

# Analyse de la dérive des navires et de l'intervention sur la côte canadienne du Pacifique

Mars 2018





## À propos de nous

---

Clear Seas centre pour le transport maritime responsable est un centre de recherche indépendant à but non lucratif qui fournit des renseignements impartiaux fondés sur des faits au sujet du transport maritime au Canada.

Le travail de Clear Seas, dirigé par un conseil d'administration et conseillé par un comité consultatif sur la recherche, se concentre sur la détermination et le partage des meilleures pratiques pour le transport sûr et durable au Canada, englobant l'incidence économique, environnementale et humaine de l'industrie du transport maritime.

Tous les rapports de Clear Seas sont rendus publics et disponibles à **[clearseas.org](http://clearseas.org)**

### À propos de ce rapport

Clear Seas centre pour le transport maritime responsable a demandé à Nuka Research and Planning, LLC. (2018) de mener cette *Analyse de la dérive des navires et de l'intervention sur la côte canadienne du Pacifique* avec l'aide des personnes et organisations énumérées à l'Annexe A. Ce rapport, préparé par Nuka,

regroupe les résultats de cette étude et constitue un élément du projet des Corridors de transport Maritime de Clear Seas. Clear Seas est seul responsable des changements apportés uniquement à des fins éditoriales ou stylistiques.

# Conseil d'administration du Clear Seas centre pour le transport maritime responsable

## **Bud Streeter, président**

Ancien président, Lloyd's Register Canada (Halifax, N.-É.)

## **Kim Baird, O.C., vice-présidente**

Propriétaire d'entreprise, Kim Baird Strategic Consulting et ancienne négociatrice en chef, Première Nation de Tsawwassen (Tsawwassen, C.-B.)

## **Christopher Causton**

Porte-parole, capitaine de Victoria Harbour Ferries et ancien maire d'Oak Bay (Victoria, C.-B.)

## **Lindsay Gordon**

Chancelier, Université de la Colombie-Britannique, et ancien président-directeur général, Banque HSBC Canada (Vancouver, C.-B.)

## **John W. Hepburn, FRSC**

Vice-président, recherche, ICRA (Toronto, ON)

## **Kate Moran**

Présidente-directrice générale, Ocean Networks Canada, et professeure, faculté des sciences, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

## **Roger Thomas**

Ancien vice-président directeur, Amérique du Nord, Nexen Inc. (Calgary, AB)

## **Duncan Wilson**

Vice-président, responsabilité sociale d'entreprise, Port de Vancouver (Vancouver, C.-B.)

## Message du directeur exécutif

Le présent rapport évalue le risque qu'un navire désemparé en raison d'une panne de machine, d'une collision ou de tout autre motif s'échoue sur la côte canadienne du Pacifique avant l'arrivée des secours. Il décrit le profil des risques identifiés sur la côte ouest de l'île de Vancouver, à Haida Gwaii, à l'entrée Dixon, au détroit d'Hecate et au bassin de la Reine-Charlotte.

Bien que ce rapport se concentre sur une région précise qui a été sélectionnée dans le but de mener ce projet pilote afin de valider notre approche, Clear Seas compte appliquer cette méthodologie dans le cadre d'études subséquentes visant à analyser ces mêmes risques dans les régions de l'Atlantique, de l'Arctique et des Grands Lacs.

L'analyse démontre clairement que l'acquisition et le déploiement d'équipement de sauvetage (de navires de remorquage d'urgence [NRU], communément appelés bateaux-remorqueurs) dans la zone à l'étude pourraient réduire considérablement le profil de risque dans ces zones. En outre, les différents scénarios obtenus au moyen de la modélisation nous fournissent le profil de risque associé aux différentes stations et à la vitesse des NRU. Cette analyse a ainsi pour but d'assister les décideurs qui ont la responsabilité d'améliorer la sécurité du transport maritime au large des côtes canadiennes.

Bien que cette analyse ne concerne pas la probabilité qu'un navire subisse une panne de machine ou qu'un accident se produise, et qu'il soit reconnu que ce type d'événement se produit très peu souvent, deux incidents qui se sont produits récemment viennent souligner la nécessité de cette étude. En mars 2014, le vraquier MS John I<sup>1</sup> s'est échoué à Rose Blanche, sur la côte sud de Terre-Neuve à la suite d'une panne de moteur. Au mois d'octobre de la même année, le navire de charge battant pavillon russe MS Simushir s'est trouvé désemparé lorsqu'il a subi une panne de propulsion totale et a été emporté à la dérive à 5,6 milles nautiques de Haida Gwaii avant d'être remorqué. Grâce aux efforts coordonnés de la Garde côtière canadienne et d'autres intervenants, l'échouement du navire, qui aurait pu avoir des conséquences lourdes sur une côte vulnérable, a été évité. Bien que la cause des pannes de moteur et les caractéristiques des deux incidents diffèrent, tous deux illustrent les risques évalués par cette étude.

Le modèle élaboré dans le cadre de cette étude pourrait soutenir une analyse plus approfondie de la façon dont les différentes combinaisons d'itinéraires de navires, le nombre et l'emplacement des remorqueurs de sauvetage, leur disponibilité opérationnelle et leur vitesse pourraient être optimisés selon un profil de risque souhaité. Cette étude n'émet aucune recommandation précise, mais elle démontre l'exposition au risque liée à chacun de ces composants dans le but d'orienter l'élaboration des exigences relatives aux bateaux-remorqueurs, elle fournit des données pour la planification de l'espace maritime, et elle aide également à la prise de décisions opérationnelles relatives au déploiement des bateaux-remorqueurs.

1 Rapport d'enquête maritime M14A0051 du Bureau de la sécurité des transports du Canada (<http://www.bst-tsb.gc.ca/fra/rapports-reports/marine/2014/m14a0051/m14a0051.asp>)

La méthodologie utilisée dans le cadre de cette étude a servi d'outil de planification dans d'autres régions maritimes où l'on retrouve des conditions climatiques et un trafic maritime semblables (en Alaska). Clear Seas a souligné les efforts de l'Alaska<sup>2</sup> visant à établir une liste des « zones à éviter<sup>3</sup> » reconnue par l'Organisation maritime internationale<sup>4</sup> comme l'une des meilleures pratiques dans le domaine de la planification de l'espace maritime. Cette méthodologie a été appliquée notamment lors de l'étude d'évaluation des risques dans les îles Aléoutiennes compte tenu des enjeux liés à la dérive des navires et à l'intervention. Une analyse détaillée de la trajectoire de dérive des navires et de l'intervention requise au large de la côte de la Colombie-Britannique a été menée il y a plus de quinze ans<sup>5</sup> et a donné des résultats semblables. La présente étude repose sur des données météorologiques régionales plus détaillées que la précédente, tire profit des données du Système d'identification automatique (SIA), lesquelles n'étaient pas accessibles en 2002, et intègre la modélisation de l'ajout de bateaux-remorqueurs supplémentaires. À la suite de l'annonce du gouvernement de son intention de doter la Garde côtière canadienne<sup>6</sup> de NRU supplémentaires dans la région, et en raison des problèmes persistants liés à la proximité<sup>7</sup> des navires commerciaux le long de la côte, Clear Seas a décidé de mener une étude en profondeur sur le sujet.

Cette étude est la première de trois analyses géospatiales qui seront réalisées par Clear Seas et qui feront partie de l'Initiative des corridors de transport maritime. Le contenu des deux autres études géospatiales consistera en une analyse du trafic maritime sur plusieurs années au moyen des données du SIA et de l'identification des zones côtières vulnérables. Les résultats des trois études géospatiales seront combinés et analysés afin de déterminer les zones où le risque est actuellement élevé pour les navires désemparés le long de la côte de la Colombie-Britannique. Clear Seas examinera également la capacité des NRU de porter assistance à un navire désemparé en fonction de la taille du navire et des conditions de la mer.

Afin de poursuivre son engagement continu envers l'amélioration de la sécurité et du caractère durable de la navigation maritime au Canada, Clear Seas continuera d'explorer des façons d'aborder les risques par la recherche et en encourageant un dialogue éclairé entre les intervenants et les groupes autochtones concernés.

## Sommaire

Clear Seas centre for Responsible Marine Shipping (Clear Seas) a mandaté Nuka Research and Planning Group, LLC (Nuka Research) pour analyser comment l'emplacement et la disponibilité des navires de remorquage d'urgence (NRU) ou de bateaux-remorqueurs pourraient avoir une incidence sur le potentiel d'échouement d'un navire désemparé le long de la côte ouest canadienne. Le présent rapport résume les résultats obtenus lors de l'analyse de scénarios d'intervention et de dérive de navires au large des côtes de la Colombie-Britannique.

