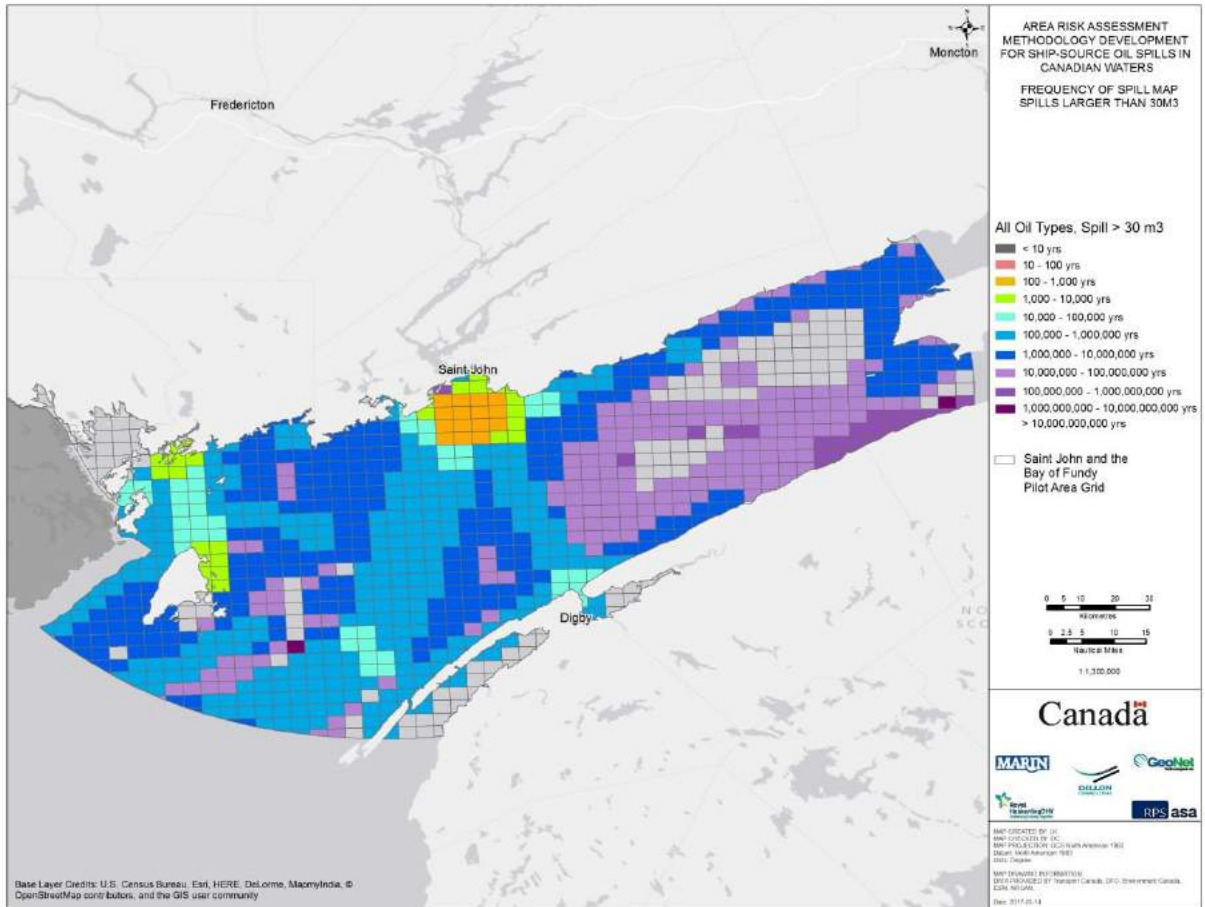


Figure D-8: Période de retour – Saint John et baie de Fundy – déversements de combustible de soute et d’hydrocarbure de cargaison > 30 m³

4.0 Conclusion

La fréquence de déversement est déterminée par le modèle SAMSON qui a recourt à la méthodologie évoquée dans cette annexe. En appliquant le modèle SAMSON et en calculant la FdD dans la phase 1, nous pouvons préciser les points critiques du secteur d'étude où choisir des scénarios en vue de modéliser le devenir et la trajectoire des hydrocarbures et déterminer la probabilité d'exposition, vue en détail dans l'**Annexe E**.

Souplesse du modèle SAMSON

Il est important de noter que le modèle SAMSON autorise également une certaine souplesse à l'intérieur de ses paramètres. Il est possible de le modifier pour déterminer l'effet du trafic futur en enregistrant des navires virtuels dans la base de données du trafic. Cette méthode permet d'étudier les risques inhérents aux projets proposés, par exemple ceux qui augmenteraient le trafic des pétroliers.

Le modèle peut aussi servir à éprouver les barrières de prévention en ajoutant ou en modifiant les barrières existantes et en examinant leur effet sur la FdD dans le secteur.

5.0 Références

Garde côtière canadienne (GCC). 2015. Édition annuelle des Avis aux navigateurs 1 à 46, avril 2015 à mars 2016. Accessible à <http://www.notmar.gc.ca/allez.php?doc=fra/index>

International Association of Oil & Gas Producers (IOGP). 2011. Safety Performance Indicators – données 2010. Rapport n° 434455. Accessible à <http://www.ogp.org.uk/pubs/455.pdf>

Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST). 2015. Données sur les événements maritimes de janvier 2004 à septembre 2015. Accessible à <http://www.tsb.gc.ca/fra/stats/marine/index-ff.asp>

United Kingdom Health and Safety Executive (UKHSE). 2012. Annual Statistics Report for Great Britain for 2012-2013. Accessible à <http://www.hse.gov.uk/statistics/>

Annexe E

Modèle de probabilité d'exposition (PdX)

Table des matières

1.0	Introduction	1
1.1	Approche globale	3
2.0	Le modèle SAMSON	5
2.1	Entrées du modèle SIMAP	10
2.1.1	Information sur le scénario	10
2.1.2	Données environnementales	10
2.1.3	Propriétés des produits déversés.....	15
2.1.4	Seuils de mazoutage.....	16
3.0	Mesures d'atténuation du déversement	18
3.1	Barrage flottant de déviation	18
3.2	Barrage flottant de collecte.....	18
3.3	Récupération mécanique	18
3.4	Application de dispersant.....	19
3.5	Brûlage in-situ.....	19
4.0	Probabilité d'exposition	20
5.0	Résultats de modélisation SIMAP	21
6.0	Conclusion	22
7.0	Références	23

Figures

Figure E-1:	Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS	1
Figure E-2:	Nœud papillon simplifié de l'ERS montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque	2
Figure E-3:	Couches composant une cellule.....	3
Figure E-4:	Illustration de l'échantillonnage aléatoire des données sur le vent et le courant servant dans l'approche de modélisation stochastique	5

Figure E-5: L'empilement des trajectoires issues de nombreux déversements crée une carte illustrant, pour tout point de la région du déversement, la probabilité que les hydrocarbures l'atteignent	6
Figure E-6: Simulation en eaux libres des processus de devenir des hydrocarbures avec le modèle SIMAP.....	8
Figure E-7: Simulation du processus de devenir des hydrocarbures près de littoraux avec le modèle SIMAP.....	8
Figure E-8: Interactions entre les hydrocarbures et la glace.....	9
Figure E-9: Entrées et sorties du modèle SIMAP.....	10
Figure E-10: Exemple de champ des vents dans la baie de Fundy	11
Figure E-11: Exemple de température et de salinité servant à définir dans SIMAP les propriétés de la colonne d'eau.....	13
Figure E-12: Médiane de la concentration des glaces le 12 février, en la présence de glace. Fournie par le Service canadien des glaces d'après des données de 1981 à 2010.....	14
Figure E-13: Carte montrant la probabilité d'hydrocarbures atteignant la surface de l'eau au-dessus du seuil d'épaisseur de 0,01 g/m ²	21

Tableaux

Tableau E-1: Probabilité d'exposition: réponse à la question 2 de la figure 2-1 du document d'orientation	2
Tableau E-2: Épaisseur (µm) et apparence des hydrocarbures à la surface de l'eau (NRC, 1985)	16
Tableau E-3: Seuils d'épaisseur de l'hydrocarbure pour la surface de l'eau, le littoral, la colonne d'eau et les sédiments du fond marin (French McCay, 2016)	17
Tableau E-4: Indice relatif de la probabilité de contamination par l'hydrocarbure pour définir la probabilité d'exposition (PdX).....	20

1.0 Introduction

La méthodologie d'évaluation des risques par secteur (ERS), illustrée à la **Figure 2-2** du document d'orientation, comporte quatre phases. Elle permet à l'utilisateur de commencer par déterminer la fréquence de déversements d'hydrocarbures à partir de navires pour chacune des huit catégories de déversement (phase 1), dans le secteur d'étude prescrit, afin de concentrer les efforts sur l'identification des types de volumes de déversement d'hydrocarbures (phase 2) à des emplacements particuliers. Avant la dernière phase, la fréquence d'exposition est déterminée (phase 3). Cette phase permet une évaluation des risques plus détaillée (phase 4) et de mieux comprendre et évaluer les risques pour le type de volume de déversement d'hydrocarbure choisi aux emplacements particuliers du secteur d'étude. Une représentation graphique de l'application de la méthodologie ERS est donnée ci-dessous à la **Figure E-1**, issue de la **Figure 2-7** du document d'orientation.

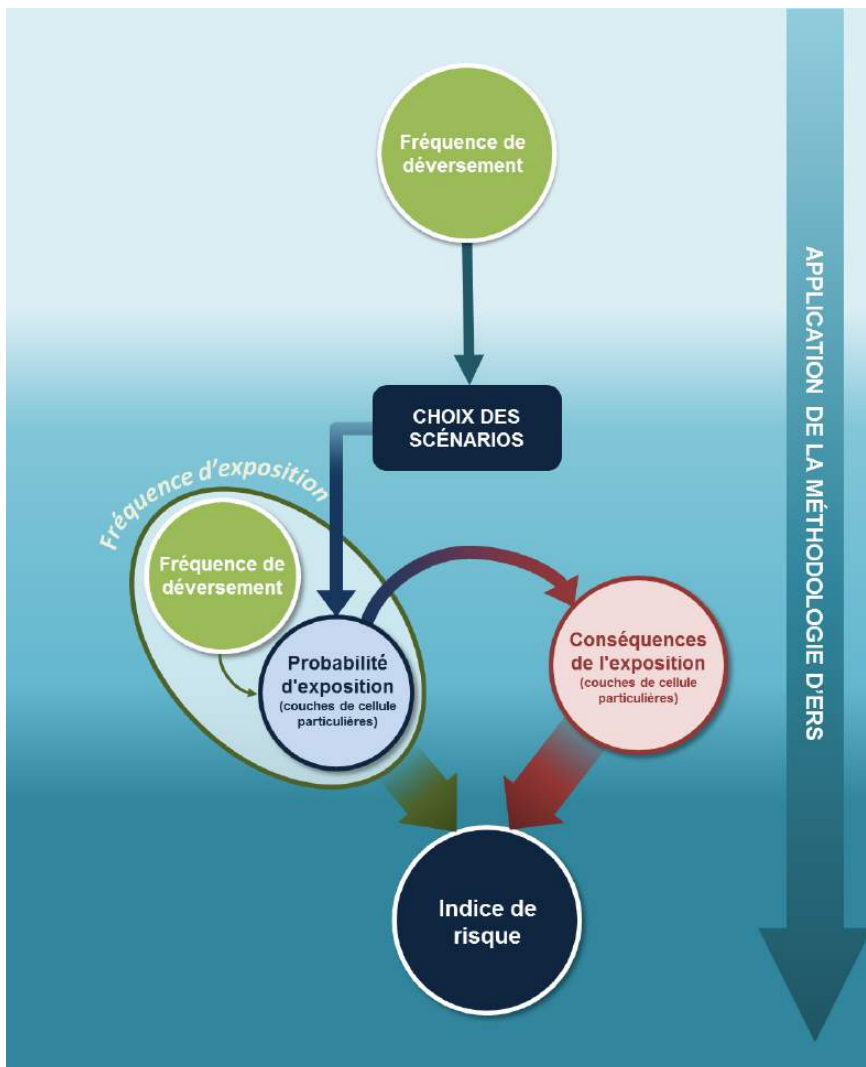


Figure E-1: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS

Transports Canada

Methodologie d'analyse des risques liés aux déversements d'hydrocarbures provenant des navires dans les eaux canadiennes – Annexe E: Modèle de probabilité d'exposition (PdX)

Mars 2017 – 15-1623

La fréquence de déversement a été conçue pour répondre à une question:

Tableau E-1: Probabilité d'exposition: réponse à la question 2 de la figure 2-1 du document d'orientation

Question	Réponse
1. Où peut aller le déversement d'hydrocarbure?	La modélisation de la trajectoire et du devenir des hydrocarbures faite à l'aide du modèle SIMAP pourra déterminer où se produira le déversement d'hydrocarbure lors des scénarios choisis pendant la phase 2.

Le côté droit du nœud papillon simplifié de l'ERS présenté à la section 2.2 du document d'orientation est développé de manière à présenter les trois récepteurs de risque et les groupes particuliers de récepteurs de risque faisant partie de la méthodologie ERS (voir la **Figure E-2**). La probabilité d'exposition nous aidera à déterminer les conséquences en nous montrant les récepteurs de risque qui seront exposés aux hydrocarbures dans les scénarios choisis.



Figure E-2: Nœud papillon simplifié de l'ERS montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque

La méthodologie ERS calcule l'indice de risque (IR) d'un point de vue horizontal (cellule j) et vertical (couche de cellule k), comme l'illustre la **Figure E-3**. Les cellules horizontales sont choisies pour fournir une résolution spatiale adéquate permettant d'évaluer le risque de déversements d'hydrocarbures. Sur le plan vertical, les hydrocarbures peuvent apparaître dans les quatre couches suivantes:

- littoral
- eau de surface
- colonne d'eau
- fond marin

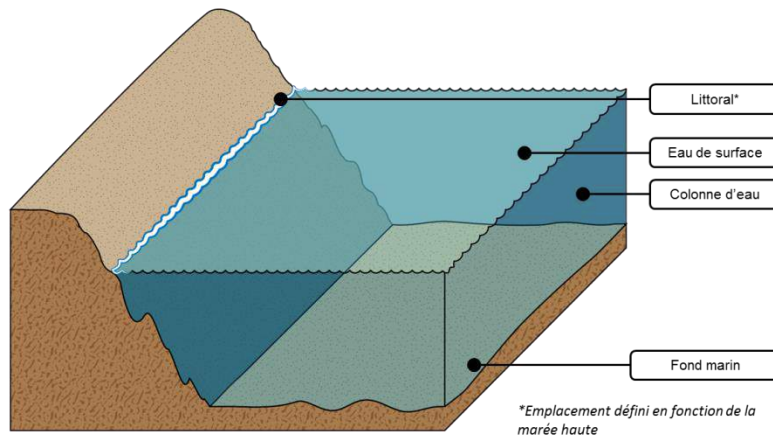


Figure E-3: Couches composant une cellule

L'annexe fournit les détails techniques sur le modèle d'impact des déversements (SIMAP) permettant à l'utilisateur de déterminer la destination des hydrocarbures parmi les cellules du secteur d'étude et, donc, de connaître les couches qui seront touchées. Les sections qui suivent abordent le modèle SIMAP (**section 2**), les mesures de l'atténuation du déversement (**section 3**), la probabilité d'exposition (**section 4**) et les résultats de modélisation SIMAP (**section 5**).

1.1 Approche globale

Pour déterminer la probabilité d'exposition (PdX), on modélise le devenir et la trajectoire pour des scénarios de déversements à partir de navires et d'une installation de manutention d'hydrocarbures (IMH). La simulation d'un modèle de déversement cartographie la probabilité d'exposition aux hydrocarbures sur la surface de la mer, la subsurface et le littoral environnant.

Les modèles de trajectoire et de devenir du déversement d'hydrocarbures servent à prédire la répartition spatiale de la probabilité que les hydrocarbures déversés contaminent l'environnement. Lorsqu'on calcule les probabilités, il ne suffit pas de simuler la trajectoire et le devenir d'un seul déversement, car la trajectoire du déversement varie suivant les conditions environnementales présentes un jour donné. Il suffit d'imaginer la différence entre la trajectoire d'un déversement pendant l'été, alors que le vent faible vient du Sud, et celle d'un déversement ayant lieu en cas d'orage accompagné de vents forts soufflant de l'Est. Chaque cas donnera une trajectoire de déversement différente, mais tous peuvent se produire à une saison donnée ou dans un intervalle de bon nombre d'années.

Pour calculer les probabilités, il faut une méthode capable de simuler des centaines de déversements individuels, chacun se déroulant un jour différent et étant charrié par des vents et des courants différents. Pour l'évaluation des risques de déversements d'hydrocarbures, on applique généralement des modèles de déversement basés sur la méthode de Monte-Carlo dans des centaines de simulations de déversements où l'on fait varier les paramètres d'entrée (vents et courants) de chaque déversement

dans la plage des conditions possibles de la zone concernée. La méthode de Monte-Carlo, ou approche stochastique, permet de simuler plusieurs déversements avec des régimes de vent différents mais plausibles. À l'aide de cette méthode, le modèle produit un échantillon des régimes des vents potentiels et les trajectoires qui en découlent, lorsqu'on les superpose, donnent une carte des probabilités quant au lieu de destination d'un déversement.

Cette annexe au document d'orientation ERS décrit la façon dont un modèle de déversement d'hydrocarbure est utilisé pour quantifier la probabilité d'exposition à ce déversement.

2.0 Le modèle SAMSON

Les modèles de déversement ont recours à un « scénario » pour définir l'emplacement, le volume, le type d'hydrocarbure et les autres paramètres du déversement à entrer dans la simulation. En cas d'évaluation des risques de déversement d'un navire, les détails du scénario proviennent généralement des résultats d'une analyse de probabilité d'incidents avec le navire et de la vraisemblance d'un déversement associé. L'analyse de probabilité du trafic maritime recense les lieux, les volumes et les types de produits de déversement les plus plausibles, tandis que le modèle de déversement mesure la probabilité d'exposition aux hydrocarbures déversés dans différentes parties de l'environnement. Le modèle de déversement est appliqué à l'évaluation du risque par l'intermédiaire de l'approche stochastique décrite dans cette section de l'annexe.

