

NUMÉRO DE PROJET : 15-1623 | MARS 2017



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:

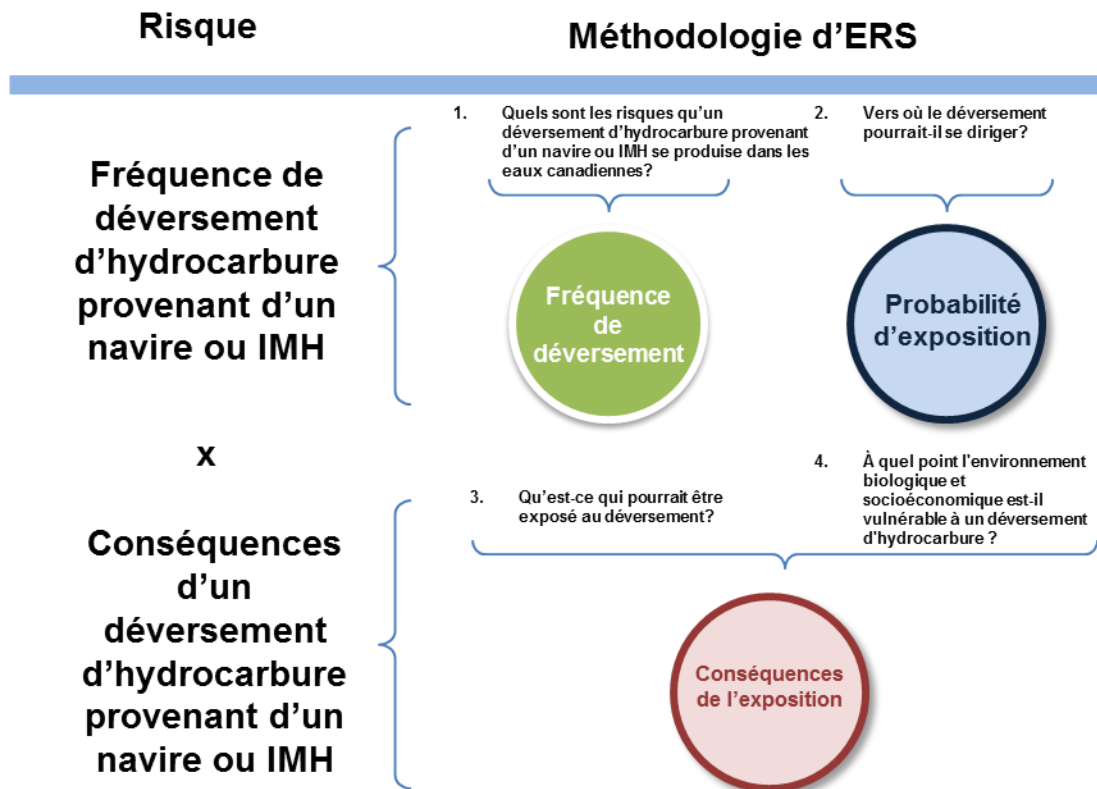


Figure 2-1: Comment le risque est défini dans la méthodologie d'ERS

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**).

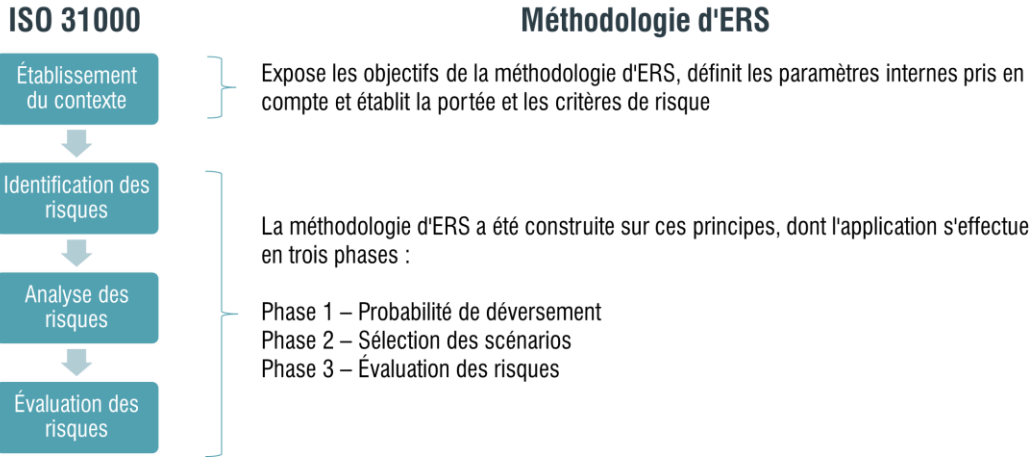


Figure 2-2: Méthodologie d'ERS: principes basés sur la CAN/CSA-ISO 31000-10

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**.

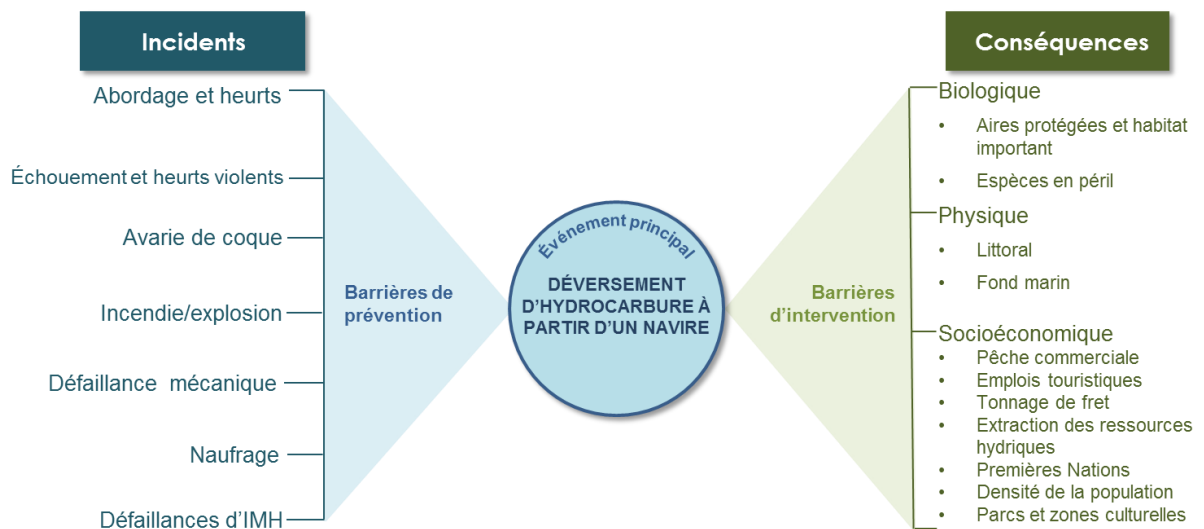


Figure 2-3: Diagramme en nœud papillon simplifié de l'ERS

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: diesel, 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