Cette analyse est fondée sur un modèle informatisé de la « zone de non-sauvetage<sup>8</sup> » (ZONS) élaboré par Nuka Research aux fins de ce projet. Une ZONS est une zone au large des côtes où un navire désemparé pourrait s'échouer avant qu'un NRU puisse prendre le contrôle de celui-ci. Les probabilités de réussite d'un sauvetage pour les différents scénarios sont représentées par des «

2 Aleutian Islands Risk Assessment (<http://www.aleutianriskassessment.com>)

3 N.d.T. : « Areas-to-be-Avoided »

4 IMO Adopted Areas-To-Be-Avoided Along Aleutian Islands

5 B.C. Coast Offshore Vessel Traffic Risk Management Project (<http://oilspilltaskforce.org/wp-content/uploads/2013/12/2002-Offshore-Vessels-Risk-Management-Project-Report.pdf>)

6 Le premier ministre annonce l'affectation d'un nouveau navire-remorqueur en Colombie-Britannique (<https://pm.gc.ca/fra/nouvelles/2016/12/20/premier-ministre-annonce-l'affectation-dun-nouveau-navire-remorqueur-colombie>)

7 Lessons from the Simushir (Council of Haida Nation - Workshop Report) ([https://haidamarineplanning.com/wp-content/uploads/2016/08/CHN\\_Workshop\\_Summary\\_FINAL.pdf](https://haidamarineplanning.com/wp-content/uploads/2016/08/CHN_Workshop_Summary_FINAL.pdf))

8 N.d.T. : « Zone-of-No-Save ».

zones de probabilité de sauvetage » de 0 à 50 %, de 50 à 90 %, de 90 à 95 % et de 95 à 99 %. Plus le pourcentage est élevé, plus la probabilité qu'un NRU puisse assister le navire désemparé avant qu'il s'échoue est élevée. Par exemple, pour la zone de 95 à 99 %, le modèle prédit que le NRU a 95 à 99 % de chances de pouvoir assister le navire désemparé avant qu'il s'échoue.

Nuka Research a étudié sept scénarios en fonction de l'équipement d'intervention actuel et à venir. Les paramètres qui définissent les sept scénarios ont été déterminés en collaboration avec Clear Seas et des représentants régionaux du ministère de l'Environnement et du Changement climatique Canada, de la Garde côtière canadienne, de Transport Canada et des pilotes côtiers de la Colombie-Britannique. Le modèle fondé sur une approche stochastique estimait la probabilité qu'un NRU arrive à temps pour assister un navire désemparé en fonction d'une ligne de côte déterminée et de l'historique des conditions de vent associées à celle-ci. Le temps requis pour qu'un NRU puisse porter assistance à un navire désemparé a été calculé à partir de son emplacement de départ, du temps requis pour sa mobilisation, de sa vitesse de transit, du temps requis pour prendre en remorque le navire et de l'itinéraire. Le temps qu'un navire désemparé dérive avant de s'échouer a été calculé en fonction des caractéristiques du navire à la dérive et des conditions de vent à un moment précis sélectionné au hasard dans la base de données historique des conditions de vent. Comme tous les modèles, il s'agit d'un modèle simplifié et approximatif d'un système complexe ayant des limites qui doivent être prises en compte lors de l'interprétation et de l'application des résultats.

Tous les résultats des scénarios démontrent que plus le navire est éloigné de la côte au moment où il part à la dérive, plus la possibilité de sauvetage est élevée. De plus, ils démontrent que le temps requis par un NRU pour porter assistance à un navire désemparé dépend de son emplacement de départ, du temps requis pour sa mobilisation et de sa vitesse de transit.

Par ce rapport, les auteurs ne tentent pas d'établir un niveau de risque acceptable. Ils tentent de fournir aux lecteurs une meilleure compréhension du profil de risque associé aux différentes conditions lors d'une intervention en fonction du nombre de NRU, de leur emplacement, du temps requis pour leur mobilisation et de leur vitesse de transit.

Afin de mettre en contexte les résultats de cette analyse de la dérive des navires et de l'intervention, des cartes illustrant la probabilité de sauvetage pour chacun des scénarios étudiés ont été superposées aux itinéraires de trafic maritime généraux provenant de données récentes sur la surveillance des navires. Dans les sept scénarios présentés dans ce rapport, il a été démontré que les itinéraires de navires à passagers coïncident la plupart du temps avec les zones où la probabilité de sauvetage est la plus faible, notamment parce que ceux-ci naviguent généralement près de la côte. Dans tous les scénarios, les itinéraires de pétroliers sauf ceux qui traversent le détroit de Juan de Fuca, sont situés à l'extérieur de la zone de probabilité de sauvetage de 99 %, principalement en raison de la zone d'exclusion des pétroliers déjà en place. Les itinéraires des navires de charge et des navires de pêche traversent plusieurs zones, principalement dans les zones de transit de 50 à 90 % et de 90 à 95 % le long de la côte de la Colombie-Britannique. Ces résultats préliminaires découlent d'un ensemble de données relativement petit et seront revus en fonction d'un ensemble de données plus important dans un prochain rapport.

Les résultats obtenus à partir des scénarios étudiés dans ce rapport ainsi que l'élaboration de scénarios supplémentaires pourraient éclairer la prise de décisions relatives à l'atténuation des risques, notamment en ce qui a trait au choix de l'emplacement des NRU et à la prise de mesures proactives supplémentaires pour la gestion des navires visant à réduire les risques associés à l'échouement le long de la côte du Pacifique.

# Table des matières

Conseil d'administration du Clear Seas centre pour le transport maritime responsable.....	1
Message du directeur exécutif.....	2
Sommaire.....	3
Analyse de la dérive des navires et de l'intervention sur la côte canadienne du Pacifique .....	6
1.0 Introduction.....	6
1.1 But et portée.....	6
1.2 Contexte.....	7
1.2.1 Risques de l'expédition le long de la côte ouest.....	7
1.2.2 Modélisation de la ZONS.....	7
2.0 Méthodologie.....	8
2.1 Étude préliminaire.....	8
2.2 Données du modèle.....	8
2.2.1 Portée géographique.....	9
2.2.2 Paramètres des scénarios.....	10
2.2.3 Données sur le vent.....	10
2.2.4 Courants.....	12
2.3 Estimation de la trajectoire de dérive d'un navire et du temps de réponse des NRU.....	12
2.3.1 Approche.....	12
2.3.2 Modèles de dérive des navires.....	12
2.3.3 Paramètres des navires de remorquage d'urgence.....	15
2.3.4 Déterminer les conditions éoliennes.....	18
2.4 Modèle de la ZONS.....	20
2.4.1 Programmation et flux de travail.....	20
2.4.2 Contrôle et assurance de la qualité.....	21
2.4.3 Limitations et éléments à prendre en considération lors d'études subséquentes.....	22
3.0 Analyse.....	24
3.1 Scénarios.....	24
3.1.1 Scénario 1 - Un NRU (Neah Bay), vitesse de transit de 8 nœuds.....	25
3.1.2 Scénario 2 - Un NRU (Neah Bay) - conditions de vent hivernales, vitesse de transit de 8 nœuds.....	26
3.1.3 Scénario 3 - Deux NRU (Neah Bay et Prince Rupert), vitesse de transit de 6 nœuds.....	27
3.1.4 Scénario 4 - Deux NRU (Neah Bay et Prince Rupert), vitesse de transit de 8 nœuds.....	28
3.1.5 Scénario 5 - Trois NRU (Neah Bay, Prince Rupert et Port Hardy).....	29
3.1.6 Scénario 6 - Trois NRU (Neah Bay et deux navires de patrouille).....	30
3.1.7 Scénario 7 - Trois NRU (Neah Bay, Port Hardy et Prince Rupert).....	31
3.1.8 Comparaison des scénarios.....	32
3.2 Itinéraires de navires typiques dans la ZONS.....	34
4.0 Conclusion.....	41
5.0 Références.....	42
Annexe A. - Consultations.....	43

# Analyse de la dérive des navires et de l'intervention sur la côte canadienne du Pacifique

## 1.0 Introduction

Le présent rapport présente les résultats d'une analyse portant sur la dérive des navires désemparés et de l'intervention sur la côte canadienne du Pacifique. Cette analyse a été réalisée par Nuka Research and Planning Group, LLC (Nuka Research) à la demande de Clear Seas centre pour le transport maritime responsable (Clear Seas). L'analyse de la dérive et de l'intervention a été effectuée à partir d'un modèle de « zone de non-sauvetage » (ZONS) qui permet de repérer les zones au large des lignes côtières où un navire désemparé pourrait dériver et s'échouer avant qu'un navire de remorquage d'urgence (NRU<sup>9</sup>) arrive sur les lieux pour le prendre en remorque. L'analyse de la probabilité de sauvetage dans une zone maritime donnée peut aider à éclairer la prise de décisions relatives à l'atténuation des risques, notamment en ce qui a trait au choix de l'emplacement des NRU, ou indiquer la nécessité d'adopter des mesures supplémentaires afin de réduire la possibilité qu'un navire s'échoue.

Nuka Research a élaboré un modèle de ZONS pour la zone au large de la Colombie-Britannique et étudié sept scénarios différents en fonction de l'emplacement des NRU, du temps requis pour leur mobilisation, de leur temps de déplacement, du temps de manœuvre sur place et du temps requis pour la prise en remorque. Les résultats démontrent que le nombre de NRU, leur emplacement de départ et leur disponibilité opérationnelle ont une incidence sur la capacité de porter assistance à un navire désemparé avant qu'il s'échoue.

L'étude repose sur des critères établis lors d'une étude préliminaire menée au printemps 2017 par Nuka Research à la demande de Clear Seas (Nuka Research, 2017).

### 1.1 But et portée

La présente analyse de la dérive des navires et de l'intervention avait pour but l'élaboration d'un modèle de ZONS propre à la côte de la Colombie-Britannique et aux conditions éoliennes de la région afin de simuler sept scénarios permettant de prédire la probabilité qu'un NRU puisse assister un navire désemparé avant qu'il s'échoue. Les résultats de la présente analyse de la dérive des navires et de l'intervention ainsi que ceux obtenus lors du projet d'envergure sur les corridors de transport maritime pourraient éclairer les décisions stratégiques relatives à la gestion du trafic maritime, à l'emplacement des équipements de sauvetage et à l'établissement de mesures d'atténuation supplémentaires visant à réduire les risques d'accident impliquant des navires le long de la côte de la Colombie-Britannique.