Le modèle stochastique SIMAP sert à déterminer la probabilité de divers récepteurs de risque exposés aux hydrocarbures lors d'un déversement. Il s'agit d'une analyse statistique des résultats provenant de nombreuses trajectoires individuelles différentes du même déversement, dont le début a été sélectionné au hasard sur une période de plusieurs années. La **Figure E-4** est un exemple de la méthode de sélection aléatoire où la simulation de chaque trajectoire prend en compte les vents et courants à partir d'un moment différent sur une plage de plusieurs années. Le choix aléatoire des heures de début permet d'analyser le même scénario de déversement dans des conditions de vent et de courant variables. Pour saisir la variabilité naturelle des vents et des courants, il faut entrer des ensembles variables de données spatiales (points multiples) et temporelles (qui changent avec le temps) pour les vents et les courants. Ces données doivent couvrir une période de plusieurs années pour refléter la variation annuelle (saisonnière) et d'une année à l'autre.



Figure E-4: Illustration de l'échantillonnage aléatoire des données sur le vent et le courant servant dans l'approche de modélisation stochastique

On empile les trajectoires de plusieurs déversements individuels afin de créer une carte illustrant la probabilité que les hydrocarbures atteignent un point donné dans la région du déversement (voir la **Figure E-5**).

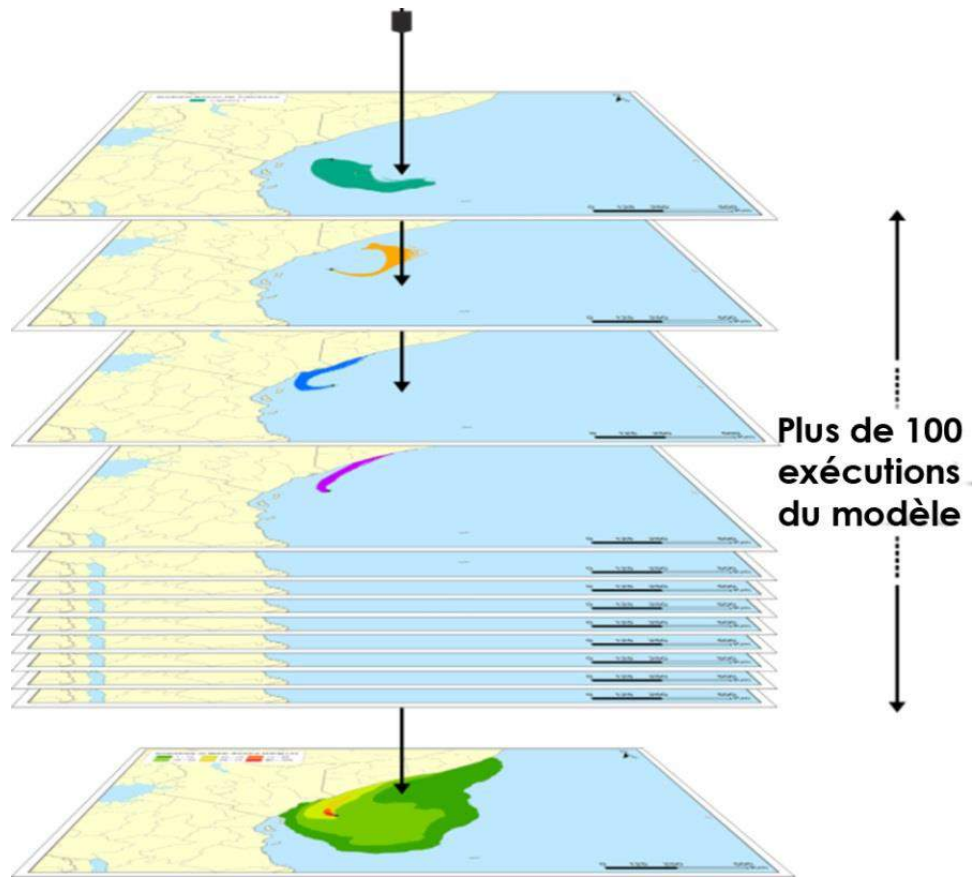


Figure E-5: L'empilement des trajectoires issues de nombreux déversements crée une carte illustrant, pour tout point de la région du déversement, la probabilité que les hydrocarbures l'atteignent

Le modèle de déversement d'hydrocarbures utilisé dans l'approche de modélisation stochastique doit pouvoir simuler la trajectoire des hydrocarbures déversés et leur devenir pendant qu'ils se déplacent dans l'environnement. La trajectoire des hydrocarbures est déterminée principalement par les courants et les vents qui sont le principal mécanisme responsable du déplacement des hydrocarbures. Le vent soufflant sur la surface de l'eau fait bouger l'eau de surface et les nappes d'hydrocarbure de surface. Il génère aussi des vagues qui peuvent entraîner les hydrocarbures sous la surface. Les courants sont très importants dans les phénomènes de transport des hydrocarbures à la surface et en subsurface. Ils doivent refléter les différents processus de flux présents dans le secteur étudié. Le modèle doit aussi simuler le processus de devenir des hydrocarbures qui change leurs propriétés physiques et chimiques durant leurs interactions avec l'environnement.

SIMAP est un modèle de devenir physique tridimensionnel qui calcule la répartition (masse et concentration) des hydrocarbures entiers et des composants d'hydrocarbure à la surface de l'eau, sur le littoral, dans la colonne d'eau et dans les sédiments. Le modèle se sert d'une définition spatiotemporelle variable des vents et des courants pour déplacer le déversement à la surface, dans la subsurface et sur le littoral.

Les processus de devenir des hydrocarbures inclus sont l'étalement des hydrocarbures (par gravitation et par cisaillement), l'évaporation, le transport, la dispersion aléatoire, l'émulsion, l'entraînement (naturel et provoqué par le dispersant), la dissolution, la vaporisation de l'eau de surface, l'adhérence de gouttelettes d'hydrocarbure aux sédiments en suspension, l'adsorption des hydrocarbures aromatiques solubles et modérément solubles des sédiments en suspension, la sédimentation et la dégradation.

Dans le modèle SIMAP, le mélange d'hydrocarbures aux caractéristiques physiques, chimiques et toxicologiques variées est représenté par les catégories de composants, et le devenir de chaque composant fait l'objet d'un suivi distinct. On emploie la méthode du « pseudo-composant » (Payne et coll., 1984; French et coll., 1996; Jones, 1997; Lehr et coll., 2000) selon laquelle des produits chimiques du mélange d'hydrocarbures sont regroupés par propriétés physicochimiques et la catégorie de composant qui en résulte se comporte comme un produit chimique unique avec des caractéristiques propres au groupe chimique correspondant. Cette méthode fournit des moyens plus précis pour calculer les effets potentiels des hydrocarbures sur les ressources biologiques.

SIMAP est tiré du modèle NRDAM/CME, créé pour servir de base aux règlements de l'évaluation des dommages aux ressources naturelles de la CERCLA (Natural Resource Damage Assessment ou NRDA) pour les évaluations de type A (French et coll., 1996). La toute dernière version des modèles de type A, le NRDAM/CME (version 2.4, avril 1996) a été publiée dans le cadre de la règle définitive de la NRDA de type A de la CERCLA Final Rule (Federal Register, 7 mai 1996, vol. 61, n° 89, p. 20559-20614). La documentation technique du modèle NRDAM/CME peut être consultée dans French et coll. (1996 a-c). Ce développement technique a fait l'objet de plusieurs évaluations approfondies par des pairs, ainsi que le décrit la règle définitive.

Depuis la création du modèle NRDAM/CME, le modèle SIMAP a été utilisé pour plusieurs évaluations de risque et validé par plus de 20 exemples types, ainsi que dans des essais de déversements destinés à vérifier ses algorithmes de transport.

Le schéma de la **Figure E-6** décrit les processus de devenir des hydrocarbures simulés dans des eaux libres, tandis que la **Figure E-7** décrit ces processus sur le littoral et à proximité. Les hydrocarbures contiennent de nombreux produits chimiques dont les propriétés physicochimiques variables influencent le comportement. Par ailleurs, l'environnement varie énormément dans l'espace et dans le temps. Par conséquent, les hydrocarbures peuvent être classés selon différentes phases ou parties de l'environnement:

- les hydrocarbures de surface
- les hydrocarbures émulsifiés (mousse) et les boules de goudron
- les gouttelettes d'hydrocarbure en suspension dans la colonne d'eau
- les hydrocarbures adhérant aux particules en suspension dans l'eau
- les composants dissous de masse moléculaire inférieure (HAM, HAP et autres éléments solubles) dans la colonne d'eau

- les hydrocarbures se trouvant sur et dans les sédiments
- les composants dissous de masse moléculaire inférieure (HAM, HAP et autres composants solubles) dans l'eau interstitielle des sédiments
- les hydrocarbures se trouvant sur et dans les sédiments et les surfaces du littoral

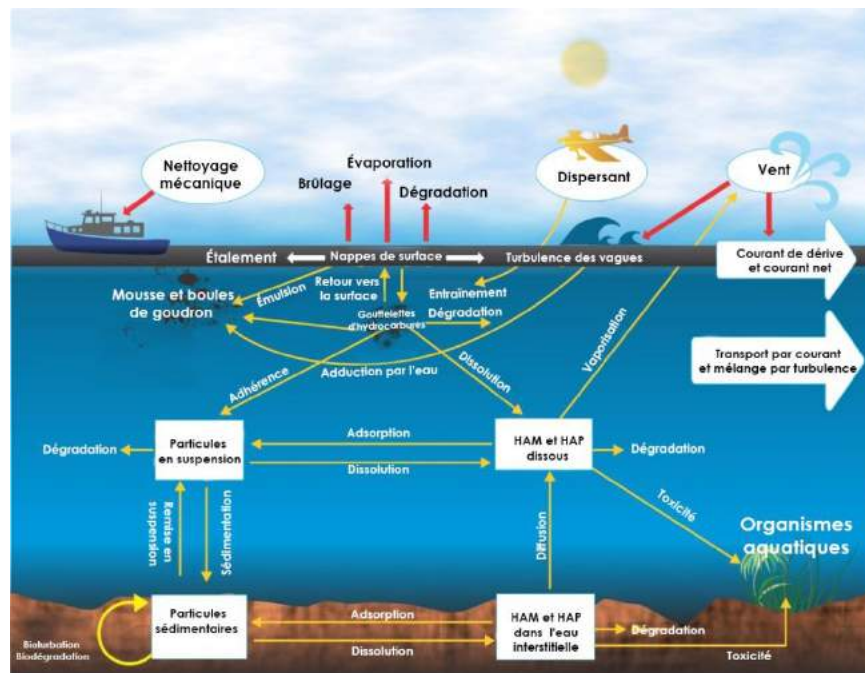


Figure E-6: Simulation en eaux libres des processus de devenir des hydrocarbures avec le modèle SIMAP

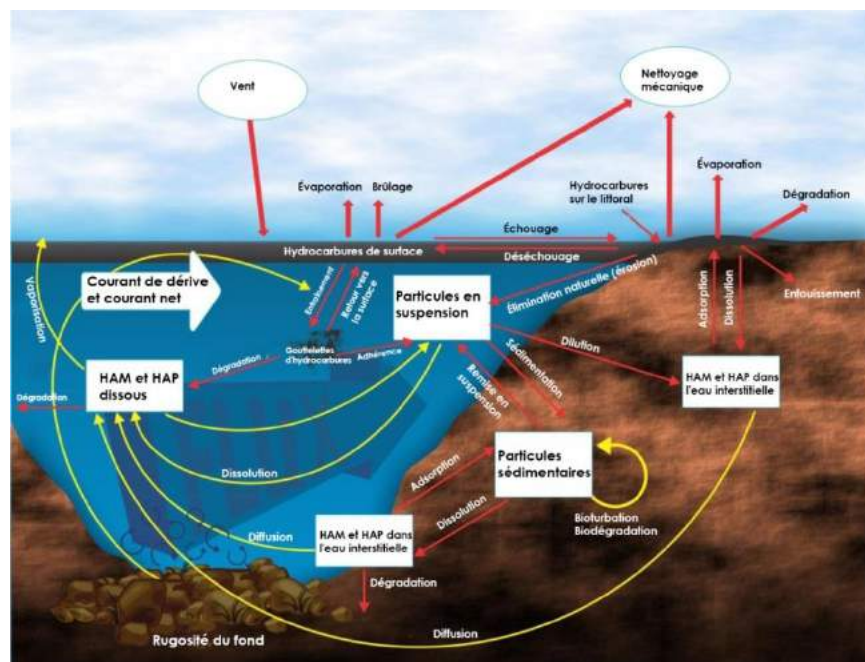


Figure E-7: Simulation du processus de devenir des hydrocarbures près de littoraux avec le modèle SIMAP

Transports Canada

Methodologie d'analyse des risques liés aux déversements d'hydrocarbures provenant des navires dans les eaux canadiennes – Annexe E: Modèle de probabilité d'exposition (PdX)

Mars 2017 – 15-1623

Plusieurs interactions peuvent se produire en cas de déversement d'hydrocarbures en présence de glace marine, notamment le dépôt à la surface de la glace, l'absorption dans la neige en surface, l'encapsulation dans la glace, le piégeage dans des chenaux ou des eaux ouvertes entre des *floes* (radeaux glaciels), l'accumulation sous la glace dans des crêtes et des quilles, l'accumulation et le piégeage dans les arêtes de glace de rive (**Figure E-8**) (Drozdowski et coll., 2011).

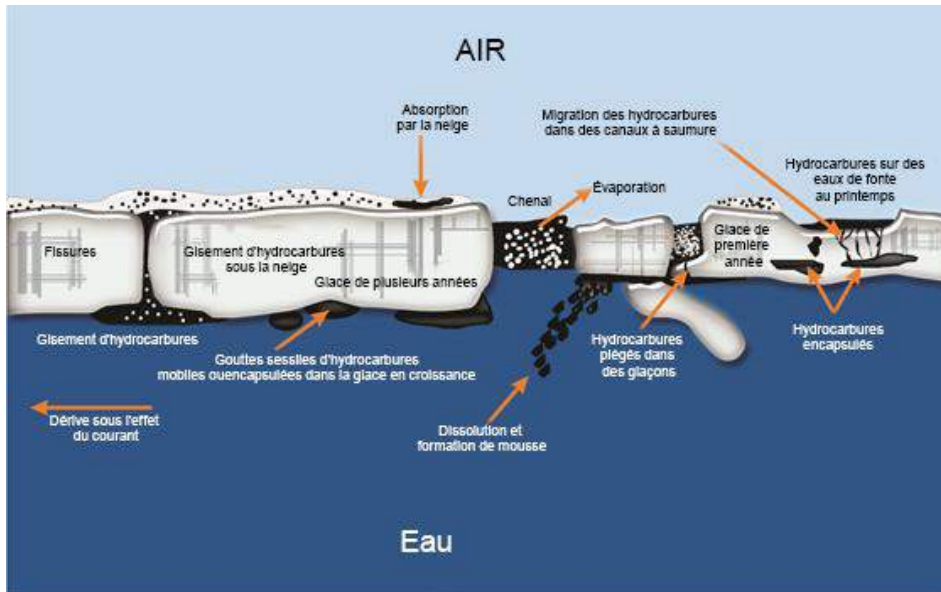


Figure E-8: Interactions entre les hydrocarbures et la glace

Nombre de ces interactions et de ces processus se produisent à des échelles si petites qu'il est impossible de les saisir dans les modèles hydrodynamiques et des glaces. Souvent, donc, ils ne sont pas pris en compte ni comptabilisés dans la modélisation de la trajectoire des hydrocarbures. Pour améliorer la modélisation de ces processus, il faudrait modéliser le comportement de la glace elle-même aux échelles spatiales qui s'imposent (au mètre). Les modèles de trajectoire des déversements d'hydrocarbures comme SIMAP simulent les effets à grande échelle de la glace sur le transport et le devenir des hydrocarbures à partir d'observations tirées d'études en laboratoire et sur le terrain.

Le degré selon lequel les hydrocarbures sont transportés par la glace dépend de l'étendue de la glace. Dans la méthode employée pour les études de modélisation des déversements où les caractéristiques à petite échelle de la glace ne sont pas définies et seules l'étendue et la dérive de la glace sont connues, le transport et le devenir des hydrocarbures sont simulés de la manière suivante:

- Advection: diminuée avec l'augmentation du pourcentage du couvert de glace
- Évaporation: réduite par l'effet d'écran des vents et des vagues
- Entraînement: diminué du fait de la réduction de l'énergie des vagues
- Étalement: ralenti par le froid, la présence de glace, les effets de regroupement

2.1 Entrées du modèle SIMAP

Les entrées dans l'analyse de la trajectoire et du devenir définissent l'environnement physique et biologique utilisé par SIMAP, mais également les scénarios de déversement devant être modélisés, les propriétés des produits pétroliers déversés et les multiples critères servant à calculer les effets des hydrocarbures sur l'environnement (voir la **Figure E-9**). Une grande partie des données nécessaires sont assez spécialisées. Il est donc nécessaire de comprendre les formats des fichiers complexes et les conventions scientifiques. Une certaine préparation s'impose. Lorsqu'un modèle de déversement d'hydrocarbure est utilisé dans le cadre d'une évaluation des risques de déversement, on s'emploie surtout à

obtenir, comprendre et formater les données d'entrée nécessaires pour exécuter les simulations. Les descriptions des entrées du modèle dans les sections suivantes de ce rapport sont destinées à donner une compréhension poussée de chaque ensemble de données d'entrée. Des exemples de la baie de Fundy sont utilisés.