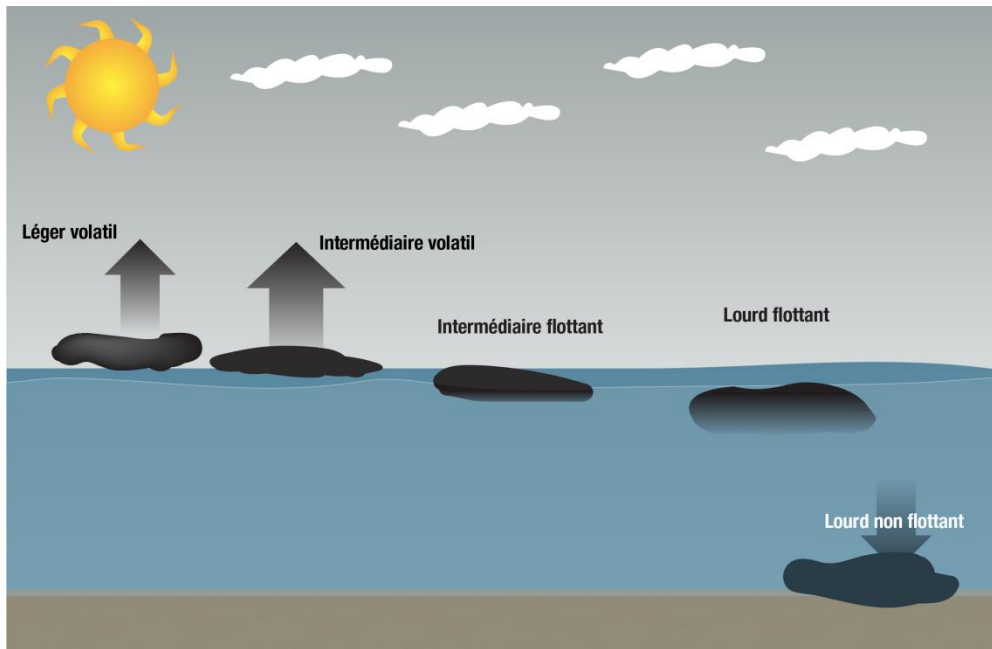


Figure 2-4: Catégories d'hydrocarbure prises en compte dans la méthodologie d'ERS

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

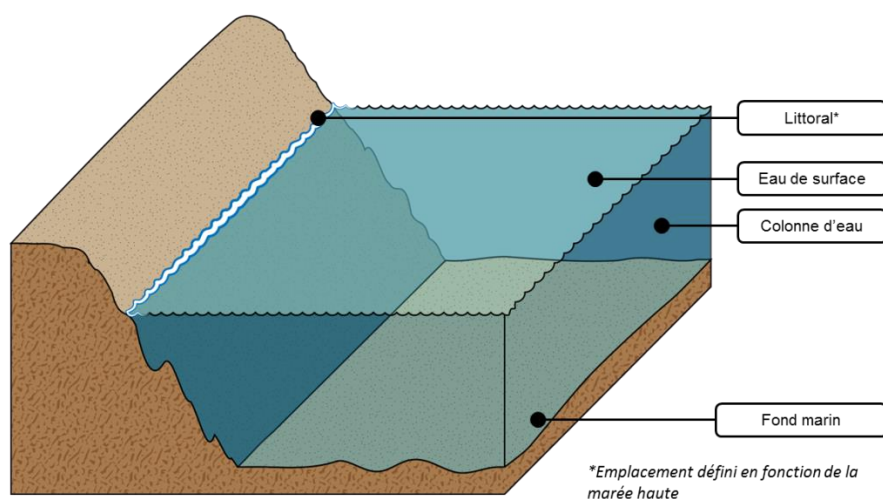


Figure 2-5: Couches composant une cellule

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.

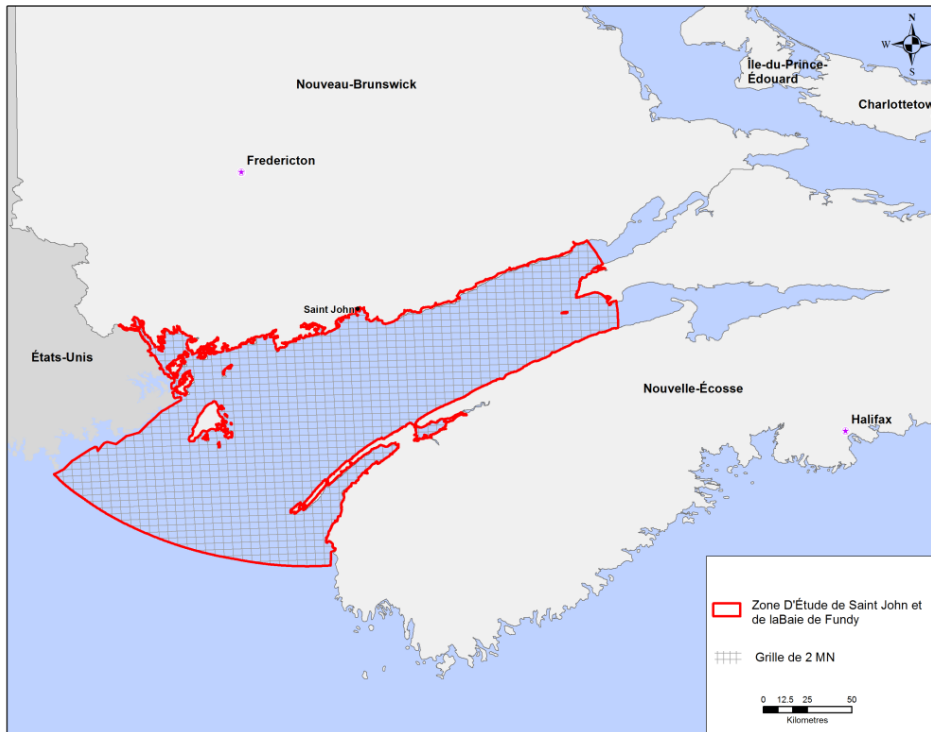


Figure 2-5: Carte des cellules de la baie de Fundy

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.