Bien que les résultats obtenus pour la ZONS dans un contexte d'itinéraires d'expédition communs soient informatifs, le trafic maritime ne suit pas un modèle de base et les résultats obtenus pour la ZONS ne reposent pas sur l'hypothèse selon laquelle les navires suivent des itinéraires précis. Toutefois, ces résultats peuvent éclairer notre compréhension des risques associés à un itinéraire donné.

## 1.2 Contexte

### 1.2.1 Risques de l'expédition le long de la côte ouest

Le trafic maritime le long de la côte ouest du Canada a augmenté au cours des dernières années et cette tendance risque de se poursuivre (Nuka Research, 2013). L'incident impliquant le MS Simushir qui s'est produit en 2014 à l'ouest de Haida Gwaii a mis en évidence les risques d'accident potentiels auxquels les navires font face en eaux canadiennes. Le porte-conteneurs russe a subi une panne de propulsion complète et a dérivé en direction de la réserve d'aire marine nationale de conservation de Gwaii Haanas pour être ensuite remorqué de façon sécuritaire, après plusieurs tentatives de sauvetage, jusqu'à Prince Rupert afin d'être réparé (Council of the Haida Nation, 2015). Le MS Simushir transportait environ 450 000 litres de combustible de soute (hydrocarbure persistant) et 56 000 litres de diesel (hydrocarbure non persistant) au moment où il dérivait en direction de la côte de Haida Gwaii. Cet incident a attiré l'attention sur l'importance cruciale de faire en sorte qu'un temps d'intervention adéquat (lequel dépend principalement de la distance du navire de la côte) et que les ressources nécessaires (comme des NRU adéquats) soient disponibles pour secourir un navire à la dérive avant qu'il s'échoue.

La première analyse de ZONS, de laquelle cette étude est inspirée, a été menée pour l'Aléutian Islands Risk Assessment (Alaska). Elle avait pour but d'évaluer comment le déploiement d'un NRU dans la région des îles Aléoutiennes pourrait réduire les risques d'accident liés à l'expédition par transport maritime naviguant la route orthodromique entre l'Amérique du Nord et l'Asie (Nuka Research, 2014). L'analyse de la ZONS dans la région des îles Aléoutiennes s'inscrivait dans le cadre d'une plus vaste évaluation des risques liés au trafic maritime financée par le fonds de règlement à la suite du naufrage du MS Selendang Ayu en 2004 près d'Unalaska (Nuka Research, 2015). Contrairement au MS Simushir, les tentatives de sauvetage du MS Selendang Ayu ont échoué. Le vraquier a subi une panne de propulsion et s'est échoué, entraînant la rupture de sa structure. Cette perte de propulsion a causé la mort de six membres de l'équipage et le relâchement d'environ 1 272 000 litres de mazout et de diesel, entraînant la fermeture des pêcheries dans la région (NTSB, 2006).

### 1.2.2 Modélisation de la ZONS

La ZONS est établie selon un modèle élaboré à partir de :

- La ligne de côte de la zone à l'étude;
- Une base de données historique sur la vitesse et la direction des vents (conditions éoliennes);
- Les caractéristiques de dérive d'un navire désemparé (en fonction de la vitesse du vent);
- Le point de départ, le temps de mobilisation et la vitesse de transit du NRU; et
- Les limites des différentes zones de risque associées à la probabilité de porter assistance à un navire avant qu'il s'échoue (99 %, 95 %, 90 % et 50 %).

Le modèle permet d'estimer la probabilité qu'un NRU arrive à temps pour porter assistance à un navire désemparé en fonction d'un emplacement déterminé sur la ligne de côte et de l'historique des conditions de vent associées à cet endroit. Il ne permet pas de prédire la probabilité qu'un navire devienne désemparé ou qu'il s'échoue. Il présuppose que les NRU impliqués dans le scénario sont en mesure d'effectuer un sauvetage une fois sur place dans les conditions ambiantes.

Le modèle de la ZONS évalue la durée de l'intervention à partir du moment où le navire commence à dériver. Il ne tient pas compte des retards dans la demande d'assistance par le capitaine du navire, pouvant être causés par les tentatives de réparer le navire ou de reprendre le contrôle de celui-ci. De nombreux exemples concrets comme le MS Simushir et le MS Selendang Ayu illustrent les enjeux liés à la communication tardive de la situation.

De façon générale, les modèles et les simulations constituent des représentations approximatives et simplifiées de systèmes complexes ayant des limites qui doivent être comprises lors de l'interprétation et de l'application des résultats. Les forces et les limitations du modèle sont décrites à la section 2 – Méthodologie.

## 2.0 Méthodologie

Le modèle de la ZONS de la Colombie-Britannique a été utilisé pour évaluer la capacité des NRU de se rendre jusqu'à un navire désemparé avant qu'il s'échoue sur la ligne de côte en fonction des caractéristiques de celle-ci, de l'historique des conditions éoliennes et des emplacements de départ habituels des NRU. Sept scénarios ont été choisis en collaboration avec des représentants régionaux du ministère de l'Environnement et du Changement climatique Canada, de la Garde côtière canadienne et de Transport Canada ainsi que des pilotes côtiers de la Colombie-Britannique. Les résultats de chaque scénario sont représentés sur une carte.

### 2.1 Étude préliminaire

Afin de sélectionner les données et les hypothèses servant à la création du modèle, une étude préliminaire a été menée. Les participants à cette étude étaient des marins professionnels, des experts en sauvetage et en recherche, et d'autres experts maritimes qui connaissent la côte de la Colombie-Britannique (Nuka Research, 2017). D'autres experts ont également passé en revue et commenté cette étude préliminaire. La liste des personnes qui y ont contribué se trouve à l'annexe A.

### 2.2 Données du modèle

Le modèle de la ZONS de la Colombie-Britannique applique une approche stochastique pour estimer la probabilité qu'un navire désemparé parte à la dérive à tout moment dans une zone représentée sous forme de grille et qu'il s'échoue dans une cellule du quadrillage représentant une ligne de côte avant qu'un NRU (bateau-remorqueur ou navire de sauvetage) arrive sur les lieux. Selon un scénario donné, le temps requis pour qu'un NRU se rende à une cellule comprenant une ligne de côte a été calculé en fonction de son emplacement, de son temps de mobilisation, de sa vitesse de transit et de son itinéraire. Le temps de dérive du navire désemparé avant son échouement a été calculé au moyen d'un sous-programme qui établit la trajectoire de dérive en fonction des caractéristiques du navire et de conditions de vent sélectionnées au hasard dans la base de données historique des conditions de vent. Deux mille (2000) trajectoires ont été appliquées à chacune des cellules représentant une ligne de côte. Les probabilités ont été calculées à partir des données cumulées dans l'ensemble des cellules, puis cartographiées.

## 2.2.1 Portée géographique

La zone à l'étude illustrée sur la figure 1 a été déterminée en collaboration avec des représentants de l'industrie du transport maritime et des représentants régionaux officiels des agences gouvernementales fédérales responsables de la sûreté maritime. La zone à l'étude commence à partir de la ligne de côte extérieure de la Colombie-Britannique et comprend le secteur à l'ouest de l'île de Vancouver, toute la péninsule de Haida Gwaii, l'entrée Dixon, le bassin de la Reine-Charlotte et le détroit d'Hecate. Le passage intérieur a été exclu de cette analyse en raison du temps de réponse très court et de la proximité immédiate des navires de la côte. Il a été déterminé que le modèle de la ZONS n'était pas un outil approprié pour analyser le risque dans cette zone.

Les données numériques représentant la ligne de côte de pleine mer dans la zone à l'étude ont été obtenues auprès de Pêches et Océans Canada (2017a). Les données bathymétriques n'ont pas été incluses dans le modèle, car les eaux sont profondes jusqu'au rivage dans presque toute la zone à l'étude et que, par conséquent, un navire désamarré est plus susceptible de s'échouer près du rivage. Pour obtenir plus de précisions au sujet de cette délimitation, veuillez consulter la discussion complémentaire à la section 2.4.3.

La zone à l'étude a été divisée sous forme de grille dans laquelle la longueur et la largeur de chaque cellule correspondent chacune à 400 mètres. Les cellules comprenant une portion du rivage sont désignées comme étant la ligne de côte.



Figure 1. ZONS de la Colombie-Britannique à l'étude

## 2.2.2 Paramètres des scénarios

Sept scénarios ont été élaborés en collaboration avec des représentants du ministère de l'Environnement et du Changement climatique Canada, de la Garde côtière canadienne, de Transport Canada et des pilotes côtiers de la Colombie-Britannique. Les trois paramètres suivants varient selon le scénario : l'emplacement du NRU, sa vitesse de transit et le temps requis pour sa mobilisation. Certains scénarios impliquent un seul NRU, tandis que d'autres présupposent que plusieurs NRU sont disponibles pour l'intervention. Les scénarios ont été établis et sélectionnés en fonction des capacités d'intervention potentielles actuelles et futures dans des conditions défavorables. Parmi la cinquantaine de mesures prévues par le Plan de protection des océans du Canada au cours duquel le Canada prévoit investir 1,5 milliard de dollars, l'une d'entre elles comprend la location et le déploiement de deux NRU supplémentaires dans la zone à l'étude. Les scénarios 5 et 6 examinent l'incidence du déploiement de ces deux ressources dans les zones à risque par rapport au système actuel de remorqueurs de passage (veuillez consulter la section 2.3.3 pour obtenir plus de détails sur le système de remorqueurs de passage).