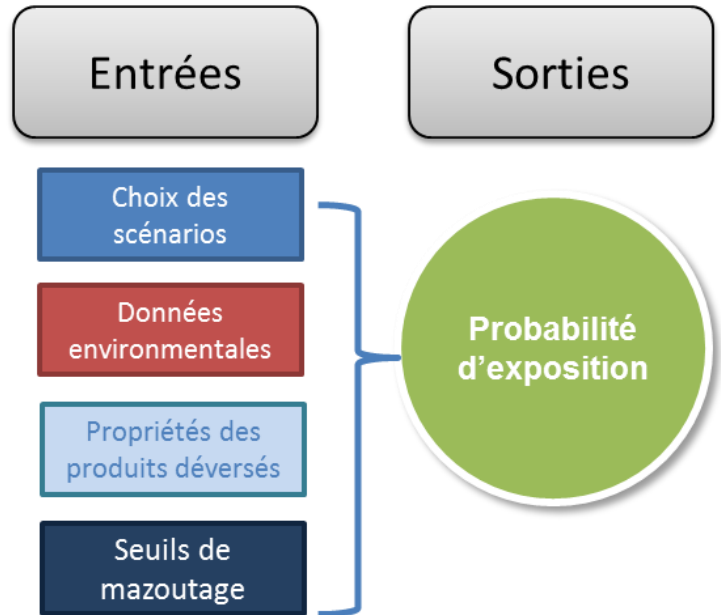


Figure E-9: Entrées et sorties du modèle SIMAP

2.1.1 Information sur le scénario

Dans le modèle de déversement d'hydrocarbure SIMAP, le scénario contient une définition de toutes les entrées et de tous les résultats de la simulation. Dans le contexte de l'évaluation des risques de déversement d'hydrocarbure par un navire, les scénarios sont créés selon des renseignements provenant des simulations faites par le modèle SAMSON.

2.1.2 Données environnementales

Le modèle de trajectoire et de devenir utilise les données environnementales pour définir l'environnement physique et biologique. Les ensembles de données décrivent les paramètres environnementaux qui changent rapidement, comme les vents, les courants, les vagues et les propriétés de la colonne d'eau, mais aussi les éléments plus statiques comme la profondeur de l'eau et le type d'habitat. Cette section décrit les données nécessaires pour définir tous les aspects de l'environnement exigés par le modèle de déversement d'hydrocarbure.

Vents

Pour simuler la trajectoire et le devenir des déversements d'hydrocarbures, il faut définir un champ des vents extrêmement dynamique et variable sur la totalité du secteur potentiel de déplacement des hydrocarbures. Des sources de données publiques pour le vent, gérées par des organismes gouvernementaux du Canada et des États-Unis, donnent les entrées indispensables pour la modélisation des déversements nécessaires à l'évaluation du risque. Les données proviennent de bouées ou d'instruments fixes par lesquels la vitesse et la direction du vent ont été enregistrées sur plusieurs années ou bien de résultats de modèles météorologiques qui génèrent la vitesse et la direction du vent sur une grille d'après une simulation sur plusieurs années. La **Figure E-10** illustre un exemple de champ des vents sur la baie de Fundy généré par un modèle météorologique, extrait du Système de prévision mésoéchelle d'Amérique du Nord (NAM) exploité par les Centres nationaux de prédiction environnementale (NOAA-NCEP).

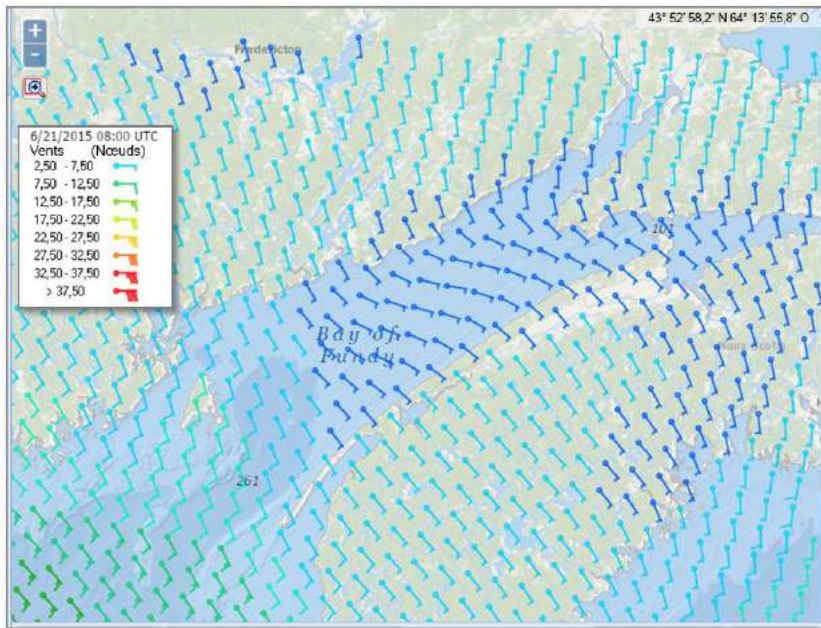


Figure E-10: Exemple de champ des vents dans la baie de Fundy

Les organismes gouvernementaux du Canada et des États-Unis fournissent des données sur le vent dans les deux formats. Pour l'évaluation du risque lié au déversement d'hydrocarbure, ces données doivent posséder une couverture spatiale suffisante pour en saisir la variabilité dans une région. Elles doivent aussi couvrir un nombre suffisant d'années (idéalement 10 ans) pour saisir la variabilité d'une année à l'autre.

Courants

Pour simuler la trajectoire et le devenir des déversements d'hydrocarbures, il faut définir les courants sur la totalité du secteur potentiel de déplacement des hydrocarbures. Les observations du courant, comme celles recueillies par les instruments installés sur place, ne proposent pas la couverture géographique nécessaire pour obtenir un modèle de déversement d'hydrocarbures.

Transports Canada

Outre la couverture géographique complète, lors du recours à une approche stochastique pour modéliser les déversements d'hydrocarbures, le champ des courants doit s'étendre sur une période suffisante pour saisir la variabilité sur une échelle mensuelle, saisonnière, annuelle ou décennale. L'application d'un modèle hydrodynamique au secteur d'intérêt constitue la meilleure solution pour répondre aux exigences spatiotemporelles des tâches de modélisation du déversement.

Une méthode courante consiste à simuler rétrospectivement une période récente couvrant plusieurs années et à utiliser les données recueillies par les instruments lors d'un processus d'assimilation des données visant à améliorer la précision du modèle hydrodynamique. À l'heure actuelle, il n'est pas facile d'accéder à ces types de résultats pour de nombreuses régions du monde. Il existe une autre méthode de modélisation de l'hydrodynamique d'une région, particulièrement lorsque les marées ou les importants afflux saisonniers d'eau douce constituent des paramètres décisifs. Elle consiste à employer un modèle hydrodynamique pour simuler les courants pendant une année en fonction des marées et des afflux des cours d'eau. Cette méthode est plus facilement réalisable que la simulation rétrospective à long terme. Par ailleurs, l'hydrodynamique obtenue correspond bien à la méthode de modélisation stochastique, car elle varie selon le mois et la saison et relève d'une couverture géographique ininterrompue.

Il existe d'autres procédés océanographiques qui dirigent les courants dans une région. Ils peuvent revêtir une importance et doivent être inclus dans le modèle hydrodynamique si possible. Il peut s'agir, par exemple, du courant découlant de la différence de densité des masses aqueuses, qui génère les mouvements de l'eau. Si ce type de courant joue un rôle dans le transport des hydrocarbures déversés, il doit être incorporé dans le modèle hydrodynamique.

Température et salinité

La température et la salinité de l'eau constituent d'importants paramètres du modèle de déversement d'hydrocarbure dans les divers calculs du devenir. Les hydrocarbures entraînés dans la colonne d'eau sous forme de gouttelettes sont soulevés par la poussée hydrostatique qui s'exerce sur eux, et la densité (calculée à partir de la température et de la salinité) constitue un paramètre essentiel dans ce calcul.

Le modèle SIMAP de déversement d'hydrocarbure a recours à une caractérisation de la colonne d'eau utilisant les valeurs de la température et de la salinité à des profondeurs discrètes le long d'un profil vertical. La **Figure E-11** illustre un exemple de profils verticaux de température et de salinité. Les valeurs de température et de salinité servent à calculer le profil de densité de l'eau dans toute la colonne d'eau. Il est possible d'obtenir ces valeurs dans de nombreuses sources. Le World Ocean Atlas de 2013 (Locarnini et coll., 2013; Zweng et coll., 2013) permet de trouver les profils saisonniers de température et de salinité de toute la planète. La température et la salinité peuvent aussi être obtenues de sources gouvernementales par zones régionales ou locales. Il est possible d'utiliser un seul ensemble de valeurs pour définir la colonne d'eau dans le modèle de déversement d'hydrocarbures. Par ailleurs, en cas de variabilité saisonnière, des profils saisonniers ou mensuels peuvent être définis.

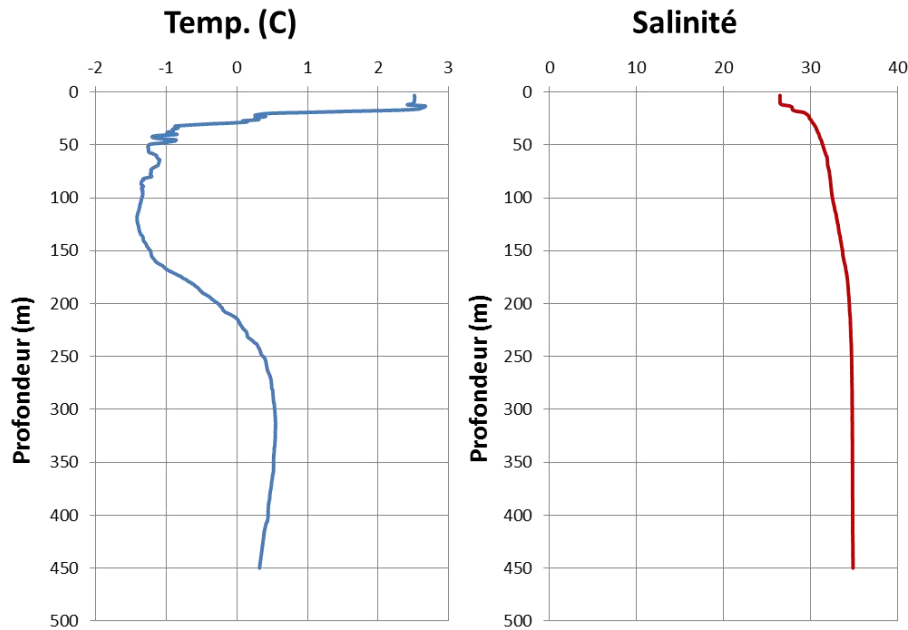


Figure E-11: Exemple de température et de salinité servant à définir dans SIMAP les propriétés de la colonne d'eau

Vagues

Les vagues à la surface de l'eau jouent un rôle important dans la modélisation des déversements, car elles peuvent entraîner les hydrocarbures des nappes de surface dans des colonnes d'eau sous forme de gouttelettes. En fonction de la taille des gouttelettes issues de ce processus d'entraînement, les hydrocarbures peuvent rester submergés quelque temps avant d'amorcer leur dissolution. Les hydrocarbures entraînés ne s'évaporent pas. Par conséquent, ils sont plus persistants sous forme volatile en dessous de la surface de l'eau et sont plus nocifs pour les organismes contenus dans les colonnes d'eau. Le modèle SIMAP génère des vagues à la surface de l'eau à l'aide des données sur les vents précisées dans les entrées du modèle et une méthodologie créée par l'Army Corps of Engineers des États-Unis (ACE) et décrite dans une publication de l'USACE de 2002. Selon la disponibilité, il est possible d'utiliser une simulation prospective du modèle des vagues du secteur d'étude afin de générer des hauteurs de vagues suffisantes pour le modèle de déversement d'hydrocarbure.

Glace

La présence de glace marine a un effet direct sur le transport et la dégradation des hydrocarbures déversés. La glace marine peut être définie comme un pourcentage du couvert dans un modèle de déversement, comme l'illustre la carte de la **Figure E-12**, ou sur un système de grille semblable à celui généré à partir d'un modèle hydrodynamique, mais qui afficherait les mouvements des glaces plutôt que ceux des courants.

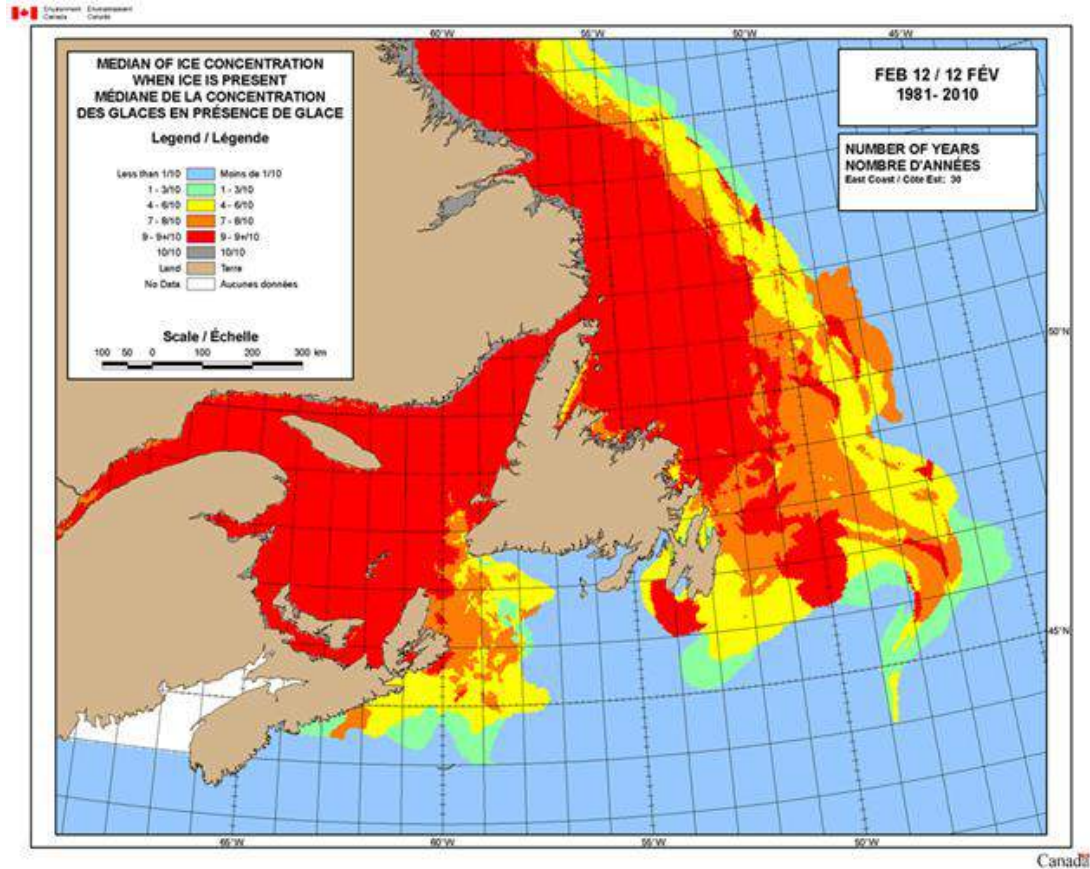


Figure E-12: Médiane de la concentration des glaces le 12 février, en la présence de glace. Fournie par le Service canadien des glaces d'après des données de 1981 à 2010

Habitats physiques et biologiques

Le modèle SIMAP se sert d'une définition des environnements physiques et biologiques qui caractérise un type d'habitat pour tous les secteurs où les hydrocarbures peuvent être transportés selon le modèle. Un type d'habitat décrit le littoral, les environnements intertidaux et subtidaux et les espèces qui y habitent. Le modèle de déversement d'hydrocarbures lit les désignations des habitats à partir d'une grille qui couvre le domaine modèle. Chaque cellule correspond à une profondeur et à un type d'habitat. L'information associée à chaque désignation de type comprend une liste des espèces biologiques dont on sait qu'elles peuplent ces habitats pour le secteur étudié. Une grille modèle peut contenir jusqu'à 21 types d'habitats écologiques. Les types d'habitats sont définis conformément à l'approche de Cowardin et coll. (1979).

Les habitats sont désignés comme étant côté terre ou au large. Les parties côté terre sont les rivières, les eaux courantes, les estuaires et les passages en dehors des principales étendues d'eau qui nous intéressent. La partie au large est la principale partie ou la plus océanique. Cette désignation permet de simuler diverses abondances biologiques dans les zones côté terre ou au large d'un même type d'habitat (p. ex. eaux libres avec fond sableux dans un vaste estuaire par rapport à celles d'un lagon côtier).

Transports Canada

Methodologie d'analyse des risques liés aux déversements d'hydrocarbures provenant des navires dans les eaux canadiennes – Annexe E: Modèle de probabilité d'exposition (PdX)
 Mars 2017 – 15-1623

On utilise des données biologiques adaptées pour attribuer un type à chaque cellule et la classer au large ou côté terre. En eau douce, le côté terre équivaut au littoral et le large, à la zone limnétique. Dans les eaux tidales (estuaire ou eaux douces), les types d'habitats écologiques sont généralement classés en deux secteurs: intertidal et subtidal. Les habitats intertidaux se trouvent au-dessus du niveau des marées basses de printemps, tandis que les subtidaux correspondent à toutes les zones sous ce niveau. Les zones intertidales peuvent être « extensives » si elles sont assez vastes pour être représentées par plusieurs cellules de la grille. En général, les habitats intertidaux extensifs sont des zones de marnage ou des zones humides. Tous les autres habitats intertidaux sont plus étroits qu'une cellule, et ces types intertidaux marginaux ont des largeurs caractéristiques qui leur sont attribuées dans le modèle. Les limites entre l'eau et la terre sont des types d'habitat intertidal marginaux. Le côté maritime de cellules intertidales marginales peut comporter des cellules intertidales extensives si la zone intertidale est extensive. Dans le cas contraire, les habitats subtidaux se trouvent en bordure de la zone intertidale marginale. Pour la base de données biologiques, les zones de marnage extensives et marginales sont identiques, comme le sont également les zones humides extensives et marginales. Ces habitats ne diffèrent que par la largeur de la zone intertidale. Les sources publiques pour ce type de données sont variées. Chaque province fournit ses propres données, comme le British Columbia Biological Shore-Zone Mapping System décrit dans Howes et coll., 1994.

Bathymétrie

La profondeur de l'eau dans toute la région du déversement simulé joue un rôle important pour calculer le transport en subsurface et la concentration des hydrocarbures entraînés. Le modèle SIMAP définit la profondeur de l'eau dans chaque cellule de l'habitat à l'aide des meilleures données existantes. De nombreux ensembles de données de bathymétrie proposent une couverture mondiale applicable aux secteurs en mer, mais dont la résolution est faible dans les milieux littoraux. Pour les profondeurs littorales, il est possible d'utiliser les sondages et les isobathes des cartes de navigation. Le Service hydrographique du Canada fournit des cartes de navigation numériques des eaux canadiennes navigables. La meilleure méthode consiste à assembler des données sur la profondeur venant de sources multiples et de les fusionner en une couverture bathymétrique unique.