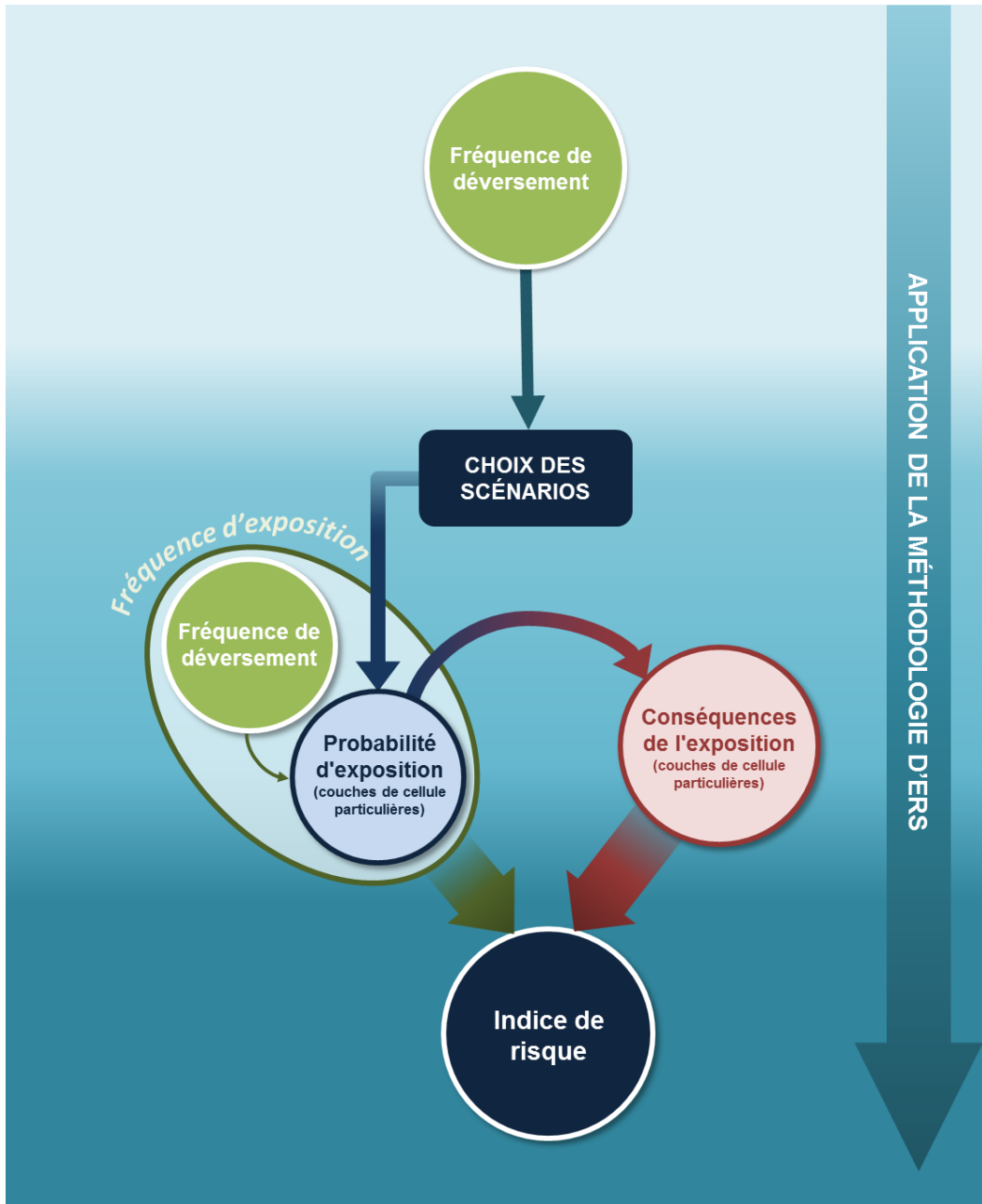


Figure 2-6: Organigramme décisionnel de la méthodologie d'ERS

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 entraînait 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**.

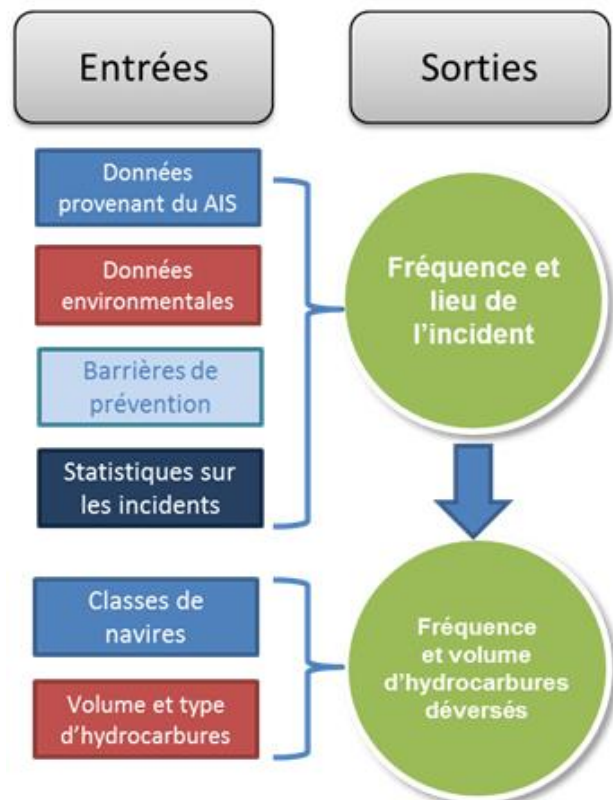


Figure 3-1: Entrées et sorties du modèle SAMSON

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.