## 2.2.3 Données sur le vent

Il a été déterminé que le réseau de bouées météorologiques exploité par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) qui recueille des données sur le vent et sur l'amplitude des vagues le long de la côte offrait la meilleure représentation des conditions de vent dans la zone à l'étude. Dix bouées météorologiques ont recueilli les données horaires sur le vent sur une période de dix-sept ans, de 2000 à 2016 (Pêches et Océans, 2017b). La zone à l'étude a été divisée en 10 polygones et une source de vent a été associée à chacun d'eux.

Des météorologistes et des marins locaux qui connaissaient la zone à l'étude ont passé en revue la zone associée à chaque bouée avant que celle-ci soit associée à un polygone. La figure 2 indique l'emplacement des bouées ayant servi à caractériser les vents dans chacun des dix polygones.

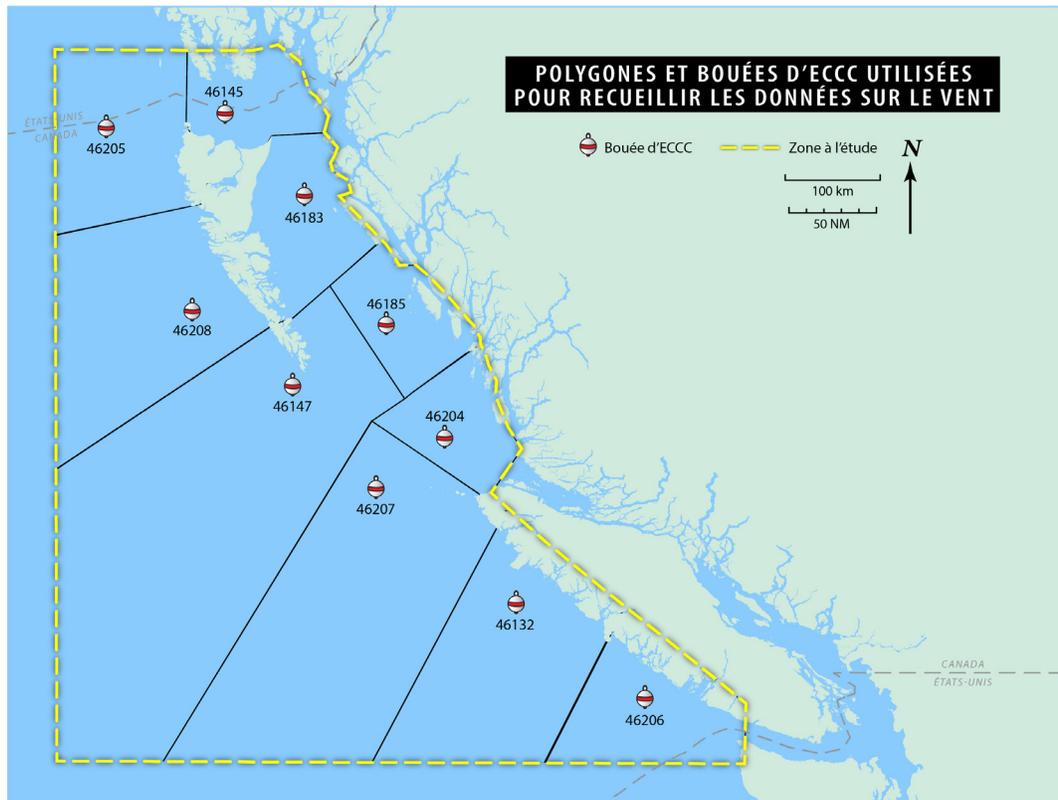


Figure 2. Polygones et bouées météorologiques d'ECCC utilisées pour recueillir les données sur le vent

Les bouées d'ECCC mesurent trois mètres de haut et sont équipées de deux anémomètres. Deux lectures de la vitesse et de la direction du vent sont effectuées par les bouées. Le principal anémomètre mesure le vent à une hauteur de 4,75 m (au moyen d'un capteur RM Young 5106-10). L'anémomètre secondaire mesure le vent à une hauteur de 4,54 m (au moyen d'un capteur Vaisala Ultrasonique WS425). Les données sur le vent sont converties à une hauteur de 10 m servant d'étalon de référence afin de corriger l'effet des vagues (HSU et coll., 1994).

Les données sur le vent ont été passées en revue pour assurer leur complétude et ont fait l'objet d'un contrôle de la qualité afin de rapprocher les différences de lecture entre les deux anémomètres. Les périodes au cours desquelles la vitesse du vent n'a pas été rapportée ont été interpolées ou laissées vides en fonction de leur durée. Lorsque les données étaient manquantes sur une période de trois heures ou moins, celles-ci étaient déterminées au moyen de l'interpolation linéaire. Lorsque la période était plus longue, le champ demeurait vide.

## 2.2.4 Courants

Les marées et les courants océaniques ne sont pas inclus dans le modèle de la ZONS actuel. Bien que les courants aient une incidence sur la trajectoire de dérive d'un navire désemparé, ceux-ci ont été exclus de la présente étude, car ils sont généralement parallèles à la ligne de côte de la Colombie-Britannique. L'ajout des courants pourrait modifier l'emplacement où un navire pourrait s'échouer, mais n'aurait pas réellement d'incidence sur la durée de sa dérive avant son échouement. Le développement futur du modèle est à l'étude et des scénarios futurs supplémentaires pourraient comprendre l'effet des courants dans des zones où ceux-ci pourraient avoir une incidence négative sur le temps requis par un NRU pour secourir un navire désemparé.

## 2.3 Estimation de la trajectoire de dérive d'un navire et du temps de réponse des NRU

### 2.3.1 Approche

Le modèle de la ZONS de la Colombie-Britannique a été appliqué pour estimer la probabilité qu'un navire désemparé dérive dans l'une ou l'autre des cellules de la grille avant l'arrivée d'un NRU. Un navire commence à dériver au gré du vent, des marées et des courants lorsqu'il n'est plus propulsé par lui-même, notamment en raison d'une panne de propulsion ou de contrôle de la direction. Outre les conditions sur place, un vaste éventail de variables ont une incidence sur la vitesse et la trajectoire de dérive, notamment la forme de la coque, la taille et le poids du navire, le degré d'exposition au vent (c.-à-d. de la structure hors de l'eau) et la position du gouvernail (Holder et coll., 1981). Le modèle prédit la trajectoire de dérive en fonction de la vitesse et de la direction du vent, mais ne tient pas compte des autres facteurs qui pourraient arrêter la dérive d'un navire, comme le déploiement d'une ancre régulière ou d'une ancre flottante.

Un sous-programme permettant d'établir une trajectoire unique a été utilisé pour estimer le temps et la trajectoire de dérive d'un navire avant qu'il s'échoue. Ce sous-programme requiert une estimation de la vitesse de dérive en fonction de la vitesse du vent. Afin de déterminer la vitesse de dérive qui serait utilisée dans le cadre de cette étude, Nuka Research a passé en revue la documentation disponible au sujet de la vitesse de dérive des navires désemparés et a recueilli les données sur la vitesse de dérive et la vitesse des vents lors d'événements qui se sont produits le long de la côte de l'Alaska et qui ont été documentés par Marine Exchange of Alaska.

### 2.3.2 Modèles de dérive des navires

Les modèles de dérive des navires sont utilisés depuis les années 1970, et même avant, et se concentrent principalement sur les pétroliers. En plus des facteurs associés au vent, ils tiennent généralement compte d'autres facteurs, principalement des courants, et parfois de la forme de la coque ou des autres caractéristiques du navire (Yang, 2011). Cette étude tient compte de la vitesse de dérive des navires en fonction de la vitesse du vent, telle qu'établie dans le rapport de Glosten Associates réalisé dans le cadre de l'étude d'évaluation des risques dans les îles Aléoutiennes (Glosten Associates, 2013). La présente section résume les travaux effectués précédemment dans cette zone et explique les raisons qui motivent le choix du modèle de Glosten Associates comme source des données relatives à la dérive des navires appliquées dans cette analyse.

Il a été déterminé que les données relatives à la valeur de dérive des navires de Glosten Associates utilisées dans le cadre de l'étude d'évaluation des risques dans les îles Aléoutiennes pourraient servir à l'analyse en Colombie-Britannique en raison de la similarité des conditions météorologiques océaniques et du trafic maritime dans ces deux régions (Nuka Research, 2014). Dans l'étude sur les îles Aléoutiennes, Glosten Associates calculait la vitesse de dérive d'un navire-citerne ou d'un porte-conteneurs en fonction de la vitesse du vent et de la hauteur des vagues associée à celle-ci au moyen de la méthode de Blendermann (Blendermann, 1994) qui évalue l'incidence de la charge éolienne (la

force du vent) sur différents navires. Les résultats de l'analyse des navires de Glosten Associates ont permis de conclure qu'un porte-conteneurs dériverait plus rapidement qu'un navire-citerne en raison de sa plus grande exposition au vent (Glosten Associates, 2013). La vitesse de dérive utilisée dans le cadre de l'analyse de la ZONS des îles Aléoutiennes découlait d'une estimation de Glosten Associates pour un porte-conteneurs de 7 500 EVP (équivalent vingt pieds) et de 82 882 tpl (tonnage de port en lourd)<sup>10</sup>. Cette valeur a été utilisée comme point de référence pour comparer d'autres estimations de la vitesse de dérive.