2.1.3 Propriétés des produits déversés

Il est essentiel de préciser les propriétés physiques et chimiques des hydrocarbures utilisés dans le modèle de déversement SIMAP pour obtenir des prédictions exactes et fiables quant au devenir des hydrocarbures. Il peut se révéler difficile de trouver certaines propriétés des hydrocarbures exigées pour le modèle. Par conséquent, le système contient une base de données de ces propriétés pour un éventail des produits pétroliers bruts et raffinés les plus courants. La meilleure source de paramètres physiques et chimiques décrivant des produits pétroliers bruts et raffinés est celle d'Environnement Canada, accessible en ligne (<http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/oilproperties/Default.aspx>). À l'heure actuelle, elle propose les propriétés de 450 produits. Des études récentes sur le comportement et le devenir des hydrocarbures ont été publiées par Pêches et Océans Canada et par le Centre de recherche sur le pétrole, le gaz et autres sources d'énergie extracôtières (CRPGEE).

2.1.4 Seuils de mazoutage

Les seuils d'épaisseur ou de concentration d'hydrocarbure sont utilisés dans les modèles de déversement d'hydrocarbure pour déterminer si la quantité présente dans l'environnement est suffisante pour avoir un effet ou pour déclencher différentes interventions en cas de déversement. Les seuils d'impact servent à déterminer les impacts écologiques ou socioéconomiques. Les seuils liés à l'intervention en cas de déversement prennent en compte, par exemple, si l'épaisseur de l'hydrocarbure flottant est suffisante pour permettre la récupération mécanique.

Les hydrocarbures de surface sont souvent mesurés en g/m^2 , 1 g/m^2 correspondant à une couche d'environ 1 micromètre (μm). Le **Tableau E-2** donne la plage d'épaisseur approximative des hydrocarbures de surface d'aspects divers. Les taches brun terne présentent une épaisseur d'environ 1 à 4 μm , ou de 0,2 à 0,8 μm pour les taches irisées et de 0,05 à 0,2 μm pour les taches argentées (NRC, 1985). Les hydrocarbures bruts et lourds d'une épaisseur de plus de 1 mm ont l'aspect d'hydrocarbures noirs (mazout). Les carburants légers et le diesel d'une épaisseur supérieure à 1 μm ne sont pas noirs, mais plutôt bruns ou rougeâtres. Les hydrocarbures flottants ne prennent pas toujours ces aspects, mais, en tant qu'hydrocarbures persistants, ils ont la forme de boules et de plaques de goudron éparés là où les courants convergent.

Tableau E-2: Épaisseur (μm) et apparence des hydrocarbures à la surface de l'eau (NRC, 1985)

Minimum (μm)	Maximum (μm)	Apparence à la surface de l'eau
0,05	0,2	Incolore et tache argentée
0,2	0,8	Tache irisée
1	4	Tache brun terne
10	100	Tache brun foncé
1 000	10 000	Hydrocarbure noir (mazout)

Le choix des seuils à appliquer dépend des objectifs de la modélisation. Les seuils socioéconomiques servent à déterminer la force de l'impact sur les ressources socioéconomiques. Par exemple, l'accumulation, sur une plage publique, d'hydrocarbures d'une épaisseur supérieure au seuil fixé entraînera une interdiction de baignade. Les seuils écologiques servent à déterminer les effets sur les ressources biologiques. Par exemple, on a observé que le seuil écologique de mazoutage de la surface de l'eau entraîne la mort d'oiseaux et d'autres animaux marins (mammifères à fourrure, tortues de mer). Les seuils d'intervention sont utiles pour déterminer s'il est possible d'utiliser diverses techniques d'intervention, et si ces dernières seront efficaces. Par exemple, la récupération mécanique n'est pas considérée comme efficace pour les hydrocarbures de surface d'une épaisseur inférieure à 8 g/m^2 (8 μm). Le modèle SIMAP peut appliquer plusieurs seuils à un scénario stochastique unique.

Pour analyser la probabilité ou la vraisemblance des effets potentiels, le modèle SIMAP a recours à des seuils précis pour l'épaisseur des hydrocarbures en surface, la concentration dans l'eau et le mazoutage du littoral.

Des seuils peuvent aussi être définis pour déterminer la probabilité d'effets de mazoutage pour des groupes d'espèces individuelles se trouvant dans ces sections environnementales. Les données utilisées pour définir les divers seuils sont limitées. Il est préférable d'adopter une approche prudente en définissant un seuil pour déterminer les effets de l'exposition aux hydrocarbures. Les simulations de déversement effectuées dans le cadre de l'ERS ont recours à un seuil d'épaisseur ou de concentration des hydrocarbures pour calculer la probabilité de mazoutage en fonction des calculs de risque ultérieurs qui prennent le modèle de déversement d'hydrocarbure comme entrée. Les seuils utilisés pour la modélisation SIMAP dans l'ERS sont montrés dans le **Tableau E-3**. Ils proviennent d'une étude analytique et critique (French McCay, 2016) de plus de 90 articles publiés et révisés par des pairs et portant sur les seuils d'hydrocarbures susceptibles d'entraîner des effets biologiques et socioéconomiques.

Tableau E-3: Seuils d'épaisseur de l'hydrocarbure pour la surface de l'eau, le littoral, la colonne d'eau et les sédiments du fond marin (French McCay, 2016)

Couche de cellule	Seuil (épaisseur ou concentration)	Description
Surface de la mer	0,01 g/m ² (0,01 µm)	Épaisseur d'hydrocarbure pour les effets socioéconomiques
	1 g/m ² (1 µm)	Épaisseur d'hydrocarbure pour des effets sublétaux sur les mammifères marins, les oiseaux et les reptiles touchés par les nappes d'hydrocarbure de surface
	8,0 g/m ² (8 µm)	Épaisseur minimale permettant l'écumage ou le retrait des hydrocarbures de la surface avec l'équipement d'intervention, l'application efficace de dispersants de surface ou la collecte des hydrocarbures à l'aide d'un barrage flottant ou pour le brûlage in-situ
Littoral	1 g/m ² (1 µm)	Épaisseur d'hydrocarbure pour les effets socioéconomiques
	10 g/m ² (10 µm)	Épaisseur d'hydrocarbure pour des effets sublétaux sur les oiseaux de rivage et les échassiers
Colonne d'eau	0,1 µg/L	Concentration d'HAP pour des effets sublétaux dans les zones protégées et les habitats importants
	1,0 µg/L	Concentration d'HAP pour des effets sublétaux sur les poissons et les invertébrés
	100,0 µg/L	Concentration d'HT pour des effets sur le biote global de la colonne d'eau
Sédiment du fond marin	200 g/m ²	Effets sublétaux sur les invertébrés dans les sédiments.

3.0 Mesures d'atténuation du déversement

Les simulations du modèle de déversement d'hydrocarbures peuvent inclure des mesures des actions d'atténuation pour évaluer leur efficacité. Elles s'avèrent utiles pour comparer les effets potentiels d'un déversement suivi ou non de mesures d'intervention comme la récupération mécanique, l'application de dispersant et le brûlage in-situ. Les simulations du modèle prévoient des mesures d'intervention adaptées aux estimations en matière de capacité et de logistique de déploiement des moyens d'intervention à chaque emplacement géographique.

Le scénario de déversement choisi est d'abord modélisé en supposant qu'il n'y a aucune intervention, de façon à obtenir les informations nécessaires pour intégrer les mesures d'intervention après déversement. Les scénarios peuvent ensuite être modélisés en se servant de la méthode du taux de rencontre qui peut comprendre les méthodes d'intervention. On peut ensuite comparer l'efficacité des différentes options d'intervention évaluées à celle de l'option sans intervention. L'intervention du taux de rencontre est une simulation stochastique qui résulte de la combinaison de 200 scénarios différents donnant la probabilité de l'emplacement de destination des hydrocarbures. Cela ne représente pas un événement de déversement précis et les résultats de l'intervention du taux de rencontre ne doivent être utilisés que dans le cadre de l'ERS et non pour la planification d'une intervention.

3.1 Barrage flottant de déviation

Les barrages flottants sont des polygones qui représentent leurs positions et caractéristiques. Dans la simulation du modèle, le barrage se comporte conformément aux seuils pour la vitesse du courant, la hauteur des vagues et la vitesse du vent. Le barrage est inefficace lorsqu'un des seuils est dépassé pendant la simulation. Les résultats du modèle de la trajectoire des hydrocarbures reflètent le déploiement et l'échec des barrages flottants.

3.2 Barrage flottant de collecte

Les emplacements des barrages flottants sont définis par des polygones représentant une zone de collecte et les caractéristiques des barrages. Dans la simulation du modèle, le barrage se comporte conformément aux seuils pour la vitesse du courant, la hauteur des vagues et la vitesse du vent. Le barrage est inefficace lorsqu'un des seuils est dépassé pendant la simulation. Les résultats du modèle de la trajectoire des hydrocarbures refléteront le déploiement et l'échec des barrages.

3.3 Récupération mécanique

L'enlèvement des hydrocarbures par les écrémeurs est défini, pour le modèle, à l'intérieur des régions polygonales. Chaque région d'enlèvement représente un écrémeur actif dont les caractéristiques logistiques et opérationnelles ont été définies pour que l'enlèvement des hydrocarbures puisse être calculé pour la surface d'hydrocarbure de cette région. Les caractéristiques de l'écrémeur comprennent des temps de début et de fin pour calculer la quantité horaire d'hydrocarbure devant être enlevé.

Pour obtenir des détails sur la façon de déterminer le volume d'hydrocarbure à récupérer par heure, se reporter à la note de service technique de Dillon intitulée « SIMAP Oil Spill – Enhanced Encounter Rate Response Memo » du 21 novembre 2016. Les seuils définissent les limites de la récupération, y compris l'épaisseur d'hydrocarbure minimale, la vitesse maximale du courant et la hauteur maximale des vagues qui permettent l'écrémage.

Dans une simulation de déversement, les hydrocarbures sont éliminés de cette zone à la vitesse spécifiée et pendant la durée définie. Tous les paramètres logistiques, comme la durée de déploiement ou de trajet, les heures diurnes et les autres contraintes opérationnelles liées aux bâtiments en activité sont pris en compte dans les calculs du modèle.

3.4 Application de dispersant

Les régions de dispersant indiquent les endroits où le produit doit être appliqué par un bateau ou un avion. Plusieurs régions de dispersant peuvent être définies et utilisées dans une simulation du modèle. À chaque région correspond une heure de début et de fin d'application du dispersant et un taux de dispersion, en tonnes métriques par heure, selon lequel les hydrocarbures sont éliminés de la surface de l'eau par le dispersant. Les hydrocarbures sont éliminés de la surface de l'eau et dispersés en gouttelettes dans la colonne d'eau. La quantité d'hydrocarbure éliminée ne peut excéder la quantité présente dans la région. Des seuils pouvant restreindre l'application du dispersant sont définis pour chaque région: épaisseur minimale des hydrocarbures, vitesse minimale du vent, vitesse maximale du vent, profondeur minimale des eaux, viscosité maximale des hydrocarbures. Tous les paramètres logistiques, comme la durée de déploiement ou de trajet, les heures diurnes et les autres contraintes opérationnelles liées aux bâtiments en activité sont pris en compte dans les calculs du modèle.

3.5 Brûlage in-situ

Les régions de brûlage in-situ indiquent les endroits où ces opérations prennent place. Plusieurs secteurs de brûlage in-situ peuvent être définis et utilisés dans une simulation du modèle. À chaque région correspondent une heure de début et de fin du brûlage in-situ et un taux de brûlage, en tonnes métriques par heure, selon lequel les hydrocarbures sont éliminés de la surface de l'eau par combustion. La quantité d'hydrocarbure éliminée ne peut excéder la quantité présente dans la région. Des seuils pouvant restreindre le brûlage in-situ sont définis pour chaque région: épaisseur minimale des hydrocarbures, vitesse minimale du vent, vitesse maximale du vent, profondeur minimale des eaux, viscosité maximale des hydrocarbures. Tous les paramètres logistiques, comme le temps de déploiement ou de trajet, les heures diurnes et les autres contraintes opérationnelles liées aux bâtiments en activité et à l'équipement de brûlage sont pris en compte dans les calculs du modèle.





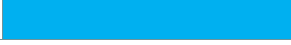
4.0 Probabilité d'exposition

La probabilité d'exposition (PdX) correspond essentiellement à la probabilité de contamination par les hydrocarbures survenant au-dessus du seuil défini pour la surface de l'eau, le littoral, la colonne d'eau et le fond marin. Les valeurs du PdX sont calculées par le modèle SIMAP sur une grille couvrant l'étendue complète des trajectoires du déversement et sont exprimées par des valeurs comprises entre 0 (aucune probabilité de contamination par les hydrocarbures) et 1 (100 % de probabilité de contamination).

Il faut s'attendre à ce que les grilles indiquant la probabilité que le mazoutage de la surface de l'eau, du littoral et des fonds marins ainsi que la contamination de la colonne d'eau dépassent les seuils établis devant être produits pour chaque scénario de modélisation stochastique. La probabilité de mazoutage s'appuie sur une analyse statistique de l'ensemble de trajectoires individuelles découlant de chaque scénario de déversement. Les grilles de probabilité ne renseignent pas sur le volume d'hydrocarbures dans une cellule donnée. Elles montrent uniquement la probabilité d'hydrocarbures dépassant le seuil établi sur l'ensemble complet d'exécution à chaque point. Les seuils appliqués au calcul des probabilités d'exposition aux hydrocarbures sont définis comme des volumes d'hydrocarbure dont l'impact et les dommages sur les ressources biologiques sont prouvés. Par conséquent, les probabilités sont une mesure du potentiel d'impact. Par exemple, une nappe d'hydrocarbure d'une épaisseur supérieure à 10 micromètres est mortelle pour les oiseaux et les autres formes de vie marine (mammifères marins, tortues de mer), de sorte que la probabilité d'exposition est une mesure de la vraisemblance de la mortalité. Des seuils adaptés aux effets sublétaux peuvent aussi être utilisés pour déterminer la probabilité d'exposition.

Il est possible de déterminer l'indice de probabilité d'exposition (IPdX) dans chaque cellule et de la normaliser sur une échelle de risque pour chacun des quatre secteurs (littoral, eau de surface, colonne d'eau et fond marin). Une échelle de 1 (très faible) à 5 (très élevé) permet de représenter la plage de probabilité, comme indiqué dans le **Tableau E-4**.

Tableau E-4: Indice relatif de la probabilité de contamination par l'hydrocarbure pour définir la probabilité d'exposition (PdX)

Catégorie de PdX	Indice de PdX	Description ¹	Définition	Code couleur
PdX-5	0,9	De 81 % à 100 %	Très élevé	
PdX-4	0,7	De 61% à 80%	Élevé	
PdX-3	0,5	De 41% à 60%	Moyen	
PdX-2	0,3	De 21% à 40%	Faible	
PdX-1	0,1	De 5% à 20%	Très faible	

Remarque: Les valeurs inférieures à 5 % ont été exclues à cause de variations statistiques dans la trajectoire de l'hydrocarbure.

¹ La limite basse du PdX-1 a été positionnée à 5 % en dessous, ce qui est considéré comme statistiquement négligeable.

5.0 Résultats de modélisation SIMAP

Chaque scénario stochastique donne une carte de la probabilité d'exposition aux hydrocarbures sur la surface de la mer (voir les exemples de la **Figure E-13**), sur le littoral et dans la colonne d'eau. Le calcul des probabilités s'appuie sur la présence d'hydrocarbures au-delà d'un seuil d'épaisseur ou de concentration fixé. Les seuils sont précisés suivant le type d'effet de déversement à évaluer, comme indiqué dans la **section 2.1.4**.

Il faut souligner que lors de l'application d'un modèle stochastique de déversement d'hydrocarbures, les nombreuses trajectoires individuelles donnent une zone de probabilité qui décrit le secteur potentiel de contamination par les hydrocarbures sur la base de l'ensemble complet de conditions modélisées. Par conséquent, les empreintes stochastiques sont plus vastes que les effets attendus d'un incident seul.

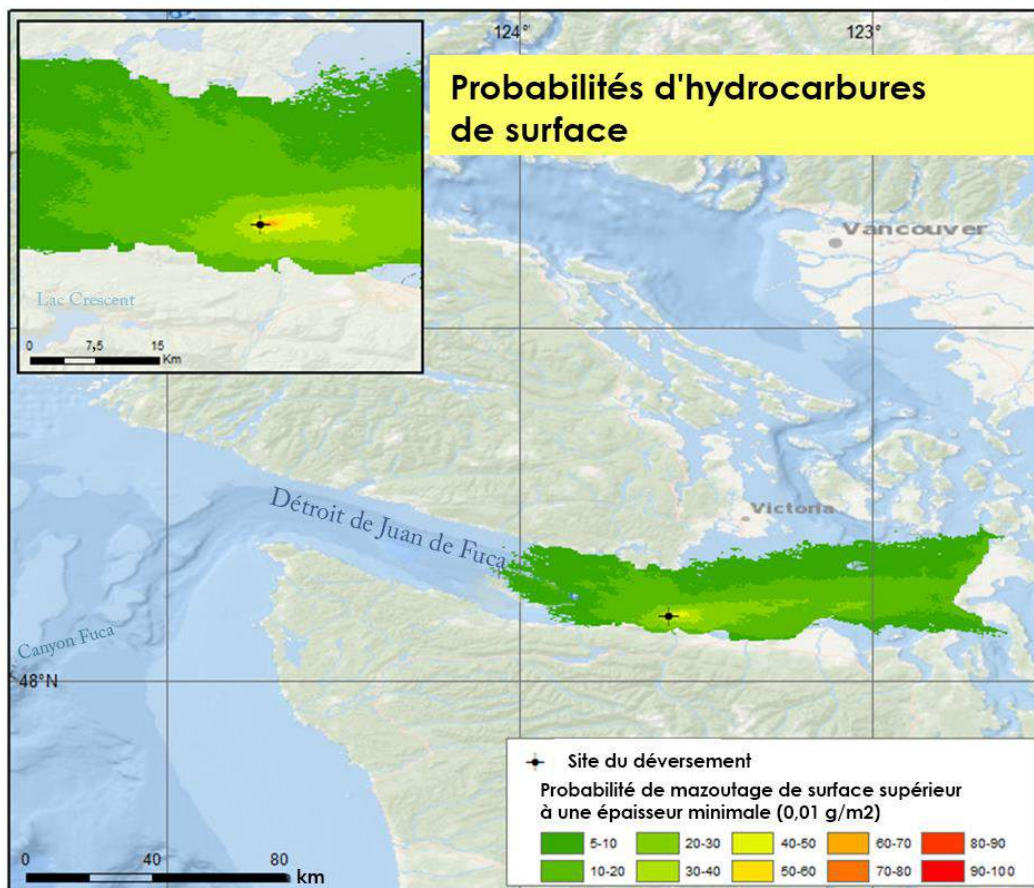


Figure E-13: Carte montrant la probabilité d'hydrocarbures atteignant la surface de l'eau au-dessus du seuil d'épaisseur de 0,01 g/m²

6.0 Conclusion

La probabilité d'exposition, déterminée par le modèle SIMAP, permet de calculer la Fréquence d'exposition (FdX); se reporter à la **Section 6.1** du Document d'orientation pour un complément d'information. Grâce au modèle SIMAP, nous pouvons calculer les conséquences de l'exposition en utilisant la méthodologie exposée dans l'**Annexe F du Document d'orientation**.