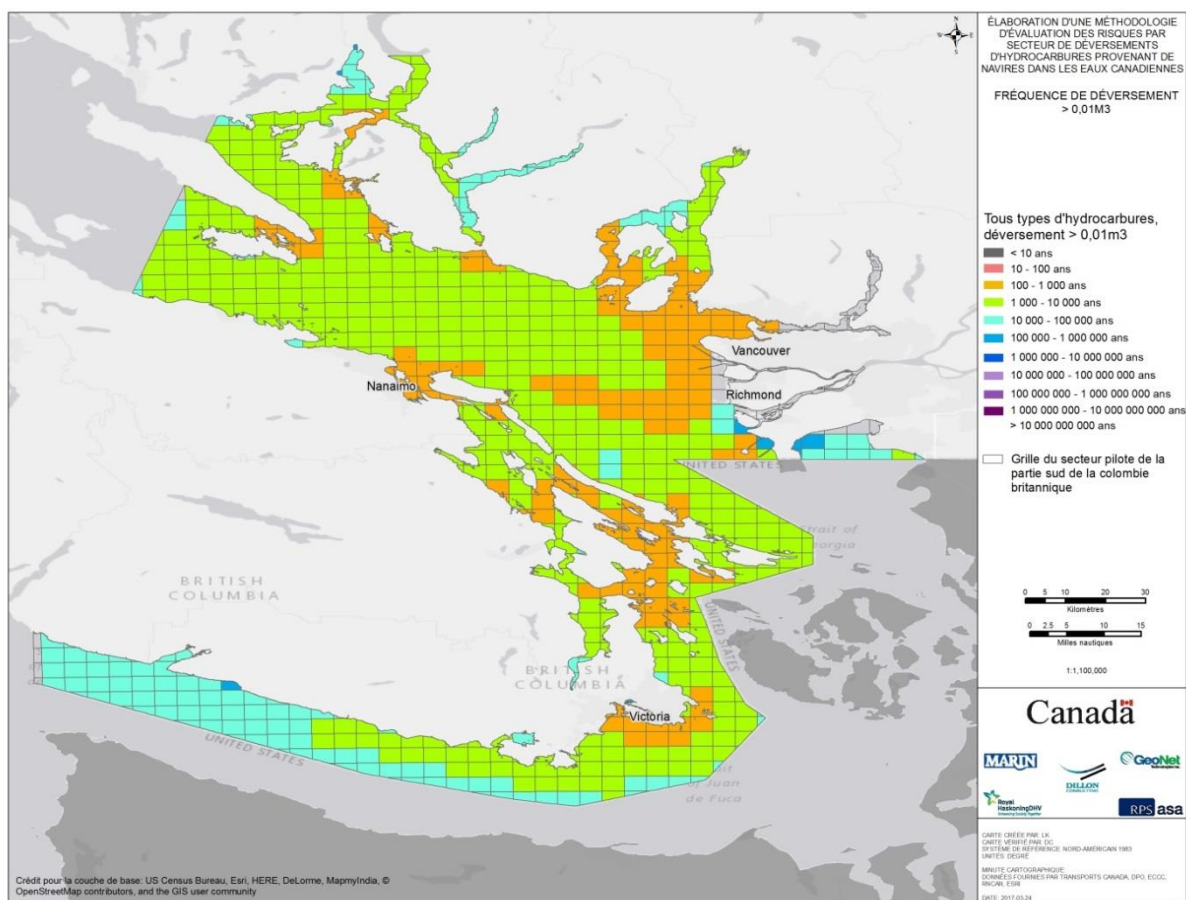


Figure 3-2: Carte de FdD pour tout déversement $> 0,01 \text{ m}^3$ dans le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.

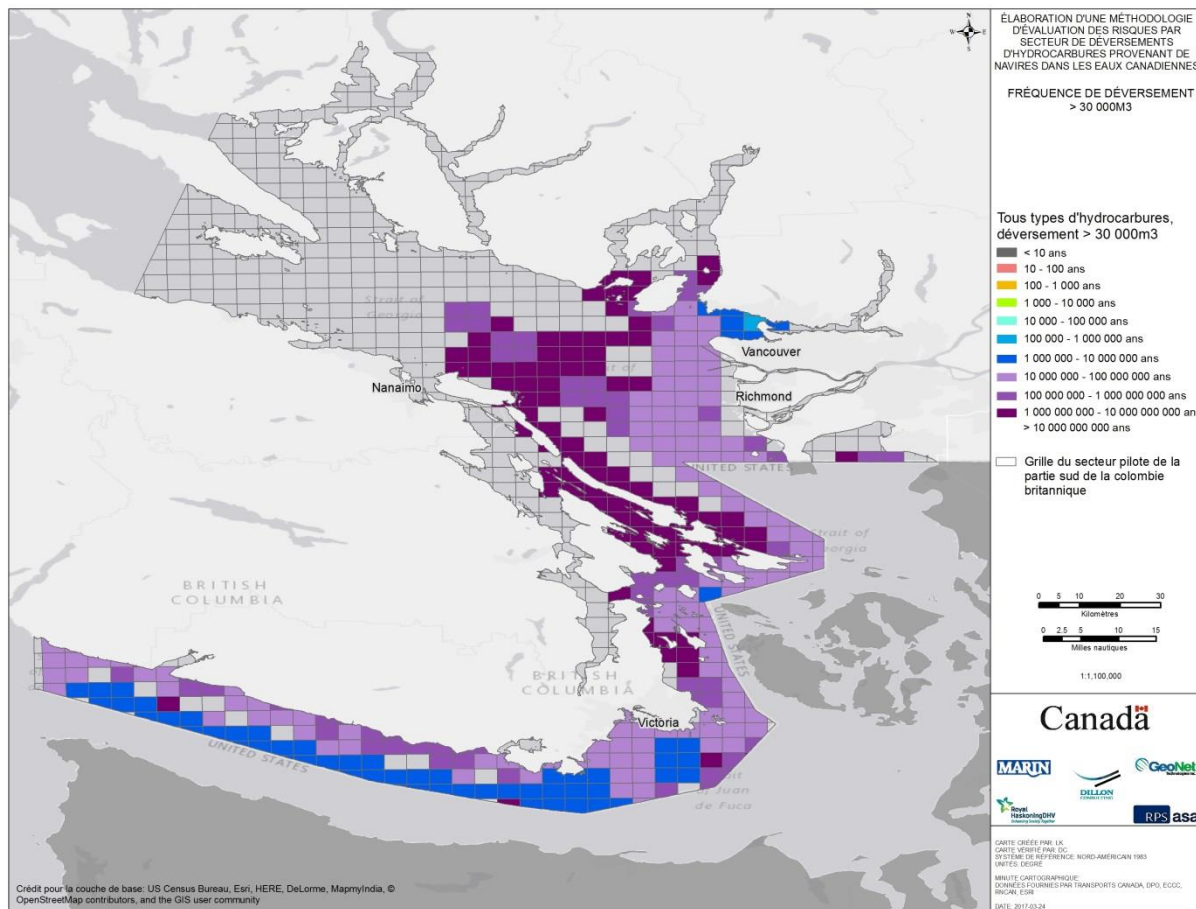


Figure 3-3: Carte de FdD pour tout déversement > 30 000 m³ dans le secteur pilote de la partie sud de la C.-B.