Les données empiriques les plus pertinentes que l'on trouve dans la littérature sont celles provenant d'une étude réalisée par Holder et coll. en 1981. Cette étude a été citée à plusieurs reprises dans des rapports récents. Les auteurs ont recueilli des données relatives à la dérive des navires et aux vents provenant d'exploitants de navires dont les navires ont dérivé involontairement ou volontairement dans le but de recueillir des données. L'ensemble des données provient de navires-citernes et a été divisé en quatre catégories : (1) très gros transporteur de brut (VLCC) d'une capacité de moins de 200 000 tpl chargé; (2) VLCC d'une capacité de moins de 200 000 tpl vide (sur lest); (3) VLCC d'une capacité de plus de 200 000 tpl chargé; et (4) VLCC d'une capacité de plus de 200 000 tpl vide (sur lest). La vitesse de dérive a été révisée en fonction des effets des courants pour que les données représentent la composante de la dérive due au vent. La figure 3 compare la vitesse de dérive d'un navire en fonction de différentes vitesses du vent adaptées selon l'étude de Holder et coll. à celle des porte-conteneurs déterminée au moyen de la méthode de calcul de Glosten Associates. La vitesse de dérive des porte-conteneurs établie par Glosten Associates est supérieure à celle estimée dans le rapport de Holder et coll. pour tous les cas, à l'exception de certains navires vides (sur lest) lorsque la vitesse du vent est inférieure à 15 nœuds. Les navires-citernes vides ont plus grande prise au vent que les navires-citernes chargés et ont un profil qui s'apparente davantage à celui d'un porte-conteneurs ou d'un navire-garage.

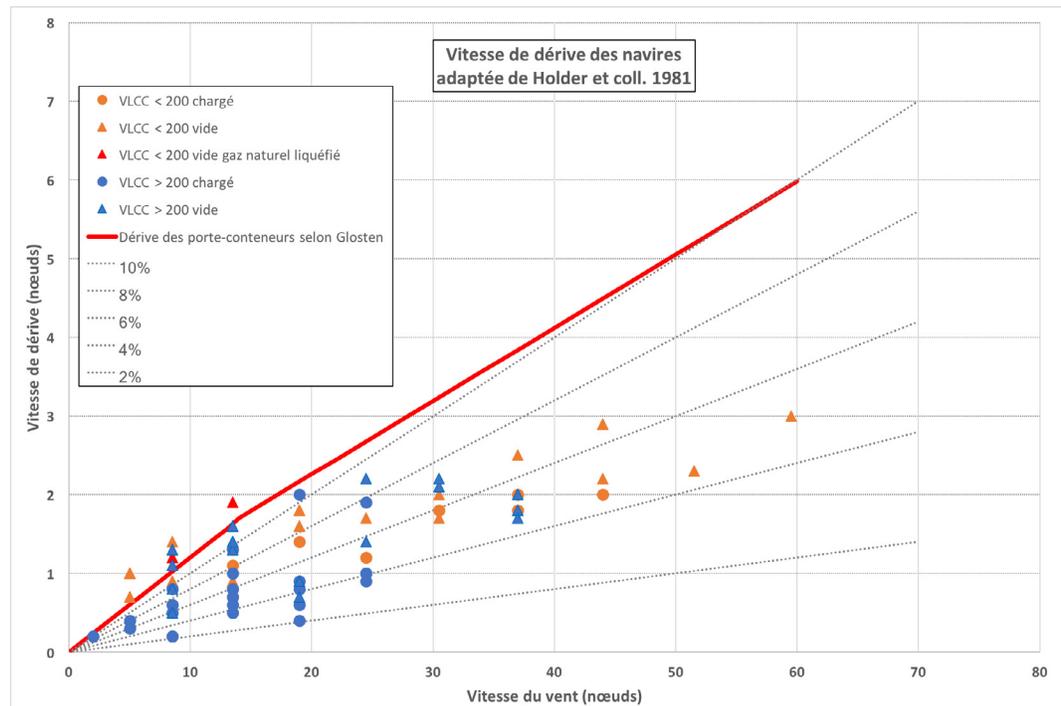


Figure 3. Vitesse de dérive des navires par Rapport à la vitesse du vent adaptée selon Holder Et Coll., 1981

**10** La vitesse de dérive des porte-conteneurs déterminée par Glosten Associates est calculée comme suit : lorsque la vitesse du vent est inférieure à 14 nœuds, la vitesse de dérive correspond à la vitesse du vent multipliée par 0,12. Lorsque la vitesse du vent est égale ou supérieure à 14 nœuds, la vitesse de dérive est établie à 0,4, plus la vitesse du vent multipliée par 0,093.

Afin de comparer les résultats obtenus à partir de la méthode de calcul de la vitesse de dérive des porte-conteneurs de Glosten Associates avec des données réelles, Nuka Research a acquis de Marine Exchange of Alaska des données du Système d'identification automatique (SIA) portant sur la trajectoire de sept navires qui ont dérivé aux abords de la côte de l'Alaska <sup>11</sup>. Les trajectoires de dérive des navires fournies par les données du SIA ont été combinées aux données sur le vent recueillies au même endroit, au même moment. Dans l'un des cas, les données sur le vent ont été recueillies auprès de la garde côtière américaine. Dans les autres cas, les données sur le vent proviennent d'un modèle d'analyse subséquente des vents produite par le service météorologique américain (U.S. National Weather Service). La vitesse de dérive n'a pas été révisée en fonction des courants. Ces données sont celles de six vraquiers et d'un porte-conteneurs. La figure 4 présente les données recueillies dans ces situations par rapport à la vitesse de dérive des porte-conteneurs établie par Glosten Associates.

Il est à noter que la progression de la vitesse de dérive est semblable à celle de la vitesse de dérive rapportée dans l'étude de Holder et coll. et que les vitesses obtenues à partir de la méthode de calcul de la dérive des porte-conteneurs de Glosten Associates sont supérieures à celles observées, sauf à deux moments où la vitesse du vent était inférieure à 15 nœuds.

Se fondant sur cette recherche, Nuka Research a conclu que la méthode de calcul de la vitesse de dérive des porte-conteneurs de Glosten Associates fournit une estimation raisonnable de la vitesse de dérive en fonction du type et la taille de navires qui naviguent dans la zone à l'étude; toutefois, le modèle sous-estime parfois la vitesse de dérive pour les navires offrant une prise au vent importante lorsque la vitesse du vent est inférieure à 15 nœuds. De plus, nous n'avons pas été en mesure de trouver des données sur la vitesse de dérive des navires offrant une prise au vent importante lorsque la vitesse du vent est supérieure à 15 nœuds <sup>12</sup>.

La méthode de calcul de la vitesse de dérive des porte-conteneurs de Glosten Associates a été utilisée dans les sept scénarios étudiés dans le présent rapport.

**11** Les données provenant de l'Alaska ont été utilisées, car aucun ensemble de données comparables n'existe pour la côte de la Colombie-Britannique.

**12** Clear Seas a déterminé que ce facteur pourrait faire l'objet d'une étude plus approfondie.

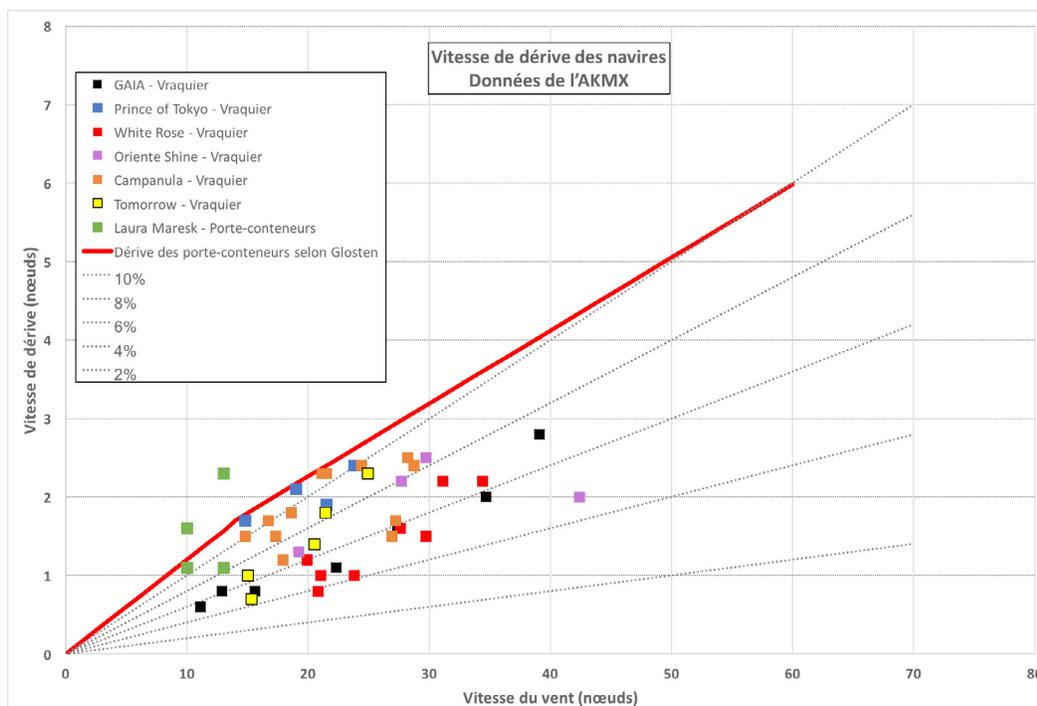


Figure 4. Vitesse de dérive des navires selon la vitesse du vent établie à partir de données réelles sur la dérive de navires dans les eaux de l'Alaska rapportées par Marine Exchange Of Alaska (Akmx)

### 2.3.3 Paramètres des navires de remorquage d'urgence

Chaque scénario modélisé présuppose qu'un ou plusieurs NRU seront déployés pour prendre en remorque un navire désarmé. Cinq paramètres sont associés aux NRU :

- L'emplacement du NRU au moment de l'incident;
- Le nombre de NRU impliqués dans le scénario;
- Le temps de déplacement du NRU établi selon :
  - L'itinéraire simplifié que le NRU empruntera pour se rendre au navire désarmé;
  - La vitesse moyenne du NRU de son point de départ jusqu'au navire désarmé;
- Le temps écoulé entre la réception de la demande et la mobilisation du NRU.
- Le temps requis par le NRU pour prendre contrôle du navire à la dérive.