7.0 Références

- COWARDIN, L.M., V. Carter, F.C. Golet et E.T. LaRoe. 1979, Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, U.S. Fish and Wildlife Service Report n° FWS/OBS/-79/31. Washington, D.C.
- DALING, P.S., D. Mackay, N. Mackay et P.J. Brandvik. 1990, Droplet size distributions in chemical dispersion of oil spills: Towards a mathematical model, Oil & Chemical Pollution, vol. 7, p. 173-198.
- DALING, P.S., O. M. Aamo, A. Lewis et T. Strom-Kritiansen. 1997, SINTEF/IKU Oil-Weathering Model: Predicting Oil's Properties at Sea, Actes de conférence 1997, Oil Spill Conference, API Publication n° 4651, Washington, D.C., p. 297-307.
- DELVIGNE, G. A. L et C.E. Sweeney. Natural dispersion of oil, Oil and Chemical Pollution, 1988, vol. 4, p. 281-310.
- DROZDOWSKI, A., S. Nudds, C. G. Hannah, H. Niu, I. Peterson et W. Perrie. Review of Oil Spill Trajectory Modelling in the Presence of Ice. Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques, 2011, 274, vi + 84 p.
- Federal Register, 7 mai, 1996, vol. 61, n° 89, p. 20559-20614, <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1996-05-07/content-detail.html>
- FRENCH, D., M. Reed, K. Jayko, S. Feng, H. Rines, S. Pavignano, T. Isaji, S. Puckett, A. Keller, F. W. French III, D. Gifford, J. McCue, G. Brown, E. MacDonald, J. Quirk, S. Natzke, R. Bishop, M. Welsh, M. Phillips et B. S. Ingram. The CERCLA Type A Natural Resource Damage Assessment Model for Coastal and Marine Environments (NRDAM/CME), Documentation technique, vol. I-VI, rapport final remis à l'Office of Environmental Policy and Compliance, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., contrat n° 14-0001-91-C-11, avril 1996.
- FRENCH McCay, D. 2016, Potential effects thresholds for Oil Spill Risk Assessments. Proceedings of the 39th AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response, Emergencies Science Division, Environnement Canada, Ottawa, ON.
- HOWES, D., J. Harper et E. Owens. Physical Shore-Zone Mapping System for British Columbia. Publication gouvernementale 7680000631, mars 1994.

- Jones, R.K., 1997. A Simplified Pseudo-Component of Oil Evaporation Model. Actes de conférence, 20^e Programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique (AMOP), colloque technique, Environnement Canada, p. 43-61.
- Lehr, W.J., D. Wesley, D. Simecek-Beatty, R. Jones, G. Kachook et J. Lankford, 2000. Algorithm and interface modifications of the NOAA oil spill behaviour model. Actes de conférence, 23^e Programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique (AMOP), colloque technique, Environnement Canada, Vancouver (C.-B.), Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, p. 525-539.
- LOCARNINI, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, H. E. Garcia, O. K. Baranova, M. M. Zweng, C. R. Paver, J. R. Reagan, D. R. Johnson, M. Hamilton et D. Seidov. World Ocean Atlas 2013, volume 1: Temperature. S. Levitus, éd., A. Mishonov éd. techn., NOAA Atlas NESDIS 73, 2013, 40 p.
- LUNEL, T. [1993a] Dispersion: Oil droplet size measurements at sea. Actes du 16^e colloque technique du Programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique (AMOP), Environnement Canada, Calgary, Alberta, du 7 au 9 juin 1993, p. 1023-1056.
- LUNEL, T. [1993b] Dispersion: Oil droplet size measurements at sea, Actes de conférence 1993 sur les déversements de pétrole, p. 794-795.
- MELLING, H., D. A. Riedel et Z. Gedalof. Trends in the draft and extent of seasonal pack ice, Canadian Beaufort Sea, Geophysical Research Letters (32) doi:10.1029/2005GL024483, 2005.
- MUIN, M. et M. L. Spaulding. 1997, A 3-D boundary-fitted circulation model, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 123, 1, p. 2-12.
- National Research Council (NRC), 1985. Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects, National Academy Press, Washington, D.C., 601 p.
- Payne, J.R., B.E. Kirstein, G.D. McNabb Jr., J.L. Lambach, R. Redding, R.E. Jordan, W. Hom, C. deOliveria, G.S. Smith, D.M. Baxter et R. Gaegel, 1984. Multivariate analysis of petroleum weathering in the marine environment – sub Arctic. Environmental Assessment of the Alaskan Continental Shelf, OCEAP, Final Report of Principal Investigators, Vol. 21 et 22, fév. 1984, 690 p.
- PETERSON, I. K., S. Prinsenberget et J.S. Holladay. Observations of sea ice thickness, surface roughness and ice motion in Amundsen Gulf, Journal of Geophysical Research (113) doi: 10.1029/2007JC004456, 2008.

SØRSTRØM, S. E., P. J. Brandvik, I. Buist, P. Daling, D. Dickins, L.-G. Faksness, S. Potter, J. Fritt Rasmussen et I. Singaas. Joint industry program on oil spill contingency for Arctic and ice-covered waters, rapport SINTEF, 2010.

SPAULDING, M. L., E. Howlett, E. Anderson et K. Jayko. OILMAP: A global approach to spill modeling, 15^e colloque technique du Programme de lutte contre les déversements d'hydrocarbures en mer et dans l'Arctique (AMOP), Edmonton, Alberta, Canada, du 9 au 11 juin 1992, p. 15-21.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE), 2002. Coastal Engineering Manual, 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (en 6 volumes), Meteorology and Wave Climate. In Coastal Engineering Manual, Part II, Chapter II-2, 1^{er} août 2008 (Change 2).
http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/EM_1110-2-1100_vol/PartII/Part_II-Chap_2.pdf

ZWENG, M. M., J. R. Reagan, J. I. Antonov, R. A. Locarnini, A. V. Mishonov, T.P. Boyer, H. E. Garcia, O.K. Baranova, D. R. Johnson, D. Seidov et M. M. Biddle. World Ocean Atlas 2013, volume 2: Salinity. S. Levitus, éd.; A. Mishonov, éd. tech., NOAA Atlas NESDIS 74, 2013, 39 p.

Annexe F

Modèle de conséquences de l'exposition (CdX)

Table des matières

1.0	Introduction	1
2.0	Sensibilités biologiques	5
2.1	Aperçu des vulnérabilités biologiques.....	5
2.2	Aires protégées et habitats importants (CdX _{APHI})	5
2.3	Espèces en péril (CdX _{EP})	7
3.0	Milieu physique	10
3.1	Aperçu de l'environnement physique	10
3.2	Littoral (CdX _{Littoral}).....	10
3.3	Fond marin (CdX _{FM}).....	14
4.0	Facteurs socioéconomiques	15
4.1	Aperçu des facteurs socioéconomiques.....	15
4.2	Intensité de la pêche commerciale (IPC).....	15
4.3	Intensité de l'emploi en tourisme (IET)	17
4.4	Indice de tonnage de fret (ITF)	18
4.5	Indicateur d'extraction des ressources hydriques (IERH).....	18
4.6	Indicateur de Premières Nations (IPN).....	19
4.7	Indicateur de densité de la population (IDP).....	20
4.1	Indicateur de parcs et de zones culturelles (IPZC).....	21
5.0	Références	22

Figures

Figure F-1: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS	1
Figure F-2: Nœud papillon de l'ERS simplifié montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque	3
Figure F-3: Couches composant une cellule.....	3

Tableaux

Tableau F-1: Conséquences de l'exposition – réponses aux questions 3 et 4 de la Figure 2-1 du document d'orientation	2
--	---

Tableau F-2: Catégories de conséquences d'exposition (CdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur	4
Tableau F-3: Groupes d'espèces et sous-catégories sélectionnés pour la méthodologie d'ERS	5
Tableau F-4: Indice d'exposition des aires protégées et habitats importants	6
Tableau F-5: Groupes et sous-groupes d'espèces sélectionnées dans le cadre de la méthodologie d'ERS	7
Tableau F-6: Désignation des espèces en péril	8
Tableau F-7: Groupes de milieux physiques.....	10
Tableau F-8: Types de littoraux et indices de classification associés	11
Tableau F-9: Poids selon l'indice d'impact environnemental de la méthode de nettoyage du littoral.....	13
Tableau F-10: Indice d'exposition du fond marin.....	14
Tableau F-11: Sous-catégories de récepteur de risque pour les facteurs socioéconomiques de la méthodologie d'ERS.....	15
Tableau F-12: Méthodes d'établissement des indices d'intensité de la pêche commerciale.....	16
Tableau F-13: Catégories d'intensité de la pêche commerciale (IPC), indices, descriptions, définitions et codes couleur.....	16
Tableau F-14: Catégories d'intensité d'emploi dans le tourisme (IET), indices, descriptions, définitions et codes couleur.....	18
Tableau F-15: Valeurs de l'indice de tonnage de fret	18
Tableau F-16: Catégories d'intensité de densité de la population (IDP), indices, descriptions, définitions et codes couleur.....	21

Annexes

- Annex F-1 Modificateur de sensibilité de la méthode de nettoyage du littoral (MFSCMS)
- Annex F-2 Correspondance des espèces en péril fédérales et provinciales

1.0 Introduction

La méthodologie d'évaluation des risques par secteur (ERS), illustrée à la **Figure 2-2** du document d'orientation, comporte quatre phases. Elle permet à l'utilisateur de commencer par déterminer la probabilité d'un déversement d'hydrocarbure à partir de navires pour chacune des huit catégories de déversement (phase 1), dans le secteur d'étude prescrit, afin de concentrer les efforts sur l'identification des types de volumes de déversement d'hydrocarbure (phase 2) à des emplacements particuliers. Avant la phase finale, on détermine la fréquence d'exposition (phase 3). Il est ainsi possible d'effectuer ensuite une évaluation des risques plus détaillée (phase 4) et de mieux comprendre et évaluer le risque pour le type de volumes de déversement d'hydrocarbure choisi sur des emplacements particuliers du secteur d'étude. Une représentation graphique de l'application de la méthodologie ERS est donnée ci-dessous, issue de la **Figure 2-7** du document d'orientation.

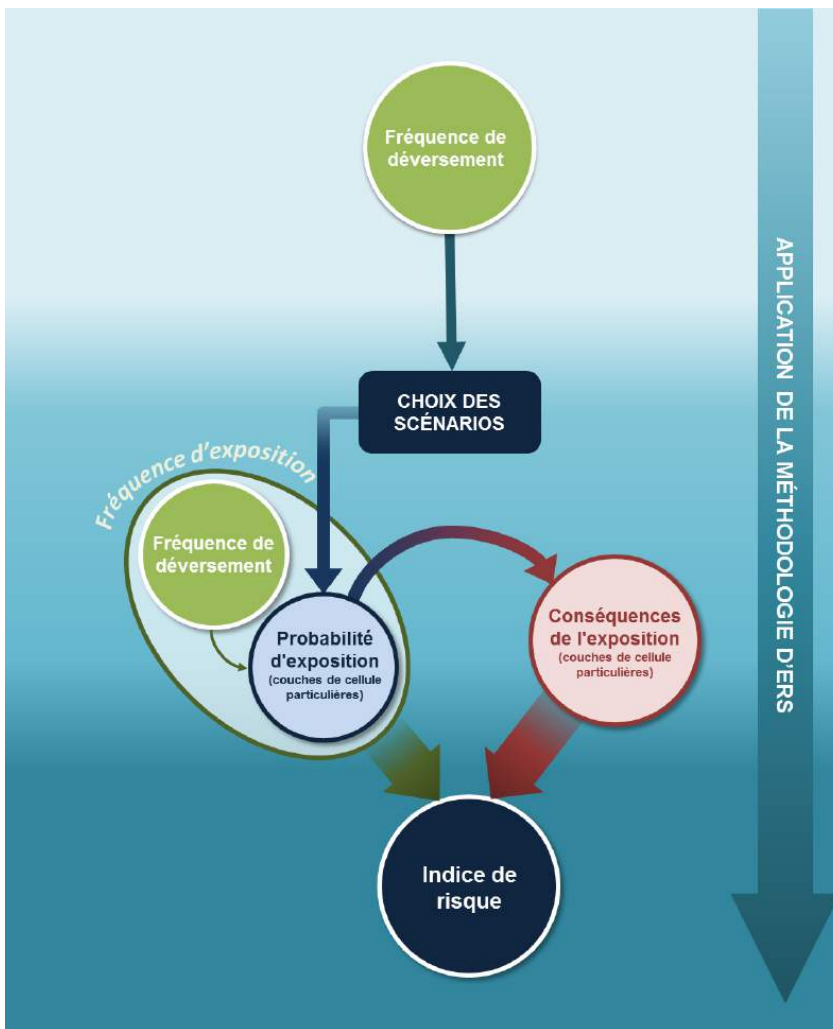


Figure F-1: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS

Comme le montre la **Figure 2-1** du Document d'orientation, les conséquences de l'exposition (CdX) répondent aux questions 3 et 4:

Tableau F-1: Conséquences de l'exposition – réponses aux questions 3 et 4 de la Figure 2-1 du document d'orientation

Question	Réponse
3. Qu'est-ce qui pourrait être exposé au déversement d'hydrocarbure?	<p>Il faut respecter deux conditions pour répondre à la question 3 avant de passer à la question 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Il doit y avoir un récepteur de risque, qu'il soit biologique, physique ou socioéconomique. b) Il doit y avoir présence d'hydrocarbure.
4. À quel point l'environnement biologique et socioéconomique est-il vulnérable à un déversement d'hydrocarbure ?	<p>L'indice de CdX reflète la présence et le type des trois catégories de récepteur de risque, soit, essentiellement, la sensibilité du récepteur de risque à l'hydrocarbure. Il ne représente PAS le niveau d'effet sur l'hydrocarbure.</p> <p>Vulnérabilités biologiques: se rapportent aux espèces biologiques en péril¹ et aux habitats pouvant être affectés par un déversement d'hydrocarbure. Si des données propres aux espèces existent, on peut les intégrer dans la méthodologie.</p> <p>Environnement physique: se rapporte aux principaux attributs de la surface, de la colonne et du fond marin, y compris le littoral.</p> <p>Facteurs socioéconomiques: se rapportent à l'utilisation humaine des ressources tels que la pêche commerciale, les Premières Nations, l'utilisation de l'eau, le tourisme et autres activités et/ou sites importants des collectivités côtières.</p>



Conséquences de l'exposition

Le côté droit du nœud papillon de l'ERS (détaillé à la **section 2.2** du document d'orientation) est développé de manière à présenter les trois récepteurs de risque et les groupes particuliers de récepteurs de risque faisant partie de la méthodologie d'ERS (voir la **Figure F-2**).

¹ Pour une liste complète des vulnérabilités biologiques prises en compte dans ce cadre de travail, se reporter au **Tableau F-2** de l'**Annexe F**.



Figure F-2: Nœud papillon de l'ERS simplifié montrant les groupes particuliers de récepteurs de risque

La méthodologie ERS détermine la CdX d'un point de vue horizontal (cellule j) et vertical (couche de cellule k), comme l'illustre la **Figure F-3**. Les cellules horizontales sont choisies pour fournir une résolution spatiale adéquate permettant d'évaluer le risque de déversements d'hydrocarbures. Sur le plan vertical, les hydrocarbures peuvent apparaître dans les quatre couches suivantes:

- littoral,
- eau de surface,
- colonne d'eau,
- fond marin.

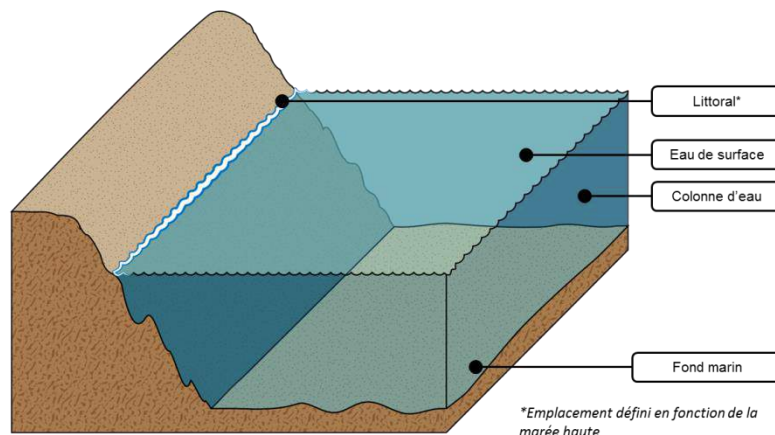







Figure F-3: Couches composant une cellule

Si un récepteur de risque précis est censé être présent dans le maillage correspondant d'une cellule, un indice de CdX est calculé. L'indice de CdX reflète la présence et le type de récepteur de risque dans un maillage spécifique, soit, essentiellement, la sensibilité du récepteur de risque à l'hydrocarbure. **Il ne représente pas le niveau d'effet sur l'hydrocarbure.**

La grille d'indice de la conséquence d'exposition est basée sur le principe d'une distribution d'importance égale en utilisant une échelle à 5 niveaux allant de « très bas » à « très haut », qui a généré la grille d'indice de la CdX, présenté dans le **Tableau F-2**.