3.3 Fréquences des déversements d'hydrocarbures dans les IMH

Les fréquences et les volumes des déversements d'hydrocarbures dans les IMH sont estimés à partir de statistiques internationales sur ce genre de déversements pour des pays de régime similaire à celui du Canada, comme indiqué dans l'**Annexe D**. En effet, vu la diversité des causes et des volumes des déversements d'hydrocarbures signalés, il n'est pas possible de compter seulement sur les chiffres canadiens pour les déversements dans les IMH. Les calculs des fréquences et volumes des déversements d'hydrocarbures dans les IMH se basent sur le mécanisme de transfert qu'on y utilise (bras de chargement ou tuyau), la vitesse du transfert, le volume d'hydrocarbure transféré durant l'année de référence et la présence de valves d'arrêt. Pour chaque IMH, la probabilité de déversement d'hydrocarbure sera calculée pour deux tailles de déversement basées sur le mécanisme de transfert utilisé.

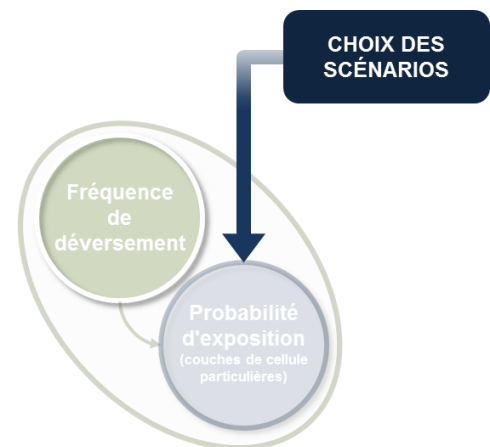
4.0 Phase 2: choix des scénarios

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.

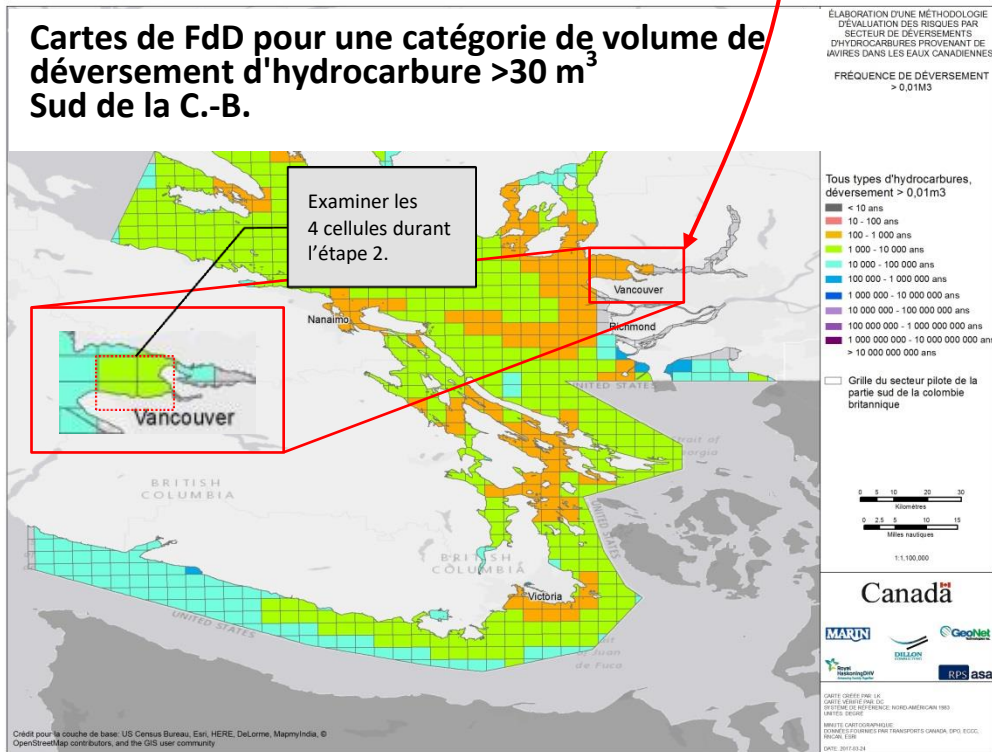
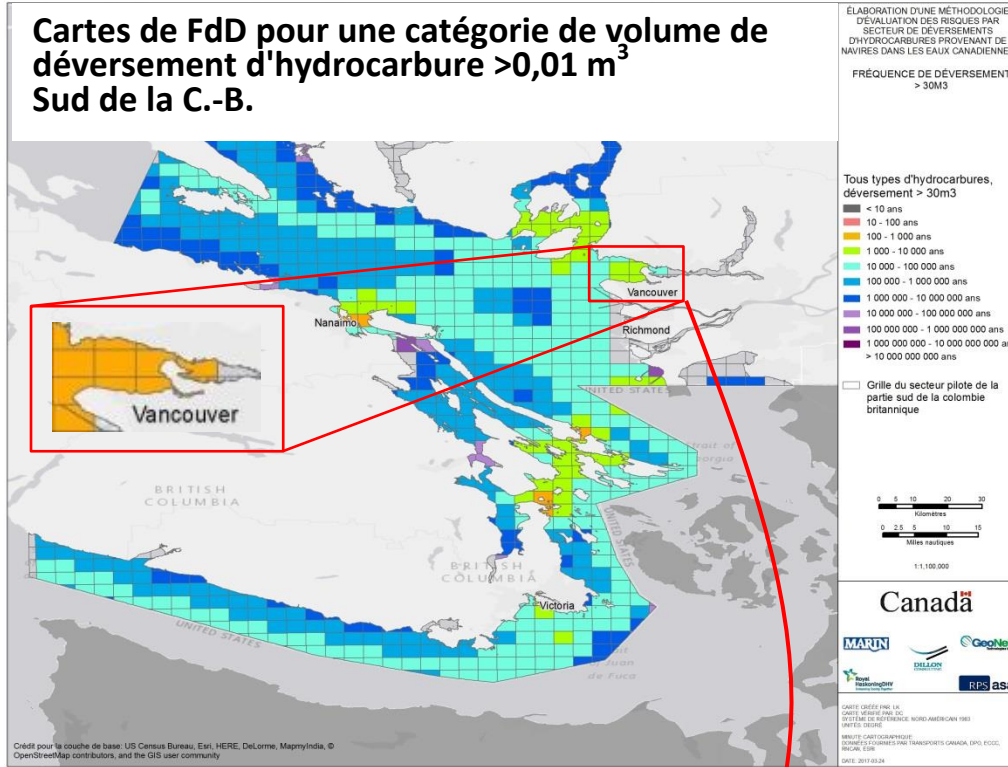