Ces paramètres sont précisés dans chaque scénario.

Cette analyse n'évalue pas la capacité d'un NRU en particulier de réussir un sauvetage sur les lieux de l'incident. Celle-ci dépend de nombreux facteurs, notamment de la conception du NRU, de l'équipement dont il est doté, de l'équipage à bord du NRU et du navire, de la taille et de l'équipement du navire, ainsi que des conditions de la mer.

Vingt-quatre emplacements de départ potentiels ont été déterminés pour les scénarios d'intervention des NRU, comme illustrés sur la figure 5. Ces emplacements ont été sélectionnés à partir de données fournies par des représentants de la Garde côtière canadienne parce qu'ils représentent des stations potentiellement viables le long de la côte. À l'heure actuelle, aucun NRU n'est affecté à la côte de la Colombie-Britannique. Le système actuel repose sur un système de remorqueurs de passage. Les capitaines ou les propriétaires d'un navire désemparé doivent prendre des arrangements directement avec les exploitants de NRU, de bateaux-remorqueurs ou de navires de sauvetage qui se trouvent à proximité du lieu de l'incident. Cette approche comporte des limites importantes, notamment, mais sans s'y limiter, certains facteurs qui réduisent le temps à la disposition des NRU pour mener une opération de sauvetage, comme les suivants :

- Il incombe au propriétaire ou à l'exploitant du navire désemparé <sup>13</sup> de demander de l'assistance. Cette situation peut retarder la demande d'assistance, car l'équipage du navire tentera d'abord d'épuiser tous les moyens à sa disposition pour résoudre le problème à l'interne avant de faire la demande. De plus, le recours aux services d'un NRU pour assister un navire désemparé comporte un aspect financier parfois majeur. Le délai écoulé avant la demande d'assistance réduit le temps à la disposition des NRU pour mener l'intervention. Il est à noter qu'en vertu de la Loi sur la marine marchande du Canada, si le ministre des Pêches et des Océans détermine qu'il y a un risque de rejet de polluants, il peut prendre des mesures pour prévenir la pollution.
- Il n'y a aucune garantie qu'un NRU adéquat est disponible ou situé à proximité du navire désemparé lorsque la demande d'aide est reçue. Les remorqueurs de passage sont généralement affectés à d'autres fonctions. Le temps requis pour terminer le travail en cours gruge un temps précieux et nécessaire pour mener l'intervention.
- À l'exception de Neah Bay (dans l'État de Washington), aucun NRU dédié n'est en poste aux emplacements sélectionnés.

Le NRU de Neah Bay est inclus dans les scénarios pour refléter la situation actuelle; toutefois, il n'est pas certain qu'il sera contacté pour intervenir lors d'un événement en eaux canadiennes. Il s'agit d'un bateau de sauvetage financé par l'industrie américaine et géré par Marine Exchange of Puget Sound. Il est exploité par l'industrie privée et, selon la présente analyse, il est exploité comme un remorqueur de passage. Pour recourir à ses services, un navire désemparé sur la côte de la Colombie-Britannique pourrait avoir à entreprendre des négociations avant la mobilisation du NRU ou l'intervention de sauvetage. Pour les ententes préalablement conclues, l'exploitant du NRU de Neah Bay dispose de 20 minutes pour prendre la mer. Aux fins de la présente analyse, un délai de deux heures comprenant la réception de la demande et la conclusion de l'entente a été attribué pour la mobilisation du NRU de Neah Bay. Bien qu'il n'y ait aucune garantie que le NRU de Neah Bay sera disponible pour assister un navire désemparé dans la zone à l'étude, et à la suite de discussions avec la GCC, nous avons convenu qu'il est raisonnable de supposer que ce NRU pourrait intervenir en cas d'incident dans la zone.

13 La Garde côtière canadienne surveille le trafic maritime dans l'ensemble du Canada par l'entremise des Services de communication et de trafic maritimes (SCTM) et peut intervenir à tout moment.

À la suite de l'annonce du Plan de protection des océans dans le cadre duquel le Canada prévoit investir 1,5 milliard de dollars, des mesures ont été entamées pour améliorer le système d'intervention et de remorquage d'urgence. L'annonce de la location et du déploiement de deux navires de remorquage d'urgence dédiés à la côte ouest est particulièrement pertinente dans le cadre de cette analyse (Pêches et Océans Canada, 2017c). Cette analyse tient compte des emplacements potentiels des stations et des caractéristiques de ces NRU. Toutefois, les lecteurs ne devraient pas conclure de ce rapport que les décisions relatives à l'acquisition et au déploiement éventuels des NRU ont été prises ou partagées avec Clear Seas ou Nuka Research. La GCC souhaite actuellement louer deux NRU pour une durée initiale de trois ans à partir de 2018 et de 2019, avec l'option de prolongation de la durée de l'entente.



Figure 5. Emplacements de départ potentiels des NRU étudiés dans le modèle de la ZONS de la Colombie-Britannique

### 2.3.4 Déterminer les conditions éoliennes

Les données historiques sur les vents et les conditions éoliennes sont représentées par des roses des vents sur la figure 6. Chaque rose des vents illustre l'historique de la fréquence, de la force et de la direction des vents à partir d'une source donnée. Chaque polygone utilisé aux fins de cette analyse est associé à une rose des vents circulaire divisée en 36 segments de 10°. La direction des vents correspond à la direction de laquelle le vent souffle, ce qui signifie que le segment correspondant à midi indique que les vents soufflent du nord. La longueur du segment représente la fréquence à laquelle les vents soufflent depuis cette direction. Un long segment indique que les vents soufflent plus fréquemment de cette direction. Les deux cercles concentriques autour de la rose des vents correspondent à l'échelle de fréquence. La valeur du cercle intérieur est de 1 %, ce qui signifie qu'un segment qui se termine au niveau de ce cercle comprend 1 % de toutes les observations effectuées à cet endroit. La valeur du cercle extérieur est de 2 %. Chaque segment est également divisé en trois couleurs : gris, brun pâle et brun foncé. La portion grise du segment représente les vents dont la vitesse est inférieure à 22 nœuds; la portion brun pâle représente les vents dont la vitesse se situe entre 22 et 34 nœuds; et la portion brun foncé indique les vents ayant une vitesse supérieure à 34 nœuds.

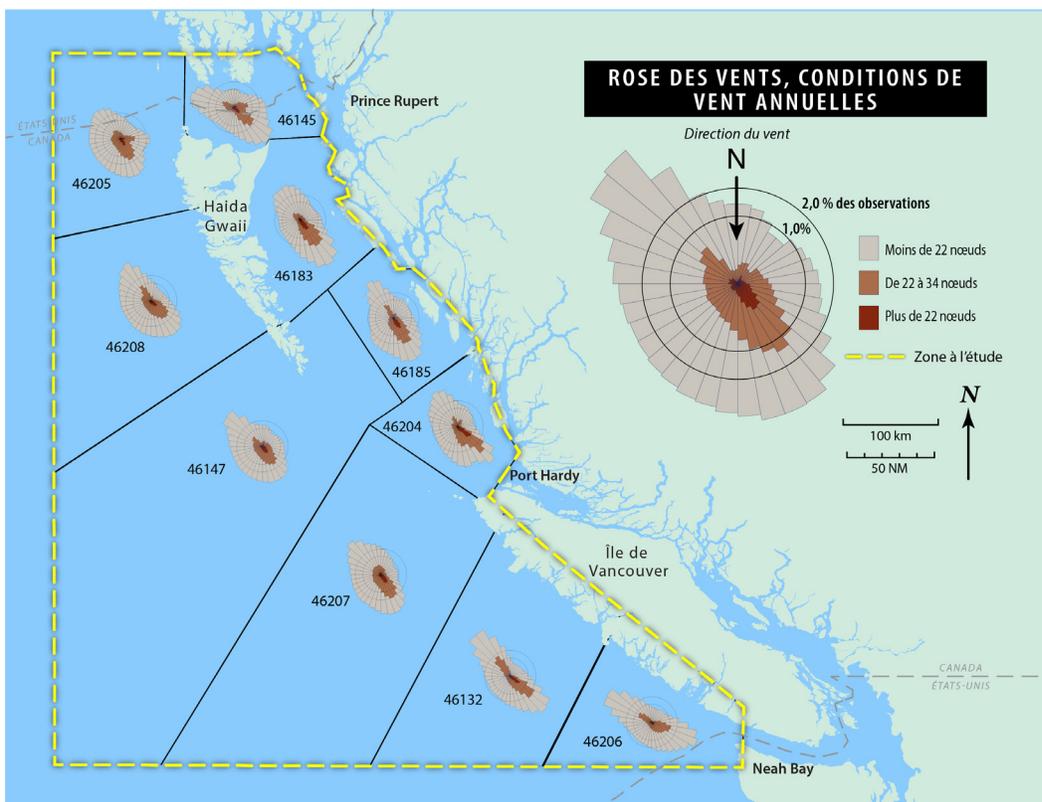


Figure 6. Roses des vents représentant les ensembles de données sur les vents utilisées dans le cadre de l'analyse de la ZONS de la Colombie-Britannique.