Tableau F-2: Catégories de conséquences d'exposition (CdX), établissement des indices, descriptions et codes couleur

Catégorie de CdX	Indice de CdX	Description	Code couleur
CdX-5	16	Très élevé	
CdX-4	8	Élevé	
CdX-3	4	Moyen	
CdX-2	2	Faible	
CdX-1	1	Très faible	

L'échelle de l'indice de CdX équivaut à une distribution d'importance égale. Par exemple, passer de CdX-1 à CdX-2 se traduit par $(2-1)/1 = 100\%$ d'augmentation en importance. De même, passer de CdX-4 à CdX-5 se traduit par $(16-8)/8 = 100\%$ d'augmentation en importance.

L'**Annexe F** fournit à l'utilisateur les détails techniques lui permettant de déterminer la CdX dans le cadre de la phase 4 de la méthodologie de l'ERS. Les sections qui suivent abordent le facteur d'impact biologique (**section 2**), celui d'impact physique (**section 3**) et celui d'impact socioéconomique (**section 4**).

2.0 Sensibilités biologiques

2.1 Aperçu des vulnérabilités biologiques

La méthodologie employée pour calculer les indices d'impact sur les aires protégées et habitats importants et les espèces en péril est décrite au fil des sections suivantes. Les sources de données pour chacun de ces récepteurs de risque biologique sont mentionnées dans le document de gestion des données et de normes et résumées dans le **Tableau F-3**.

Tableau F-3: Groupes d'espèces et sous-catégories sélectionnés pour la méthodologie d'ERS

Récepteur de risque (ISE)	Sous-catégorie de récepteur de risque	Description
Biologique	Aires protégées et les habitats importants (APHI)	Aires protégées: données fournies par le MPO et l'EC sous forme d'un polygone SIG tiré de World Database on Protected Areas (Base de données mondiale sur les secteurs protégés). Elles comprennent les aires protégées par la loi (Aires protégées par la loi) et les aires qui ont un statut légal ou réglementaire (Aires à statut particulier). Habitats importants: données fournies par le MPO et l'EC sous forme de polygones SIG des habitats essentiels et des habitats importants. Les multiples couches sont ensuite converties dans le SIG selon les classifications suivantes: aires et habitats protégés par la loi, aires à statut particulier et habitats importants.
	Espèces en péril (EP)	Espèces en péril: fourni par le MPO et l'EC. Les nombreuses espèces en péril sont fournies dans un polygone SIG pour un secteur d'étude donné et sont classées en six groupes d'espèces: mammifères marins, oiseaux, reptiles, poissons, invertébrés et flore marine.

Chacune des sous-catégories de récepteur de risque pour les sensibilités environnementales se voit attribuer un poids identique dans le calcul de l'indice de risque pour ces sensibilités biologiques. La méthodologie servant à calculer les indices de littoral et de fond marin est décrite dans les sections suivantes.

2.2 Aires protégées et habitats importants (CdX_{APHI})

La CdX_{APHI} est calculée à partir de la présence d'aires protégées et d'habitats importants dans une cellule spécifique. Cela veut dire que, indépendamment du fait que de l'hydrocarbure soit présent dans une seule ou dans les quatre couches, la CdX correspondante reste la même à l'intérieur d'une cellule donnée.

Trois aires protégées et habitats sont pris en compte dans la CdX_{APHI} : 1) les aires protégées par la loi, 2) les aires à statut particulier et 3) les habitats importants. La sensibilité d'une aire protégée et d'un habitat important exposés aux hydrocarbures dépend de leur désignation (aire marine protégée, habitat essentiel du poisson).

La CdX_{APHI} pour chaque cellule j sera calculé comme suit:

$$CdX_{APHI,j} = \sum \left(\frac{Superficie_o}{Superficie_j} \right) APHI_o \times CT$$

Où:

$APHI_o$	Indice d'exposition des aires protégées et habitats importants pour toutes les aires protégées et tous les habitats importants de type o dans la cellule j
$Superficie_o$	Superficie des aires protégées et habitats importants de type o dans la cellule j
$Superficie_j$	Superficie totale de la cellule j
CT	Coefficient représentant les trajectoires d'exposition active (1) ou inactive (0)

Le type des aires protégées et habitats importants s'appuie sur le statut de l'aire protégée et sa valeur est comprise entre 4 pour habitats importants à 16 pour le statut le plus élevé (aires protégées par la loi). À noter que les aires protégées et les habitats importants sont surtout désignés pour leur valeur biologique (habitats de frai, zones importantes pour la conservation des oiseaux). Les aires protégées et habitats importants sont décrits au **Tableau F-4**.

Tableau F-4: Indice d'exposition des aires protégées et habitats importants

Aires protégées et habitats importants de type o	Description	Indice d'exposition ²
Aires protégées par la loi	Aires protégées par des lois ou des règlements internationaux, nationaux ou provinciaux (p. ex. aires marines protégées, habitats essentiels d'espèces en péril, aires protégées)	16
Aires à statut particulier	Aires ayant un statut particulier en vertu de règlements ou lois, mais n'étant pas considérées comme protégées (p. ex. aires importantes pour les oiseaux, aires marines importantes, zones humides Ramsar)	8
Habitats importants	Habitats identifiés comme importants pour certaines espèces ou certains groupes d'espèces (p. ex. échoueries de phoques, habitat essentiel du poisson, aires d'importance écologique et biologique)	4
Pas actuellement défini ³		2
		1

Le dernier facteur dans l'indice d'impact sur les aires protégées et des habitats importants (CdX_{APHI}) est le coefficient de trajectoire (CT) qui active (1) ou désactive (0) l'indice. Le coefficient de trajectoire n'est activé que si l'aire protégée ou l'habitat important entre en contact avec de l'hydrocarbure en quantité

² Les valeurs de l'indice d'exposition correspondent aux catégories de CdX définies dans le **Tableau F-2**.

³ Au fur et à mesure que les modifications législatives et les changements d'orientation étendent les définitions des aires protégées et habitats importants, des catégories supplémentaires peuvent être utilisées dans la méthodologie de l'ERS.

supérieure au seuil fixé dans les eaux de surface, la colonne d'eau, le fond marin et la couche k de cellule du littoral.

2.3 Espèces en péril (CdX_{EP})

Étant donné la grande diversité et l'importance des espèces en péril dans tout le Canada, il est de la première importance de les inclure dans le calcul de la CdX . Cet élément ne s'applique toutefois qu'aux espèces réelles puisque l'habitat des espèces est inclus dans la CdX_{APHI} . Plusieurs études (French et coll., 1996; S.L. Ross, 2007; Schmidt, 2009; WSP, 2013; DNV, 2001; Stevens et Aurand, 2008; Cole et Hasselström, 2013 DNV, 2010; DNV, 2011) et méthodes d'évaluation de la vulnérabilité environnementale aux déversements d'hydrocarbures ont été examinées et analysées afin de déterminer si elles pouvaient servir à la méthodologie d'ERS.

L'examen de ces études a permis de déterminer que l'indice des espèces en péril (CdX_{EP}) serait un indice simple basé sur le statut de n'importe quelle espèce en péril désignée de la cellule j , conformément à la *Loi sur les espèces en péril* (LEP, 2002). Afin de se doter d'une méthode commune de classification des diverses espèces en péril, on les a divisées en six (6) groupes, puis subdivisées en sous-groupes d'espèces spécifiques, comme illustré au **Tableau F-5**.

Tableau F-5: Groupes et sous-groupes d'espèces sélectionnées dans le cadre de la méthodologie d'ERS

Récepteur de risque (ISE)	Sous-groupe du récepteur de risque	Groupe d'espèces y	Sous-groupe d'espèces x
Biologique	Indice des espèces en péril (CdX_{EP}) = Max. de	Mammifères marins (CdX_{EP_EMM}) = Max. parmi	Baleines ($CdX_{EP_EMM_Baleines}$) Pinnipèdes à fourrure ($CdX_{EP_EMM_PF}$) Autres pinnipèdes ($CdX_{EP_EMM_AP}$) Autres mammifères à fourrure ($CdX_{EP_EMM_AMF}$)
		Oiseaux (CdX_{EP_EO}) = Max. parmi	Gibier d'eau ($CdX_{EP_EO_GE}$) Oiseaux marins – plongeurs aériens ($CdX_{EP_EO_OMPA}$) Oiseaux marins – plongeurs de surface ($CdX_{EP_EO_OMPS}$) Oiseaux de rivage ou échassiers ($CdX_{EP_EO_ORE}$) Rapaces ($CdX_{EP_EO_RAP}$)
		Reptiles (CdX_{EP_EREP}) = Max. parmi	Tortues ($CdX_{EP_EREP_TOR}$)
		Poissons (CdX_{EP_EP}) = Max. parmi	Pélagiques ($CdX_{EP_EP_PEL}$) Démersaux ($CdX_{EP_EP_DEM}$) Anadromes ou catadromes ($CdX_{EP_EP_AC}$) Requins ($CdX_{EP_EP_REQ}$)
		Invertébrés ($CdX_{EP_EI_EP}$) = Max. parmi	Benthiques ($CdX_{EP_EI_BEN}$) Démersaux ($CdX_{EP_EI_DEM}$) Éponges et coraux ($CdX_{EP_EI_EEC}$)
		Flore marine ($CdX_{EP_EFM_EP}$) = Max. parmi	Herbiers marins ($CdX_{EP_EFM_HM}$) Varech ($CdX_{EP_EFM_VRH}$)

Les espèces considérées comme espèces en voie de disparition, espèces menacées et espèces préoccupantes sont définies au **Tableau F-6**.

Tableau F-6: Désignation des espèces en péril

Désignation des espèces en péril	Description	Indice d'exposition ²
Espèces en voie de disparition	Espèce sauvage qui est menacée de disparition ou d'extinction imminente (LEP, 2002).	16
Espèces menacées	Espèce sauvage qui peut devenir une espèce en voie de disparition si rien n'est fait pour s'opposer aux facteurs menant à sa disparition ou son extinction (LEP, 2002)	8
Espèces préoccupantes	Espèce sauvage qui peut devenir menacée ou en voie de disparition à cause d'une combinaison de menaces biologiques caractérisées et identifiées (LEP, 2002).	4
Espèces vulnérables au mazoutage	Espèce sauvage qui ne rentre dans aucune des trois catégories ci-dessus, mais qui est présente et vulnérable aux effets du mazoutage.	2
Absence d'espèces désignée	En l'absence de certitudes sur la présence ou l'absence des espèces, il existe un risque qu'une espèce soit présente et mazoutée.	1

Étant donné que les gouvernements provinciaux et fédéral n'utilisent pas les mêmes désignations pour les espèces en péril, on a conçu un tableau de correspondance fédéral-provincial, qui est présenté à la fin de ce document. Pour les besoins de l'analyse, les espèces en péril de désignation provinciale seront converties à la désignation fédérale.

La CdX_{EP} est déterminée pour le sous-groupe d'espèces x du groupe d'espèces y d'après la présence d'une espèce à un seul statut, dans n'importe lequel des sous-groupes d'espèces de la cellule j et la couche de cellule k , selon la formule ci-dessous:

$$CdX_{EP-y-x,j} = \text{MAX}(PEVD \times CPEP, PEM \times CPM, V, PEVM \times CPEV, AED \times CPAED)$$

Où:

- PEVD** Présence d'espèces en voie de disparition. 0 en l'absence de l'espèce en question ou 1 en sa présence.
- PEM** Présence d'espèces menacées. 0 en l'absence de l'espèce en question ou 1 en sa présence.
- PEP** Présence d'espèces préoccupantes. 0 en l'absence de l'espèce en question ou 1 en sa présence.
- PEVM** Présence d'espèces vulnérables au mazoutage. 0 en l'absence de l'espèce en question ou 1 en sa présence.
- AED** Absence d'espèces désignées. Le facteur est considéré valoir 1 seulement si l'absence d'une espèce en péril (EP) désignée ne peut pas être vérifiée explicitement.
- IX** Se rapporte à l'indice d'exposition.

MAX Renvoie la valeur maximale du produit des espèces en péril, des espèces menacées, des espèces préoccupantes, des espèces vulnérables au mazoutage ou de l'absence d'espèces désignées. Dans le cas où un sous-groupe comporte plus d'une catégorie d'espèces en péril, seule l'espèce de désignation la plus haute sera notée par un indice.

La CdX_{EP} pour chaque groupe d'espèces y correspond à l'indice maximal de chaque sous-groupe d'espèces x , selon la formule suivante:

$$CdX_{EP,y,j,k} = MAX(CdX_{EP,x,y,j,k})$$

Par exemple, la CdX_{EP} pour les mammifères marins dans la cellule « j » et la couche de cellule « k » serait calculée comme:

$$CdX_{EP,MM,j,k} = MAX(CdX_{EP,MM_Baleines,j,k}, CdX_{EP,MM_FBP,j,k}, CdX_{EP,MM_OP,j,k}, CdX_{EP,MM_OFM,j,k})$$

En fin de compte, la CdX_{EP} pour chaque cellule « j » et chaque couche de cellule « k » est calculée en tant qu'indice maximal de chaque groupe d'espèces y , comme suit:

$$CdX_{EP,k} = MAX(CdX_{EP,EMM,j,k}, CdX_{EP,EO,j,k}, CdX_{EP,EREP,j,k}, CdX_{EP,EP,j,k}, CdX_{EP,EI,j,k}, CdX_{EP,EFM,j,k})$$

Où:

- $CdX_{EP,EMM,j}$ Indice du sous-groupe d'espèces de mammifères marins dans la cellule j et dans la couche de cellule k
- $CdX_{EP,EO,j}$ Indice du groupe d'espèces d'oiseaux dans la cellule j et dans la couche de cellule k
- $CdX_{EP,EREP,j}$ Indice du groupe d'espèces de reptiles dans la cellule j et dans la couche de cellule k
- $CdX_{EP,EP,j}$ Indice du groupe d'espèces de poissons dans la cellule j et dans la couche de cellule k
- $CdX_{EP,EI,j}$ Indice du groupe d'espèces d'invertébrés dans la cellule j et dans la couche de cellule k
- $CdX_{EP,EFM,j}$ Indice du groupe d'espèces de flore marine dans la cellule j et dans la couche de cellule k

3.0 Milieu physique

3.1 Aperçu de l'environnement physique

La CdX pour l'environnement physique (CdX_{EPHYS}) est centrée sur des attributs physiques clés dont l'impact devrait être pris en compte en cas d'exposition aux hydrocarbures. Un hydrocarbure peut avoir un impact sur le milieu physique selon deux mécanismes:

1. l'hydrocarbure est rejeté sur le littoral;
2. l'hydrocarbure coule dans la colonne d'eau et s'accumule sur le fond marin.

Tout impact des hydrocarbures sur ces aires doit être déterminé et quantifié dans le cadre de la méthodologie d'ERS.

Les deux principaux groupes de milieux physiques pris en compte dans la CdX_{EPHYS} sont 1) le littoral, 2) le fond marin. Le même coefficient de pondération est attribué à ces deux groupes physiques pour le calcul de la CdX. La méthodologie employée pour calculer les indices d'impact sur le littoral et le fond marin est décrite au fil des sections suivantes. Les sources de données pour chacun de ces milieux physiques sont mentionnées dans le Document de gestion des données et de normes et résumées dans le **Tableau F-7**.

Tableau F-7: Groupes de milieux physiques

Récepteur de risque (ISE)	Groupe	Description
Physique	Littoral	Classification du littoral, Environnement Canada – Données fournies par le Centre national des urgences environnementales d'EC. Couche du SIG qui divise la totalité de la côte canadienne (au sud du 60 ^e parallèle) en onze (11) types de littoraux.
	Fond marin	Couche de substrat du fond marin – Données fournies par le MPO. Les multiples types de substrat de la couche du SIG fournis pour un secteur d'étude donné sont classés en trois (3) types de fond marin: fond mou, fond mixte et fond dur.
	Littoral et fond marin combinés	Des cellules contenant à la fois le littoral et le fond marin peuvent être exposées aux hydrocarbures, ce qui exige d'associer l'indice de conséquence d'exposition, selon le même coefficient de pondération, entre les deux sous-catégories de récepteurs de risque.

3.2 Littoral ($CdX_{Littoral}$)

La CdX pour le littoral ($CdX_{Littoral}$) correspond au pourcentage relatif de l'indice du littoral (IL) dans une cellule donnée.

$$CdX_{Littoral,j} = \sum \left(\frac{LL_m}{LT_j} \right) IL_m$$

Où:

- IL_m Indice du littoral pour le type de littoral m dans la cellule j
 LL_m Longueur du type de littoral m dans la cellule j
 LT_j Longueur totale du littoral dans la cellule j

L'IL de chaque littoral de type m regroupe l'indice de classification du littoral, le modificateur de sensibilité de la méthode de nettoyage du littoral et la fonction de trajectoire de l'exposition. Étant donné le nombre de facteurs qui déterminent la $CdX_{Littoral}$, l'indice est normalisé selon une échelle de 1 à 16 avant le calcul de la CdX_{EPHYS} .

L'IL est calculé de la manière suivante pour chaque tronçon de littoral:

$$IL_m = (ICL_m \times MD_{MSMN} \times CT)$$

Où:

- ICL Indice de classification du littoral pour chaque segment de littoral d'une cellule donnée
 MD_{MSMN} Modificateur permettant de tenir compte de la sensibilité du littoral aux diverses méthodes de nettoyage et qui dépend de la classification du littoral
 CT Coefficient représentant les trajectoires d'exposition active (1) ou inactive (0)

L'indice de classification du littoral (ICL) est déterminé par les onze (11) types de littoraux d'Environnement Canada (Owens et Sergy, 2000; Wynja et coll. 2015) et par leur sensibilité au mazoutage. Les onze types de littoraux et les indices de classement associés sont présentés au **Tableau F-8**.