Figure 4-1: Étape 2 de la sélection de scénario, comparaison des cartes de FdD

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

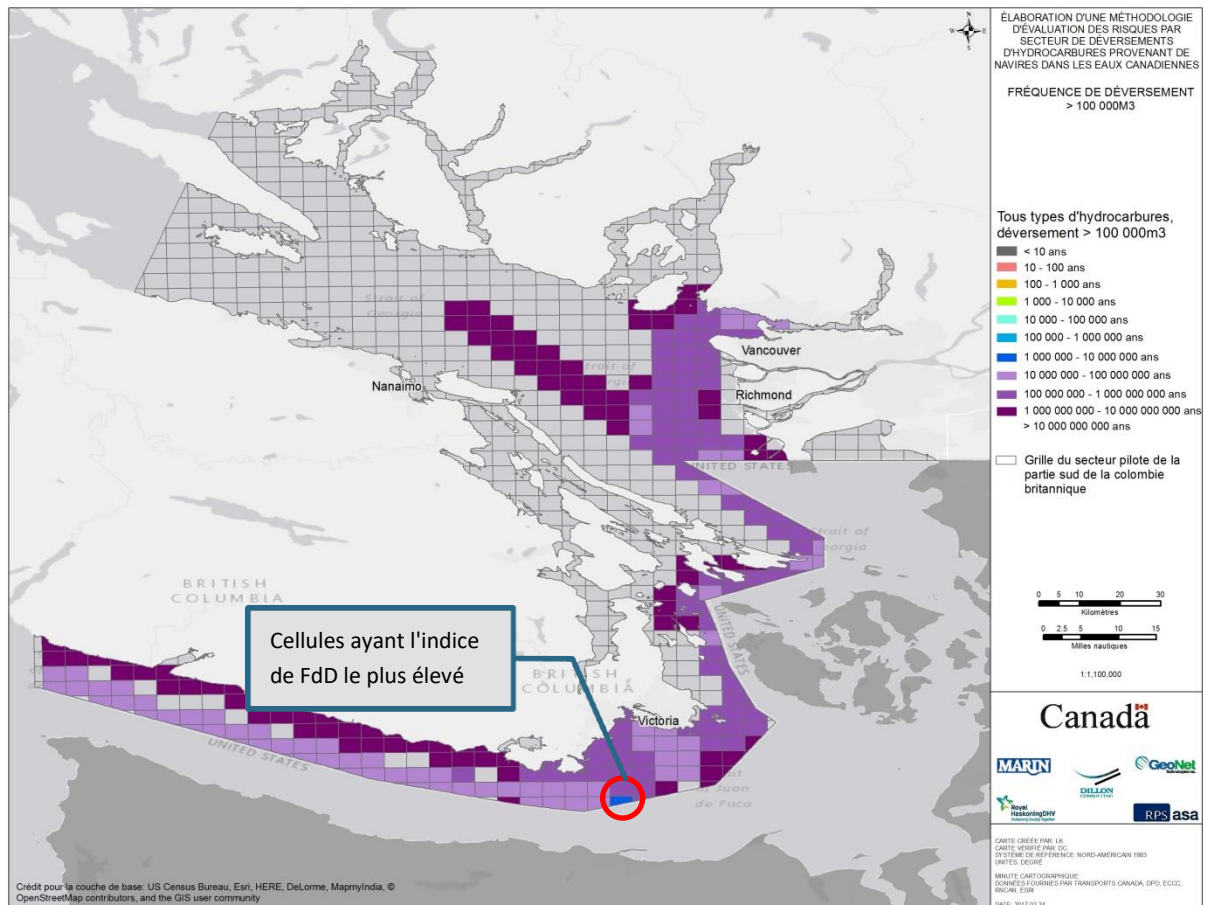


Figure 4-2: Identification des scénarios ayant le volume de déversement d'hydrocarbure le plus élevé

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.

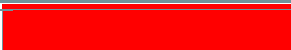




La modélisation de la trajectoire d'un déversement pour chaque scénario s'effectue sur des centaines de variations aléatoires des paramètres individuels, de manière à donner une représentation statistique des conditions environnementales sur une période de dix ans. Il n'est donc pas possible de modéliser 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 	Vulnérabilités biologiques <ul style="list-style-type: none"> ✓ Espèces vulnérables ✓ IAPHI Facteurs socioéconomiques: <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 	Milieu physique <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.