La figure 7 représente les données sur les vents de novembre à mars qui ont été utilisées dans un des scénarios (scénario 2) afin d'illustrer l'incidence des vents d'hiver par rapport aux vents qui soufflent à l'année. Il est à noter que les vents soufflent plus fort en hiver, mais qu'ils proviennent généralement de la même direction que les vents qui soufflent le reste de l'année à une exception près, soit les vents provenant du nord-ouest qui soufflent moins fréquemment pendant les mois d'hiver, surtout dans la partie nord de la zone à l'étude.

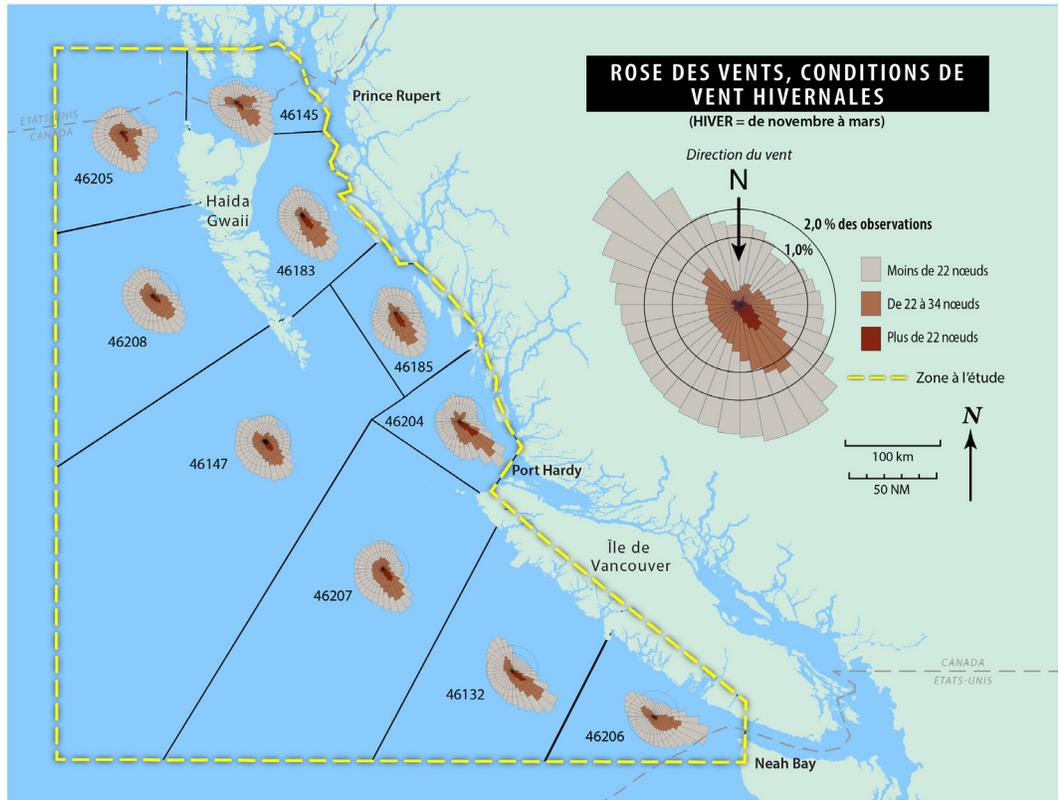


Figure 7. Roses des vents illustrant les vents utilisés pour le scénario d'hiver (Scénario 2)

## 2.4 Modèle de la ZONS

### 2.4.1 Programmation et flux de travail

Le modèle de la ZONS de la Colombie-Britannique a été mis en œuvre à partir d'un code de programme et de flux de travail en langage Python développés sur mesure à l'aide de Google Earth, de QGIS et d'Adobe Illustrator. La figure 8 schématise le flux de travail qui a été suivi pour la création de la ZONS de la Colombie-Britannique et la simulation de scénarios précis.

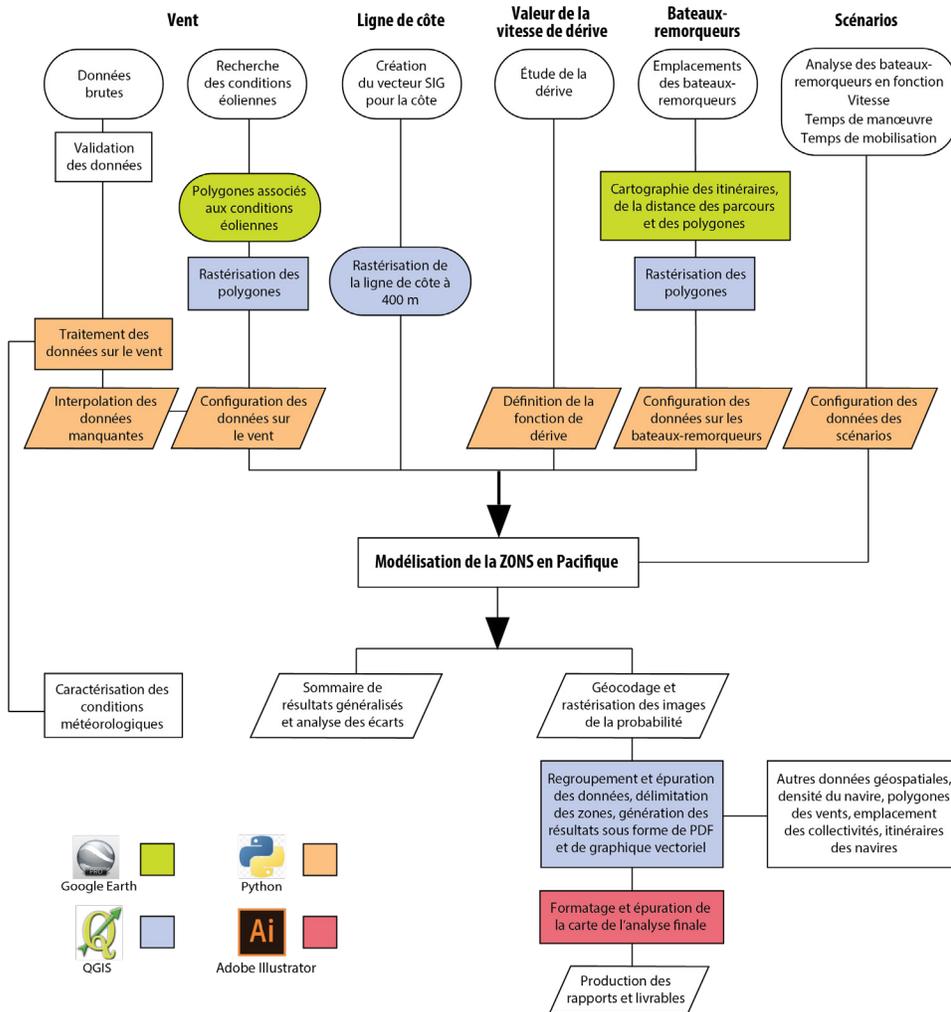


Figure 8. Diagramme du flux de Travail pour la création de la ZONS de la Colombie-Britannique et la simulation des scénarios

Le modèle de la ZONS utilise des trajectoires de navires poussés par le vent pour estimer pendant combien de temps un navire désemparé dérivera avant de s'échouer. Chaque trajectoire est fondée sur un événement de vent isolé qui a été sélectionné de façon aléatoire dans la base de données (par exemple, un événement de vent d'une durée de 16 heures commençant à 06:00 le 3 février 2008) pour chacune des 10 conditions éoliennes. Le modèle exige que toutes les données sur l'événement de vent tiré de la base de données soient complètes. Si elles ne le sont pas, un nouvel événement de vent sera échantillonné à partir d'une date et d'une heure de début sélectionnées aléatoirement. L'analyse des événements de vent sélectionnés initialement démontrait un préjugé favorable envers les mois d'été, puisqu'il y a plus de données manquantes pendant les mois d'hiver que pendant les mois d'été. Cette situation faussait les résultats en augmentant la probabilité de sauvetage, puisque les vents en été sont généralement moins forts que les vents en hiver. Ce biais a été résolu par une nouvelle demande d'échantillonnage des événements de vent dans une plage de 50 heures calculée à partir de l'heure, du jour et du mois de la demande initiale. Toutefois, le nouvel échantillon pouvait provenir d'une autre année.

Le modèle évaluait la probabilité qu'un navire à la dérive atteigne chacune des cellules de ligne de côte en évaluant 2 000 ensembles de trajectoires de dérive, chacune fondée sur un événement de vent extrait de façon indépendante et aléatoire. La trajectoire de dérive était ensuite informatisée en fonction du temps minimal prévu pour qu'un NRU arrive sur les lieux et des caractéristiques de ce dernier (emplacement de départ, temps de mobilisation, vitesse de transit, temps de manœuvre sur place). Une fois que toutes les trajectoires ont été évaluées, la probabilité qu'un NRU arrive avant qu'un navire s'échoue a été calculée et cartographiée afin d'illustrer la probabilité de non-sauvetage, c'est-à-dire la probabilité que le NRU ne dispose pas de suffisamment de temps pour empêcher un navire de heurter la ligne de côte. Cette probabilité a été illustrée au moyen de zones définies à partir du pourcentage de probabilité déterminé (99 %) qu'un NRU arrive sur les lieux avant que le navire s'échoue. Les résultats sont accessibles sur un fichier numérique géoréférencé et résumés dans ce rapport sous forme de cartes statiques.