Tableau F-8: Types de littoraux et indices de classification associés

Type de littoral m	Description	Indice de classification du littoral
Falaise rocheuse verticale	Affleurements imperméables de roche native avec déclivités supérieures à 35°, exposition régulière à l'énergie de fortes vagues ou aux conditions des marées, organismes fixés résistants et habitués à l'énergie des vagues.	1
Structure anthropique – solide	Structures anthropiques faites de matériaux imperméables et comprenant des bassins, des quais, des brise-lames et des digues. L'habitat est moins riche que celui des côtes rocheuses étant donné la forte verticalité des structures.	2
Plateforme rocheuse	Affleurements imperméables de roche native avec plateaux presque horizontaux dont la déclivité est inférieure à 5°.	4

Type de littoral <i>m</i>	Description	Indice de classification du littoral
Rampe rocheuse	Affleurements imperméables de roche native avec rampes d'une déclivité de 5° à 35°. Généralement un bon habitat pour les algues et les organismes fixés.	8
Structure anthropique perméable	Structures anthropiques faites de matériaux perméables comprenant des bassins, des quais, des brise-lames et des digues. L'habitat est moins riche que celui des côtes rocheuses étant donné la forte verticalité des structures.	16
Non catégorisé	Le littoral n'a pas été catégorisé. Il est donc indiqué dans les valeurs moyennes de l'indice de classification du littoral.	32
Replat de marée mélangé et grossier	Les sédiments grossiers, y compris les cailloux et les galets, constituent le matériau géologique dominant. Les cailloux ont un diamètre de 4 mm à 64 mm et les galets de 65 mm à 256 mm. Littoral perméable à tout sauf aux hydrocarbures lourds non flottants. Couches de surface mobiles. Habitat restreint dû au renouvellement incessant du paysage géologique.	32
Plage ou berge de sédiments mixtes	Mélange de sable, granules, cailloux, galets et blocs. Habitat restreint dans les littoraux exposés à l'énergie des vagues. Il peut être plus important dans les eaux abritées.	64
Plage ou berge de sable	Grains de sable d'un diamètre de 0,0625 à 2 mm. Les plages peuvent également contenir de petits volumes de granules, de cailloux et de galets. Littoral perméable aux hydrocarbures intermédiaires volatils et intermédiaires flottants. La couche de sable de surface est extrêmement dynamique, mobile et instable. Habitat très restreint du fait de l'instabilité du milieu.	128
Batture de sable	Large surface plane (déclivité inférieure à 5°) principalement à base de sable. Littoral perméable aux hydrocarbures intermédiaires volatils et intermédiaires flottants. Généralement présent dans les zones abritées, comporte d'importants habitats, surtout pour les oiseaux.	256
Batture de boue	Large surface plane (déclivité inférieure à 5°) principalement à base de limon et d'argile (grains de diamètre inférieur à 0,0625 mm). Peut contenir des déchets organiques et de petits volumes de sable. Eau saturée, littoral non perméable aux hydrocarbures. Généralement présent dans les zones abritées, comporte d'importants habitats, surtout pour les oiseaux. Habitats biologiques très productifs contenant différents organismes à divers niveaux trophiques.	512
Marais	Littoral inondé de manière périodique ou permanente, avec présence végétale importante. Perméable aux hydrocarbures intermédiaires volatils. Habitats extrêmement productifs pour la flore, les petits organismes et les oiseaux.	1 024

L'indice de classification du littoral (ICL) s'appuie sur le principe d'une distribution d'égale importance, en commençant par la falaise rocheuse verticale ayant la plus faible vulnérabilité à l'exposition à l'hydrocarbure (ICL = 1). Le doublement des résultats d'ICL dans le littoral de type « Marais » donne l'ICL le plus élevé (ICL = 1024).

L'indice de classification du littoral (ICL) a été défini en fonction de la géologie de chaque type de littoral, de son exposition à l'énergie des vagues et des marées, de sa pente, de la perméabilité du substrat à la pénétration et à l'enfouissement des hydrocarbures ainsi que de sa productivité et de sa sensibilité

biologique (NOAA, 2002; NOAA, 2013a; Genivar, 2013). L'utilisateur pourra trouver les types de littoraux dans une couche du SIG du Centre national des urgences environnementales d'Environnement Canada.

Le modificateur (indice) de sensibilité au nettoyage du littoral (MD_{MSMN}) tient compte de l'impact des méthodes de nettoyage sur les types de littoraux et d'hydrocarbures. Il évalue les dommages environnementaux pouvant découler des techniques de nettoyage (p. ex. récupération naturelle versus nettoyage à la vapeur) et nuire au littoral et aux récepteurs biologiques dont la présence y est avérée, selon les cinq types d'hydrocarbures (Owens, 1998 et NOAA, 2013b). L'indice de sensibilité au nettoyage du littoral porte sur les techniques de nettoyage généralement acceptées que recommande Environnement Canada (Owens, 1998).

Le MD_{MSMN} est sélectionné à partir de la matrice présentée à l'**Annexe F-1**, selon les onze (11) types de littoraux et les cinq (5) types d'hydrocarbures. Cette matrice ne servira pas à sélectionner une méthode de nettoyage du littoral, objectif qui dépasse la portée de la méthodologie d'ERS, mais servira plutôt comme méthode de substitution pour évaluer l'impact environnemental que le nettoyage pourrait avoir sur un type de littoral donné.

La matrice évalue l'impact de la technique de nettoyage sur l'environnement et le classe dans un des cinq (5) degrés présentés au **Tableau F-9**. Un poids de 1 à 16 est assigné à chacun de ces cinq degrés. Pour chaque type de littoral et d'hydrocarbure, les poids sont additionnés, puis normalisés pour produire l'indice d'impact environnemental du nettoyage du littoral (MD_{MSMN}), dont la valeur s'étend de 1 à 3. La matrice d'indice environnemental du nettoyage du littoral est présentée à l'**Annexe F-2** de ce document.

Tableau F-9: Poids selon l'indice d'impact environnemental de la méthode de nettoyage du littoral

Catégorie d'impact environnemental	Description	Indice d'exposition ²
A	Faible impact nuisible sur l'habitat	1
B	Certain impact nuisible sur l'habitat	2
C	Important impact nuisible sur l'habitat	8
D	Considérable impact nuisible sur l'habitat	16
I	Information insuffisante, impact ou ampleur inconnu	4

Le dernier coefficient de CdX pour le littoral ($CdX_{Littoral}$) est le coefficient de trajectoire (CT) qui active (1) ou désactive (0) l'indice. La trajectoire n'est activée que si le mazoutage du segment de la couche de cellule du littoral dépasse le seuil fixé. Dans le cas contraire, la trajectoire reste inactive et la valeur 0 est utilisée.

3.3 Fond marin (CdX_{FM})

La CdX pour le fond marin (CdX_{FM}) dépend de la vulnérabilité du plancher au type d'hydrocarbure selon ses caractéristiques géologiques et biologiques (Reich et coll., 2014) regroupées en trois catégories:

1. Fond dur – zones où prédominent les substrats durs, comme ceux composés de falaises de roche et de blocs continus et discontinus.
2. Fond mixte – zones présentant un mélange de substrats durs et mous, comme ceux composés de gravier, de sédiments mixtes et de mélange de sable et de gravier.
3. Fond mou – zones où prédominent les substrats mous, comme ceux composés de vase, de sable et de mélange de vase et de sable.

L'indice d'impact sur le fond marin (CdX_{FM}) pour chaque cellule *j* sera calculé comme suit:

$$CdX_{fond\ marin_j} = \sum \left(\frac{Superficie_n}{Superficie_j} \right) IE_{FMn} \times CT$$

Où:

- IE_{FMn,j}* Indice d'exposition du type de fond marin *n* dans la cellule *j*
Superficie_n Superficie du type de fond marin *n* dans la cellule *j*
Superficie_j Superficie totale de la cellule *j*
CT Coefficient représentant les trajectoires d'exposition active (1) ou inactive (0)

L'indice d'exposition de fond marin (IE_{FM}) a été déterminé pour chaque type de fond marin d'après le type de substrat, sa sensibilité au mazoutage et sa productivité biologique, et noté de 1 à 16, où 1 correspond à une faible sensibilité et 16 à une sensibilité élevée (voir le **Tableau F-10**).

Tableau F-10: Indice d'exposition du fond marin

Type de fond marin <i>n</i>	Description	Indice d'exposition
Fond dur	Substrat rocheux et rochers continus et discontinus	1
Fond mixte	Gravier, sédiments mélangés, sable et graviers	4
Fond mou	Boue, sable, boue et sable	16

Le dernier facteur de la CdX_{Littoral}) est le coefficient de trajectoire (CT) qui active (1) ou désactive (0) la CdX. Il n'est activé que si le secteur du fond marin entre en contact avec de l'hydrocarbure en quantité supérieure au seuil fixé dans la couche de cellule du fond marin.

4.0 Facteurs socioéconomiques

4.1 Aperçu des facteurs socioéconomiques

Les impacts socioéconomiques concernent l'utilisation humaine des ressources à des fins sociales et économiques. L'évaluation de l'impact socioéconomique d'un déversement d'hydrocarbure de navire dans un secteur d'étude est une tâche complexe pour laquelle il n'existe pas d'indicateur simple (WSP, 2013). De plus, il est difficile de mesurer cet impact avec exactitude à l'aide des données actuelles. La méthodologie d'ERS tire parti de l'adaptation pour l'Australie (DNV, 2011) du travail accompli par d'autres organismes canadiens, modifiée pour refléter l'économie du Canada (WSP, 2013).

La méthodologie d'ERS exploite les précédentes évaluations canadiennes (WSP, 2013; WSP, 2014) en ajoutant un indicateur pour la présence de terres et de communautés des Premières Nations et un facteur pour tenir compte de la densité de population dans le voisinage du littoral. De plus, le coefficient d'intensité d'utilisation de l'eau douce est remplacé par un indicateur d'extraction des ressources hydriques qui dénote la présence d'une infrastructure reposant sur l'extraction d'eau salée ou d'eau douce.

Au total, il y a sept (7) sous-catégories de récepteur de risque pour les facteurs socioéconomiques, comme le montre le **Tableau F-11**. Des détails supplémentaires sont donnés dans les sections suivantes.

Tableau F-11: Sous-catégories de récepteur de risque pour les facteurs socioéconomiques de la méthodologie d'ERS

Facteurs socioéconomiques	
Le récepteur de risque socioéconomique comporte sept sous-catégories, ce qui exige d'associer l'indice de risque d'exposition au sein d'une même cellule selon le même coefficient de pondération.	<ul style="list-style-type: none"> • Intensité de la pêche commerciale • Intensité d'emploi dans le tourisme • Indice de tonnage de fret • Indicateur d'extraction des ressources hydriques • Premières Nations • Indicateur de densité de population • Indicateur de parcs et de zones culturelles

La CdX pour les facteurs socioéconomiques (CdX_{FSE}) est calculée d'après la présence et le type de chacun des sept (7) sous-catégories de récepteur de risque dans une cellule donnée. Cela veut dire que, indépendamment du fait que de l'hydrocarbure soit présent dans une des couches ou dans les quatre, la valeur CdX correspondante pour chaque sous-catégorie de récepteur de risque reste la même dans une cellule donnée.

4.2 Intensité de la pêche commerciale (IPC)

L'indicateur d'intensité de la pêche commerciale (IPC) représente la valeur socioéconomique de cette activité dans le secteur d'étude. Le composant pêche commerciale dépendra de la région et des

données associées. Les données disponibles sur la récolte du varech, sur l'aquaculture et sur la pêche commerciale des Premières Nations sont également incluses dans cette mesure. Les sources de données comprennent Pêches et Océans Canada (MPO) et les gouvernements provinciaux.






Pour examiner la pêche commerciale, il faut utiliser l'un des ensembles de données du **Tableau F-12**, par ordre de préférence de haut en bas (les données plus valables se trouvant en haut), de manière à ce que l'utilisateur puisse choisir la méthode convenant à l'ensemble de données disponibles pour le secteur d'études correspondant.

Tableau F-12: Méthodes d'établissement des indices d'intensité de la pêche commerciale

Ensembles et entrées de données	Motif du classement
Total des prises par cellule <i>j</i>	Ces données sont les plus précises du fait qu'elles font ressortir des chiffres précis pour les emplacements et abondances par région.
Valeur commerciale totale par cellule <i>j</i>	Moins précises que le total des prises par unité, ces données viennent juste après en indiquant la valeur commerciale totale par unité de surface.
Valeur portuaire de la pêche commerciale	Basées sur les ports, ces données ne visent pas une unité de surface donnée et ne sont pas aussi précises que les deux ensembles précédents.
Port connu dans le secteur d'étude	Ces données se basant sur des connaissances locales, elles ne devraient être utilisées que lorsque les autres ensembles sont indisponibles ou incomplets.

Chaque ensemble de données pour chacun des secteurs d'étude se verra attribuer un indice suivant les seuils naturels et la fonction de Jenks dans ArcGIS. Cette fonction divise l'ensemble des données en cinq (5) groupes fondés sur un rassemblement naturel des données (voir le **Tableau F-13**).

Tableau F-13: Catégories d'intensité de la pêche commerciale (IPC), indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie d'IPC	Indice d'IPC	Description	Définition (basée sur les prises totales par cellule du secteur d'étude)	Code couleur
IPC-5	16	Très élevé	Total des plus hautes prises dans une cellule	
IPC-4	8	Élevé	Calculé par la méthode des seuils naturels	
IPC-3	4	Moyen		
IPC-2	2	Faible		
IPC-1	1	Très faible	Total des prises les plus faibles dans une cellule	

Les seuils rassemblent au mieux les valeurs semblables et maximisent la variance interseuils (de Smith et. coll., 2015). Par conséquent, les cellules qui ont le plus grand total de prises ou la plus grande valeur commerciale auront des indices plus élevés que celles dont le total est le plus faible en prises ou en valeur commerciale. Les seuils naturels ont été employés parce qu'ils permettent à l'utilisateur

d'observer facilement les emplacements de pêche ayant le meilleur rendement dans chaque secteur d'étude.

4.3 Intensité de l'emploi en tourisme (IET)

Comme pour la méthode employée par WSP (2013), l'importance relative du tourisme dans chaque secteur d'étude est égale au ratio entre l'emploi dans l'industrie touristique et l'emploi total. Les données proviennent de la plus récente Enquête nationale auprès des ménages (2011) de Statistique Canada et d'Environonics pour 2015 à l'échelle de la division de recensement. Les polygones choisis pour les zones de dissémination sont ceux qui correspondent à la côte du secteur d'étude visé. Bien que les zones de dissémination puissent s'étendre loin à l'intérieur des régions rurales, on ne s'attend pas à ce que ce phénomène induise une asymétrie dans les données; les précédentes études ont montré que ces régions dans leur ensemble offrent généralement à peu près le même nombre d'emplois touristiques que les régions urbaines (Statistique Canada, 2005). Quand plusieurs zones de dissémination aboutissaient au littoral, on a utilisé la moyenne pondérée pour le secteur d'étude.

Les données d'emploi dans les services d'hébergement et de restauration servent d'indicateur de l'emploi total en tourisme. L'intensité de l'emploi en tourisme (IET) tient indirectement compte des activités touristiques pour lesquelles les données sont insuffisantes ou incohérentes, comme le tourisme maritime (p. ex. observation des baleines), l'utilisation des terres pour les activités de loisirs (p. ex. plages ou surf) et le trafic voyageurs (paquebots). Les parcs nationaux et les autres attraits touristiques sont aussi indirectement représentés puisqu'ils ont un impact sur l'emploi total en tourisme dans la région. Cette approche constitue une méthode cohérente et reproductible de détermination de l'importance relative des activités liées au tourisme dans le secteur d'étude.

Le calcul de l'IET pour chaque cellule j commence par déterminer dans quelle aire de distance se trouve chaque cellule. Cette aire de distance sert à déterminer les divisions de recensement utilisées dans le calcul de l'emploi dans l'industrie du tourisme et de l'emploi total pour chaque cellule. La couche d'observation des baleines agit comme un modificateur de distance (MD_{IET}) et suppose que toutes les aires d'observation des baleines se trouvent dans la « zone côtière », indépendamment de leur distance réelle par rapport à la côte. L'IET est alors calculé comme suit:

$$IET_j = \left(\frac{\sum \text{Emploi lié au tourisme dans chaque zone de dissémination}}{\sum \text{Emploi total dans chaque zone de dissémination}} \right) \times MD_{IET} \times CT$$

Où:

MD_{IET} Modificateur de distance représentant l'impact qu'auraient pu avoir des hydrocarbures sur le tourisme d'après la distance par rapport à la côte et les aires d'observation des baleines

Le modificateur de distance (MD_{IET}) est un facteur décroissant de la distance par rapport au rivage:

- Zone côtière/aire d'observation des baleines = 1,0

- Zone mésoéchelle = 0,8
- Zone sublittorale = 0,5
- Zone intermédiaire = 0,2
- Zone extracôtère = 0,05

Les résultats pour l'IET donnent un indice variant de 0 (pas de tourisme ou pas d'hydrocarbures présents) à une valeur maximale de 1 (100 % d'emploi dans le secteur du tourisme dans la cellule). Cependant, la valeur maximale est le plus souvent inférieure à 1, car le tourisme ne représente généralement pas 100 % de l'emploi dans une division de recensement. Pour tenir compte de ce fait, on normalise l'IET selon une échelle de 1 à 5 en utilisant cinq (5) seuils répartis de façon homogène et allant de zéro à l'indice maximum pour chaque secteur d'étude. Le **Tableau F-14** présente un exemple de l'établissement des indices pour le secteur d'étude de la partie sud de la Colombie-Britannique.

Tableau F-14: Catégories d'intensité d'emploi dans le tourisme (IET), indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie d'IET	Indice d'IET	Description	Définition ¹ (contribution du tourisme à l'emploi total dans le secteur d'étude)	Code couleur
IET-5	16	Très élevé	0,12241 – 0,15300	
IET-4	8	Élevé	0,09181 – 0,12240	
IET-3	4	Moyen	0,061121 – 0,09180	
IET-2	2	Faible	0,03061 – 0,061120	
IET-1	1	Très faible	0,00 – 0,03060	

Remarque: Résultats pour le secteur d'étude de la partie sud de la Colombie-Britannique

4.4 Indice de tonnage de fret (ITF)

L'activité industrielle portuaire fait l'objet d'un indice s'il existe un port désigné d'après la définition de la *Loi maritime du Canada* (1998). L'indice de tonnage de fret (ITF) se base sur la présence d'un port pétrolier désigné selon le **Tableau F-15**.