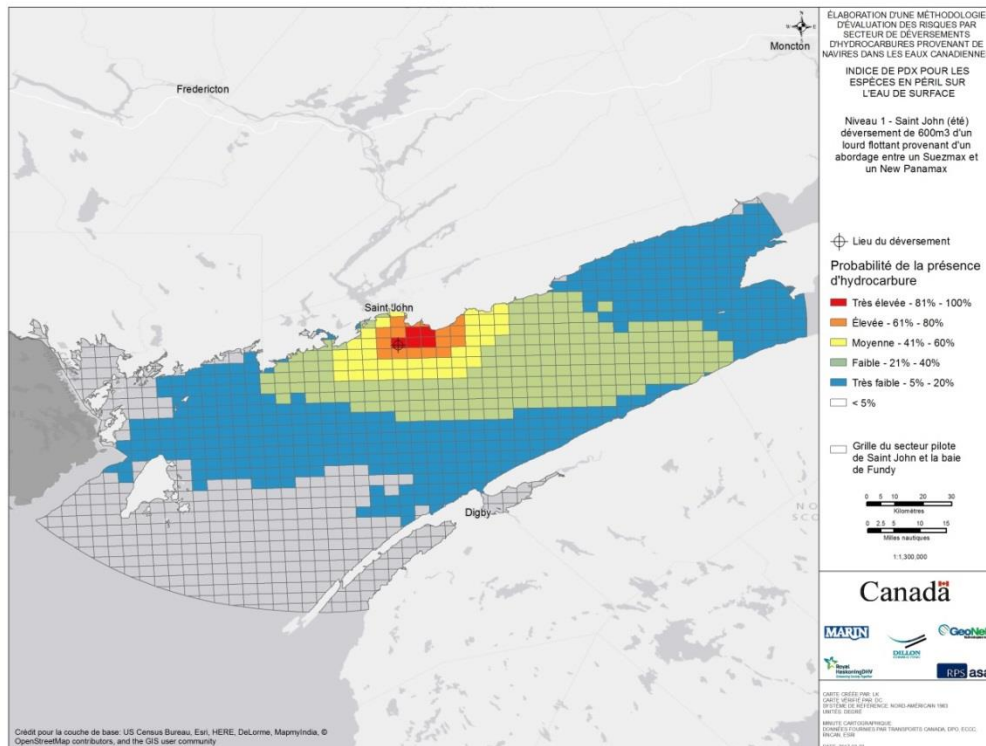


Figure 5-1: Carte de PdD donnée à titre d'exemple pour un déversement de niveau 1 près du port de Saint John: espèces en péril à la surface de l'eau, été (non atténué)

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**.

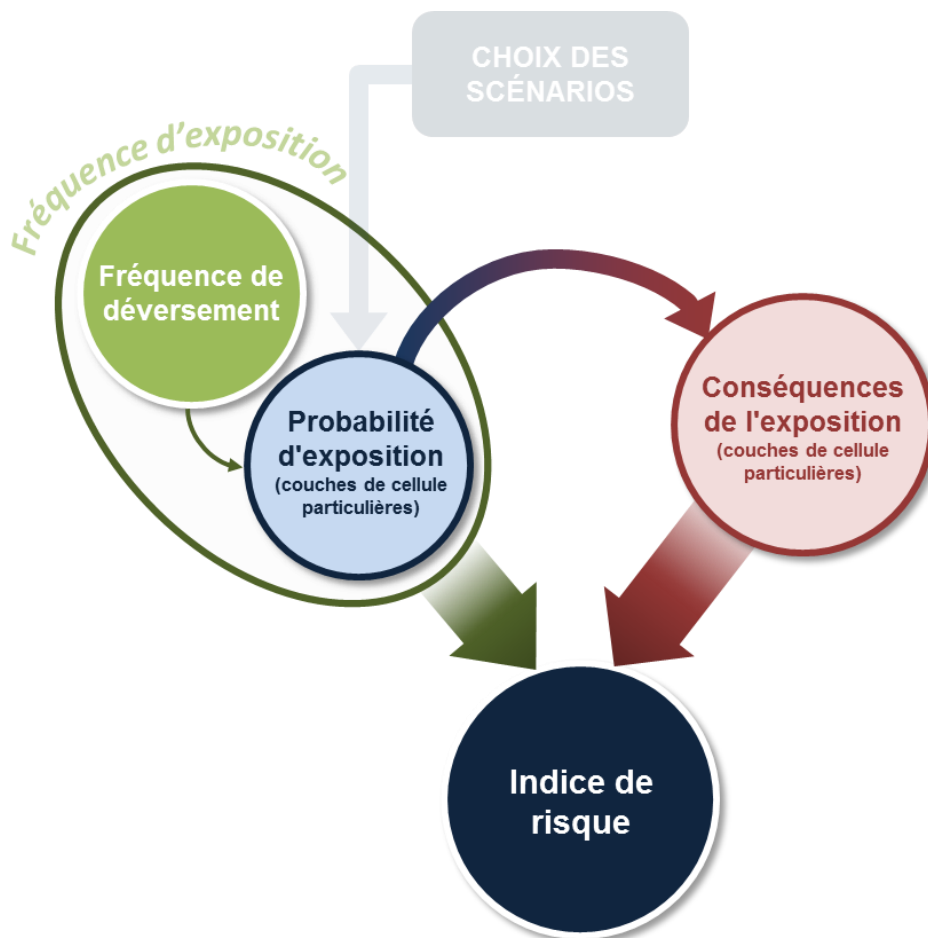











Figure 6-1: Méthodologie d'ERS, calcul des indices de risque

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.

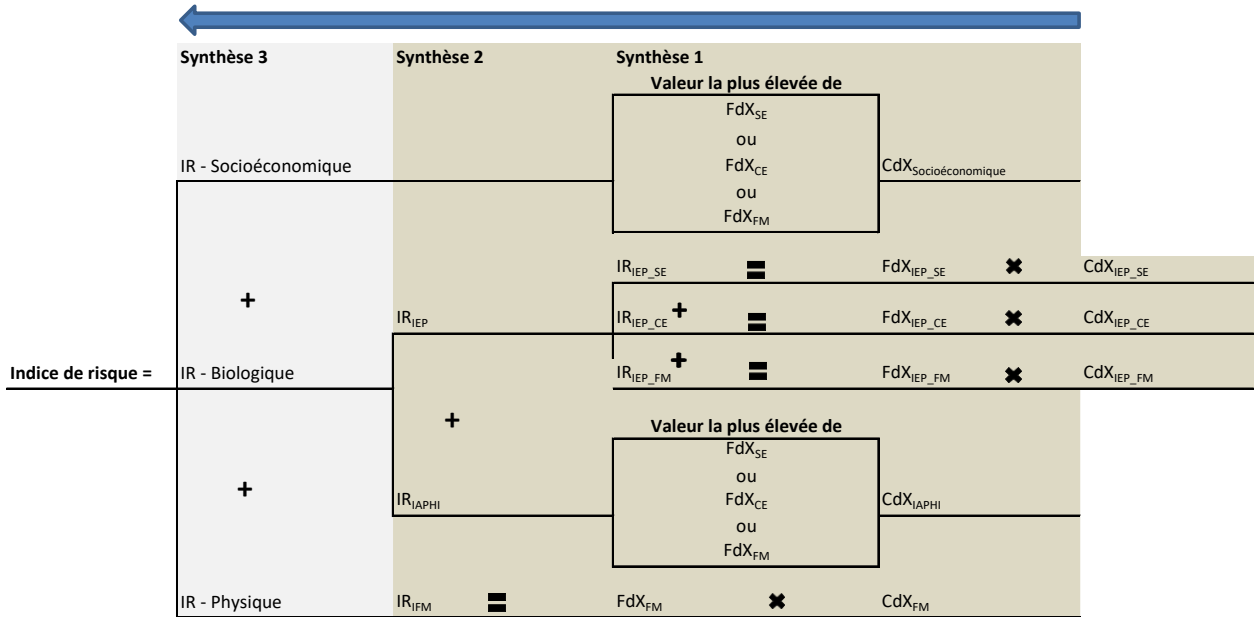


Figure 6-2: Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule sans littoral

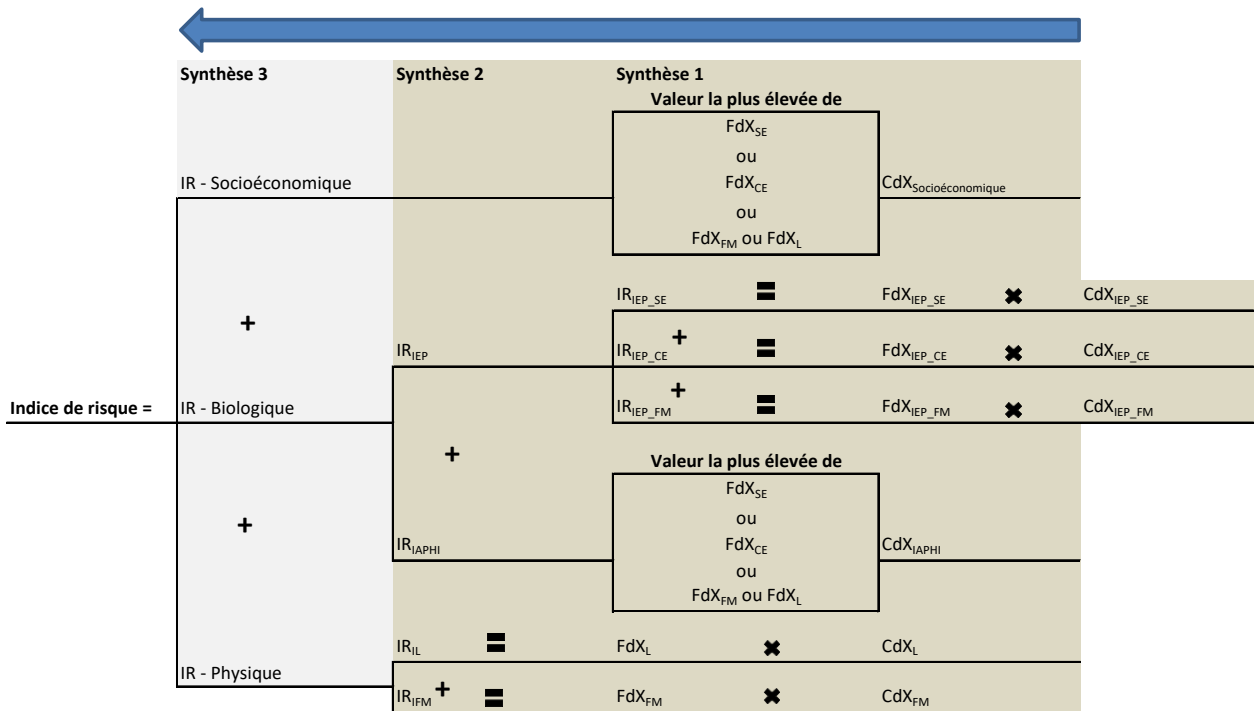


Figure 6-3: Plan de synthèse de l'indice de risque, cellule avec littoral

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	
IR-7	Élevé	
IR-6	Moyen	
IR-5	Faible	
IR-4	Très faible	
IR-3	Extrêmement faible	
IR-2	Marginal	
IR-1	Négligeable	

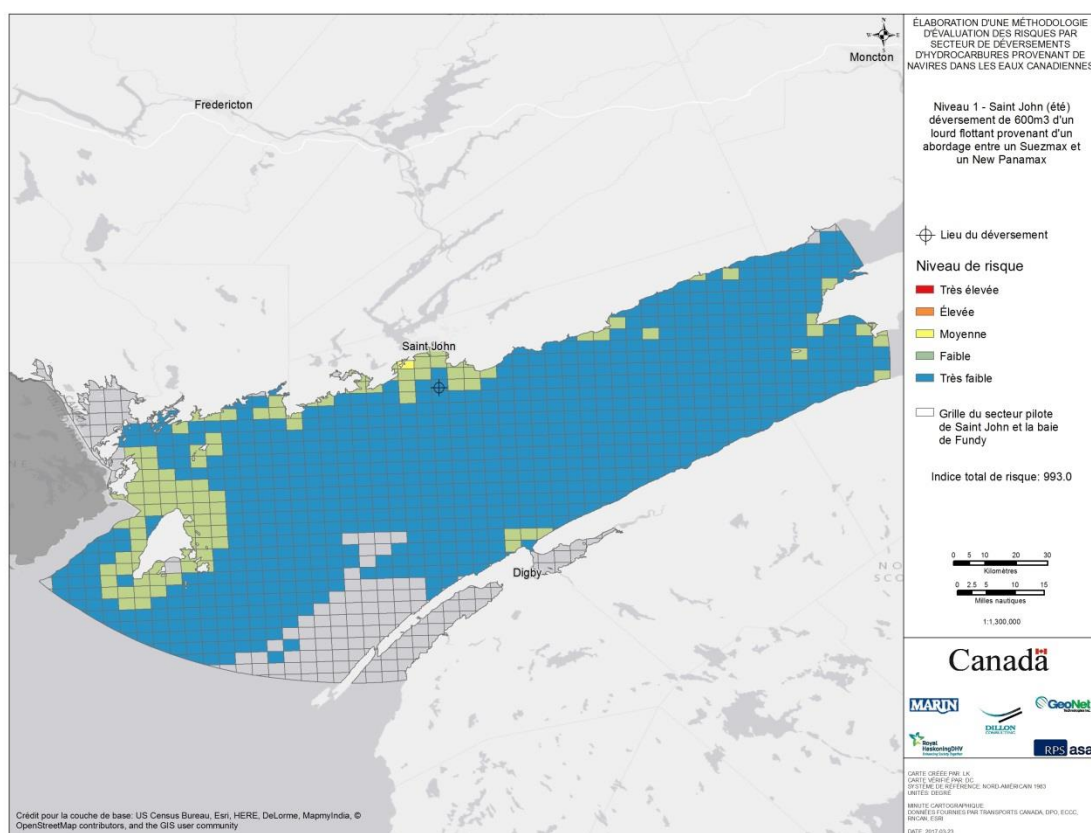


Figure 6-4: Exemple de carte d'indice de risque: déversement de niveau 1 près du port de Saint John, en été (non atténué)

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.