Tableau F-15: Valeurs de l'indice de tonnage de fret

Lieu	Description	ITF
Port	Cellules se trouvant dans les limites définies d'une autorité portuaire canadienne au sens de la <i>Loi maritime du Canada</i> , 1998.	16
Eaux libres	Zones autres que des ports fédéraux.	0

4.5 Indicateur d'extraction des ressources hydriques (IERH)

L'indicateur d'extraction des ressources hydriques (IERH) représente la présence de prises d'eau salée et d'eau douce dans le secteur d'étude à des fins d'approvisionnement en eau potable, en eau de

refroidissement de centrales électriques, d'usines de transformation du poisson, d'aquariums, de sites d'aquaculture et de viviers à homards ou à crabes. En cas de déversement, cette utilisation serait suspendue, ce qui aurait des répercussions économiques. La présence de prises d'eau dans le secteur d'étude est déterminée à partir de la cartographie du secteur, des connaissances locales et des approbations d'exploitation provinciales.

L'indice est fondé sur la présence d'hydrocarbures près d'infrastructure d'extraction des ressources hydriques. L'indicateur IERH est calculé par cellule j , de la manière suivante:

$$IERH_j = (P_{IERH} \times MD_{IERH} \times CT)$$

Où:

P_{IERH}	Coefficient représentant la présence de site d'extraction des ressources hydriques dans la cellule j (1) ou son absence (0)
MD_{IERH}	Modificateur de distance représentant l'impact que pourrait avoir l'hydrocarbure sur l'extraction d'eau en fonction de la distance depuis le point d'extraction
CT	Coefficient représentant la présence (1) ou l'absence (0) d'hydrocarbure dans la cellule j

Le modificateur de distance dépasse de 8 NM la cellule qui comporte un site d'extraction de ressource hydrique. Voici les modificateurs de distance d'extraction des ressources hydriques employés dans le cadre de la méthodologie d'ERS:

- 0-4 NM de la prise = 16,0
- 4-8 NM de la prise = 4,0
- > 8 NM de la prise = 0,0

4.6 Indicateur de Premières Nations (IPN)

L'indicateur de ressources des Premières Nations (IPN) tient compte de la présence de communautés et d'importants lieux historiques des Premières Nations le long du littoral. La présence de ressources des Premières Nations dans le secteur d'étude est déterminée par la cartographie du secteur et à partir de sources provinciales. L'IPN est par cellule j , de la manière suivante:

$$IPN_j = (P_{IPN} \times MD_{IPN} \times CT)$$

Où:

P_{IPN}	Coefficient représentant la présence des Premières Nations dans la cellule j (1) ou son absence (0)
MD_{IPN}	Modificateur de distance représentant l'impact qu'auraient pu avoir des hydrocarbures sur le site de ressources des Premières Nations
CT	Coefficient représentant la présence (1) ou l'absence (0) d'hydrocarbure dans la cellule j

Le modificateur de distance dépasse de 8 NM la cellule qui comporte une communauté des Premières Nations. Voici les modificateurs de distance des ressources des Premières Nations employés dans le cadre de la méthodologie d'ERS:

- 0-4 NM depuis les Premières Nations = 16,0
- 4-8 NM depuis les Premières Nations = 4,0
- > 8 NM depuis les Premières Nations = 0,0

4.7 Indicateur de densité de la population (IDP)

L'indicateur de densité de la population (IDP) représente la corrélation directe entre le risque et le degré d'attention que le public porte aux déversements d'hydrocarbures. Pour en tenir compte, chaque cellule se voit attribuer une valeur pour la zone de distance de 8 NM. Cette zone de distance sert à colliger les statistiques démographiques pour toutes les divisions de recensement à l'intérieur de cette zone de distance afin de calculer la densité de population pour chaque cellule. La densité de population sert d'indicateur du degré d'attention du public.

Plus particulièrement, l'IDP utilise la densité de population par zone de dissémination provenant de Statistique Canada et d'Environics dans le secteur d'étude. Chaque cellule se voit attribuer une valeur de 1 à 5 basée en fonction de sa densité de population par rapport à la densité de population du seuil naturel du secteur d'étude. Le seuil naturel tente de maximiser la différence entre les cinq (5) groupes en répartissant équitablement les valeurs entre les cinq (5) valeurs. L'IDP est calculé par cellule j , de la manière suivante:

$$IDP_j = (DP_{IDP} \times MD_{IDP} \times CT)$$

Où:

- DP_{IDP} Valeur correspondant à la densité de population dans la cellule j
- MD_{IDP} Modificateur de distance représentant l'impact décroissant depuis le littoral
- CT Coefficient représentant la présence (1) ou l'absence (0) d'hydrocarbure dans la cellule j






Le modificateur de distance dépasse de 8 NM la cellule j . Voici les modificateurs de distance de densité de population employés dans le cadre de la méthodologie d'ERS:

- 0-4 NM depuis la cellule j = 1,0
- 4-8 NM depuis la cellule j = 0,5
- > 8 NM depuis la cellule j = 0,0

Les résultats pour l'IDP donnent un indice qui varie de 0 (pas de population humaine dans la division de recensement) à une valeur maximale dépendant du secteur d'étude. La valeur maximale varie d'un secteur d'étude à l'autre suivant la densité de population. L'IDP est alors normalisé sur une échelle de 1 à 16 d'après un calcul ArcGIS des seuils naturels pour la plage des données dans chaque secteur d'étude.

Le **Tableau F-16** présente un exemple des valeurs pour chaque seuil dans le secteur d'étude de la partie sud de la Colombie-Britannique. L'IDP constitue une comparaison intéressante des secteurs d'étude; car il identifie les zones à haute et faible densité de population dans chacun d'entre eux. Cependant, il ne compare pas les densités de population du secteur d'étude à l'échelon national.

Tableau F-16: Catégories d'intensité de densité de la population (IDP), indices, descriptions, définitions et codes couleur

Catégorie d'IDP	Indice d'IDP	Description	Définition ¹ (population totale par zone de dissémination)	Code couleur
IDP-5	16	Très élevé	2089,447 – 3655,302	
IDP-4	8	Élevé	1191,970 – 2089,446	
IDP-3	4	Moyen	552,854 – 1191,969	
IDP-2	2	Faible	158,117 – 552,853	
IDP-1	1	Très faible	0,00 – 158,116	

Remarque: Résultats pour le secteur d'étude de la partie sud de la Colombie-Britannique

4.1 Indicateur de parcs et de zones culturelles (IPZC)

L'indicateur de parcs et de zones culturelles (IPZC) prend en compte la présence des parcs nationaux, provinciaux et municipaux, ainsi que celle de zones culturelles d'importance le long du littoral. La présence de parcs et zones culturelles d'importance dans le secteur d'étude est déterminée par la cartographie du secteur et à partir de sources provinciales. L'IPZC est calculé par cellule j , de la manière suivante:

$$IPZC_j = (P_{PZC} \times MD_{PZC} \times CT)$$

Où:

- P_{PZC} Coefficient représentant la présence de parcs et zones culturelles dans la cellule j (1) ou leur absence (0)
- MD_{PZC} Modificateur de distance représentant l'impact qu'auraient pu avoir les hydrocarbures sur les parcs et les zones culturelles
- CT Coefficient représentant la présence (1) ou l'absence (0) d'hydrocarbure dans la cellule j

Le modificateur de distance dépasse de 8 NM la cellule qui comporte un parc ou une zone culturelle. Voici les modificateurs de distance des parcs et zones culturelles employés dans le cadre de la méthodologie d'ERS:

- 0-4 NM depuis un parc ou une zone culturelle = 16,0
- 4-8 NM depuis un parc ou une zone culturelle = 4,0
- > 8 NM depuis un parc ou une zone culturelle = 0,0

5.0 Références

COLE, S. et L. Hasselström. 2013. Oil spills management Background Paper. Report to the BalticSTERN (Systems Tools and Ecological-economic evaluation – a Research Network). 39 p.

DE SMITH, M.J., M.F. Goodchild, P.A. Longley. 2015, Geospatial Analysis – A Comprehensive Guide to Principals, Techniques and Software Tools, 5^e édition.

DET NORSKE VERITAS (DNV) et ERM-West, Inc. Aleutian Islands Risk Assessment Phase A – Preliminary Risk Assessment. Task 1: Semi-quantitative Traffic Study Report, septembre 2010.
Extrait de
http://www.aleutianriskassessment.com/documents/2010.09.03_FinalEP007543AIRPhaseATask1eReport.pdf

DET NORSKE VERITAS (DNV). Assessment of the Risk of Pollution from Marine Oil Spills in Australian Ports and Waters. Londres, R.-U. [s.l.]. 14 décembre 2011.

DET NORSKE VERITAS (DNV). TERMPOL 3.15 – General Risk Analysis and Intended Methods of Reducing Risks. Trans Mountain Expansion Project. Katy, Texas. [s.l.], 25 novembre 2013.

FRENCH, D., M. Reed, K. Jayko, S. Feng, H. Rines, S. Pavignano, T. Isaji, S. Puckett, A. Keller, F. W. French III, D. Gifford, J. McCue, G. Brown, E. MacDonald, J. Quirk, S. Natzke, R. Bishop, M. Welsh, M. Phillips et B. S. Ingram. 1996. The CERCLA Type A Natural Resource Damage Assessment Model for Coastal and Marine Environments (NRDAM/CME), Documentation technique, vol. I-VI, rapport final remis à l'Office of Environmental Policy and Compliance, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C., contrat n° 14-0001-91-C-11, avril 1996.

GENIVAR. 2013. Évaluation des risques liés aux déversements dans les eaux canadiennes. Phase 1, déversement d'hydrocarbure au sud du 60^e parallèle. Ottawa, Canada.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). 2002. Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version 3. NOAA Technical memorandum NOS OR&R 11. Seattle, Washington.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). 2013a. Shoreline Assessment manual, 4th edition. Emergency Response Division, Seattle, WA.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). 2013b. Characteristic Coastal Habitats, Choosing Spill Response Alternatives. Emergency Response Division, Seattle, WA.

OWENS, E.H. 1998. Field Guide for the Protection and Cleanup of Oiled Shorelines. 2^e édition. Environnement Canada – Région de l'Atlantique, Section des urgences environnementales, Dartmouth, Nouvelle-Écosse.

OWENS, E.H., et G. A. Sergy. 2000. The SCAT Manual: A Field Guide to the Documentation and Description of Oiled Shorelines. 2^e édition. Environnement Canada, Edmonton, Canada.

REICH, D. A., R. Balouskus, D. French McCay, J. Fontenault, J. Rowe, Z. Singer-Leavitt, D.S. Etkin, J. Michel, Z. Nixon, C. Boring, M. McBrien et B. Hay. 2014. Assessment of Marine Oil Spill Risk and Environmental Vulnerability for the State of Alaska. NOAA. Seattle, Washington.

SCHMIDT, D. Oil Spill Risk in Industry Sectors Regulated by Washington State Department of Ecology Spills Program for Oil Spill Prevention and Preparedness. Cortlandt Manor, New York, [s.l.], 28 février 2009.

Indice des espèces en péril (LEP) 2002. Ministère de la Justice, Canada. À jour le 6 janvier 2016.

STATISTIQUE CANADA. 2014. Produit intérieur brut en termes de dépenses, par province et territoire. Ottawa, Ontario. Accessible à: <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/econ15-fra.htm>

STEVENS, L. et D. Aurand. 2008. Criteria for Evaluating Oil Spill Planning and Response Operations. A Report to IUCN, The World Conservation Union. Ecosystem Management & Associates, Inc., Lusby, MD. 20657. Technical Report 07-02 (révision de juin 2008), 55 p.

WSP CANADA INC. (anciennement GENIVAR Inc.). Évaluation des risques liés aux déversements dans les eaux canadiennes. Montréal, Québec. [n.p.], novembre 2013.

WYNJA, V., et coll. 2015. Mapping Coastal Information Across Canada's Northern Regions Based on Low-Altitude Helicopter Videography in Support of Environmental Emergency Preparedness Efforts. Journal of Coastal Research, 31 (2), p. 276-290. Floride.

Annexe F-1

Modificateur de sensibilité de la méthode de nettoyage du littoral (MFSCMS)

Annexe F-1 : Modificateur de sensibilité de la méthode de nettoyage du littoral (MFSCMS)

		Récupération naturelle	Barrières physiques	Enlèvement manuel des hydrocarbures	Enlèvement mécanique des hydrocarbures	Absorbants passifs	Aspiration	Enlèvement des débris	Labourage/aération mécanique	Inondation	Lavage à l'eau froide à faible pression	Lavage à l'eau froide à haute pression	Lavage à l'eau chaude brûlante à faible pression	Lavage à l'eau chaude brûlante à haute pression	Nettoyage à la vapeur	Agents de solubilification	Agents de nettoyage du littoral nutritives	Biorestauration (ensemencement par des microbes naturels)	Bridage sur place	Modificateur de sensibilité de la méthode de nettoyage du littoral			
Falaise rocheuse	Hydrocarbures légers volatils	A																			1.00		
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A			B	A	A				A	B									1.40		
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	A		B		A	A		C		A	B	C	C	D	D		C			2.83		
	Hydrocarbures lourds flottants	A		B		A	A		C		B	B	C	C	D	D		C			2.92		
Structure anthropique - solide	Hydrocarbures légers volatils	A																			2.90		
	Hydrocarbures lourds non flottants			B		A	A		C		B	B	C	C									
	Hydrocarbures légers volatils	A									A	B									1.00		
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A				B					A	B									1.50		
Plateforme rocheuse	Hydrocarbures intermédiaires flottants	A		B		A	A		B		A	B	C	C	D	D		B			2.64		
	Hydrocarbures lourds flottants	A		B		A			B		B	B	C	C	D	D		B			2.73		
	Hydrocarbures lourds non flottants	A		B		A			B		B	B	C	C	D	D		B			2.73		
	Hydrocarbures légers volatils	A																			1.00		
Plan incliné rocheux/rampe	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A								A	A	B	D	D							2.54		
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	A		B		A	A		C	A	A	B	C	C	D	D	C	C	I	D	2.82		
	Hydrocarbures lourds flottants	A		B		A	A		C	B	B	B	C	C	D	D	C	C	I	D	2.88		
	Hydrocarbures lourds non flottants	A		B		A	A		C	B	B	B	C	C	D	D	C	C	I	D	2.73		
Plage ou berge de blocs	Hydrocarbures légers volatils	A																			1.00		
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A		A		A			C	A	A	A	C	C			B		A	I	1.92		
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	B		A	C	A	A	A	C	B	B	B	C	C	D	D	B	B	A	I	D	2.68	
	Hydrocarbures lourds flottants	B		A	C	B	A	A	B	C	C	B	C	C	D	D		B	B	I	D	2.94	
Plage ou berge de cailloux ou galets	Hydrocarbures lourds non flottants	B		A	C	B	A	A	B	C	C	C	C	C	D	D		B	B	I	D	2.94	
	Hydrocarbures légers volatils	A		D	D				D		A	A										3.00	
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A	B	C	D	A		A	B	D	A	A							A	I		2.25	
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	B	B	B	C	A	B	A	B	C	B	A	B	C	C	D		B	B	A	I	C	2.50
Plage ou berge de sédiments mixtes	Hydrocarbures lourds flottants	B	B	B	C	B	B	A	B	C	B	B	B	C	D			B	A	I	C	2.63	
	Hydrocarbures lourds non flottants	B	B	A	C	B	B	A	B	C	C	B	B	C	D			B	A	I	C	2.61	
	Hydrocarbures légers volatils	A	C	D	D				D		A	B										3.29	
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	B	C	C	C	A		A	B	C	A	A							A	I		2.33	
Plages ou berges de sable	Hydrocarbures intermédiaires flottants	B	C	B	B	A	B	A	B	C	B	A	C	C	D	D		B	C	A	I	C	2.75
	Hydrocarbures lourds flottants	C	B	B	B	B	B	A	B	C	C	B	D	C	D	D		C	B	I	C	3.11	
	Hydrocarbures lourds non flottants		B	B	B	B	B	A	B	C	C	C	D	C	D	D		C	C	I	C	3.28	
	Hydrocarbures légers volatils	A	B	D	D				D		A	B										3.00	
Batture de sable	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A	B	C	D	A	C	B		D	A	B										2.00	
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	B						C		C	I	2.92	
	Hydrocarbures lourds flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	C								I	I	2.62	
	Hydrocarbures lourds non flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	C								I	I	2.62	
Batture de boue	Hydrocarbures légers volatils	A	B																			2.00	
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A	B	C	D	A	C	B		D	A	B										2.92	
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	B										2.64	
	Hydrocarbures lourds flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	C										2.62	
Marais	Hydrocarbures lourds non flottants	A	B	B	C	A	B	B	C	D	A	C										2.62	
	Hydrocarbures légers volatils	A	B	D	D				D	D	B	B										3.33	
	Hydrocarbures intermédiaires volatils	A	B	D	D	A	B	B	D	D	B	B						C		A	I	B	2.80
	Hydrocarbures intermédiaires flottants	B	B	C	D	A	B	B	D	C	B	B							C	B	I	B	2.75
Marais	Hydrocarbures lourds flottants	B	B	C	D	A	B	B	D	C	B	B							B	B	I	B	2.67
	Hydrocarbures lourds non flottants	B	B	C	D	B	B	B	D	C	B	B							I	B	I	C	2.93

A = Faible impact nuisible sur l'habitat
 B = Certain impact nuisible sur l'habitat
 C = Important impact nuisible sur l'habitat
 D = Considérable impact nuisible sur l'habitat
 I - Information insuffisante, impact ou ampleur inconnue
 Nul = sans objet

A = 1
 B = 2
 C = 4
 D = 5
 I = 3

Annexe F-2

***Correspondance des espèces en péril
fédérales et provinciales***

Annexe F-2 : Correspondance des espèces en péril fédérales et provinciales

Fédéral	COSEPAC	N.-B./I.-P.-E./Ont.	N.-E.	T.-N.-L.	Qc	Man.	Sask.	Alb.
Disparues du pays	Disparues du pays	Disparues du pays	Disparues du pays			Disparues du pays	Disparues du pays	
En voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition		En voie de disparition	En voie de disparition	En voie de disparition
Menacées	Menacées	Menacées	Menacées	Menacées	Menacées	Menacées	Menacées	Menacées
Préoccupantes	Préoccupantes	Préoccupantes	Vulnérables	Vulnérables	Vulnérables		Vulnérables	Préoccupantes
Aucun statut	Pas en péril/données insuffisantes							

C.-B.
En voie de disparition
Menacées