#### **2.4.2 Contrôle et assurance de la qualité**

La saisie des données et l'exploitation du programme ont fait l'objet d'un contrôle de qualité. Une seconde analyse a été effectuée afin de vérifier que les algorithmes, les paramètres et l'ensemble des données utilisées dans le programme étaient adéquats. Cette analyse comprenait la reproduction des résultats générés par le programme à partir d'une analyse d'un petit groupe de données sélectionnées au hasard au moyen d'une feuille de calcul.

### 2.4.3 Limitations et éléments à prendre en considération lors d'études subséquentes

Tous les modèles reposent sur des suppositions, et les résultats générés par ceux-ci sont intrinsèquement limités par un certain nombre de facteurs qui devront être pris en considération lors de l'interprétation des résultats de cette étude, à savoir :

- Le modèle utilise la ligne de côte de pleine mer pour estimer l'emplacement où un navire à la dérive pourrait s'échouer. Dans les régions où les eaux sont peu profondes le long de la ligne de côte, comme la portion à l'ouest de la partie nord du détroit d'Hecate, un navire désemparé pourrait s'échouer plus tôt que ce qu'estime le modèle. Toutefois, les eaux sont profondes jusqu'à la ligne de côte dans la plupart des régions côtières visées par cette analyse. La variable associée au temps de manœuvre sur place, laquelle augmente le temps requis pour qu'un NRU immobilise un navire à la dérive, est appliquée en partie pour compenser les limitations du modèle associées à la profondeur des eaux.
- La résolution de la grille d'analyse est de 400 mètres. Toute cellule présentant des obstacles, peu importe leur taille, est considérée comme la ligne de côte, et il est présumé que tout navire qui dérive dans ces cellules s'échouera.
- Le courant est un facteur qui a une influence sur la trajectoire de dérive d'un navire. Cependant, les marées et les courants océaniques ne sont pas inclus dans cette analyse. Puisque l'analyse se concentre principalement sur les eaux libres où les courants sont faibles et généralement parallèles à la ligne de côte, l'effet qu'ils auraient sur le temps de dérive d'un navire désemparé devrait être mineur dans la plupart des cas. Le courant océanique a pour effet de faire dériver le navire le long de la côte tandis que la trajectoire due au vent peut principalement avoir une incidence sur le lieu de l'échouement. Cet élément est important lorsqu'il s'agit d'analyser une seule trajectoire, mais lorsqu'il s'agit d'analyser des milliers de trajectoires dans chaque cellule comportant une ligne de côte, l'inexactitude de cet élément est de moindre importance dans un contexte de calcul des probabilités de sauvetage en fonction du temps de dérive. Toutefois, la probabilité de sauvetage pourrait être surestimée par le modèle dans les endroits où le courant circule à travers les îles d'un archipel (comme les îles Scott près de Cape Scott) ou d'une zone de haut-fond (comme à Dogfish Shoal près de Rose Spit). Les courants océaniques pourraient être inclus lors de prochains calculs de trajectoire afin d'affiner les résultats du scénario.
- L'application du présent modèle a pour objectif de fournir des renseignements dans le but d'éclairer les décisions relatives à la planification de l'espace maritime et de la disposition des NRUs, et non pas de prédire l'issue d'un événement unique. Ce rapport se veut une source de renseignements parmi d'autres qui peuvent être pris en compte au moment de déterminer les mesures à prendre.
- Le modèle a recours à une méthode de calcul de la vitesse de dérive des navires que l'on peut qualifier de prudente dans la plupart des cas et qui, par sa nature, fournit une estimation prudente des probabilités de sauvetage. Toutefois, le modèle contient peu de données sur la vitesse de dérive des navires offrant une prise de vent importante, ce qui donne lieu de croire que la méthode de calcul de la vitesse de dérive pourrait sous-estimer la vitesse de dérive de ces navires lorsque la vitesse du vent est inférieure à 15 nœuds.

- La vitesse du NRU est une donnée constante (représentant la vitesse de transit moyenne) fondée sur les recommandations d'experts dans le cadre de l'étude préliminaire. Cette approche ne reflète pas nécessairement les variations qui pourraient se produire au cours d'un déplacement réel en raison des fluctuations du vent et des conditions de la mer. Les variations de vitesse des NRU d'un scénario à l'autre peuvent contrebalancer cette limitation.
- Le modèle n'évalue pas la capacité d'un NRU d'immobiliser un navire désemparé ni la disponibilité opérationnelle de l'équipement de remorquage, la présence de points de remorquage sur le navire désemparé ou encore la capacité d'intervenir de l'équipage du navire ou du NRU. En pratique, chacun de ces facteurs aurait une incidence sur la capacité d'un NRU à effectuer le sauvetage une fois rendu sur place.
- Les scénarios dans la ZONS reposent sur l'hypothèse qu'une intervention est menée au moment où le navire tombe en panne. Généralement, un délai s'écoule entre le moment où une défaillance du système rend le navire désemparé et le moment où la défaillance est rapportée (habituellement le moment pendant lequel l'équipage du navire tente de résoudre le problème), ce qui pourrait augmenter la distance de la ZONS.

Le modèle ne tient pas compte de la probabilité élevée qu'un navire devienne désemparé lorsque les conditions météorologiques sont défavorables. Le modèle actuel pourrait être configuré pour tenir compte des conditions météorologiques défavorables et des conditions hivernales dans la ZONS si des études subséquentes cherchaient à mettre l'accent sur ces éléments.

## 3.0 Analyse

### 3.1 Scénarios

Le modèle a été utilisé pour sept scénarios résumés dans le tableau 1. La méthode de calcul de la vitesse de dérive des porte-conteneurs de Glostén Associates a été appliquée dans tous les scénarios, et le temps de manœuvre requis après que le NRU arrive sur place pour attacher le navire désemparé au câble de remorque et le prendre en remorque a été fixé à 120 minutes. Cette durée contrebalance le fait que le modèle utilise la ligne de côte comme point d'échouement et donne le temps à l'équipage de prendre le navire désemparé en remorque. Les autres données, comme l'emplacement de départ du NRU, sa vitesse et le temps de mobilisation, sont variables. Elles ont été déterminées lors de l'étude préliminaire et au moment de la création du modèle. Cette section présente une série de cartes et de tableaux qui résument les résultats obtenus à partir du modèle. Pour les scénarios impliquant le déploiement de plus d'un NRU, les résultats illustrent le meilleur des scénarios (soit la probabilité de sauvetage en fonction du NRU qui arrive en premier sur les lieux de sauvetage).

Scénario	Emplacement de départ du NRU	Vitesse du bateau-remorqueur (nœuds)	Temps de mobilisation (minutes)	Remarques
1	Neah Bay	8	120	Seule embarcation de sauvetage disponible sur la côte de la Colombie-Britannique au moment de l'étude.
2	Neah Bay	8	120	Même NRU que celui utilisé pour le scénario 1, à partir des données sur le vent en hiver, de novembre à mars uniquement.
3	Neah Bay	6	120	Analyse prudente de l'utilisation du NRU en poste à Neah Bay et d'un remorqueur de passage situé à Prince Rupert.
	Prince Rupert	6	120	
4	Neah Bay	8	120	Utilisation du NRU en poste à Neah Bay et d'un remorqueur de passage situé à Prince Rupert.
	Prince Rupert	8	120	
5	Neah Bay	8	120	Utilisation du NRU en poste à Neah Bay et de deux NRU supplémentaires en poste à Port Hardy et à Prince Rupert.
	Prince Rupert	10	45	
	Port Hardy	10	45	
6	Neah Bay	8	120	Utilisation du NRU en poste à Neah Bay et de deux NRU supplémentaires naviguant dans les zones nord et sud.
	Patrouille 4	10	0	
	Patrouille 1	10	0	
7	Neah Bay	8	120	Utilisation du NRU en poste à Neah Bay et de deux NRU supplémentaires en poste dans les zones nord et sud.
	Prince Rupert	8	120	
	Port Hardy	8	120	

Table 1. Caractéristiques des scénarios générés aux fins de l'étude

### 3.1.1 Scénario 1 - Un NRU (Neah Bay), vitesse de transit de 8 nœuds

Le Scénario 1 est le scénario d'intervention de référence (existant) pour les situations où un navire désemparé demande l'assistance d'un NRU dans la zone à l'étude. La figure 9 résume les résultats obtenus à partir du modèle pour le scénario 1 qui implique le déploiement du NRU actuellement en poste à Neah Bay dans l'État de Washington. Les hypothèses découlant du scénario 1 tiennent compte d'un temps de mobilisation de deux heures (sans entente en vigueur), d'un temps de manœuvre sur place de deux heures et d'une vitesse de transit de 8 nœuds. La figure indique quatre zones associées à une probabilité de sauvetage, soit de 0 à 50 %, de 50 à 90 %, de 90 à 95 % et de 95 à 99 %. Pour les navires qui commencent à dériver dans la zone de 0 à 50 %, le modèle prévoit que la probabilité qu'un NRU puisse prendre en remorque le navire désemparé avant qu'il s'échoue est de 0 à 50 %. En d'autres termes, selon les résultats du scénario, les navires qui partent à la dérive dans cette zone ont plus de chances de s'échouer avant d'être pris en remorque. La probabilité de sauvetage augmente dans les autres zones plus celles-ci sont éloignées de la côte.

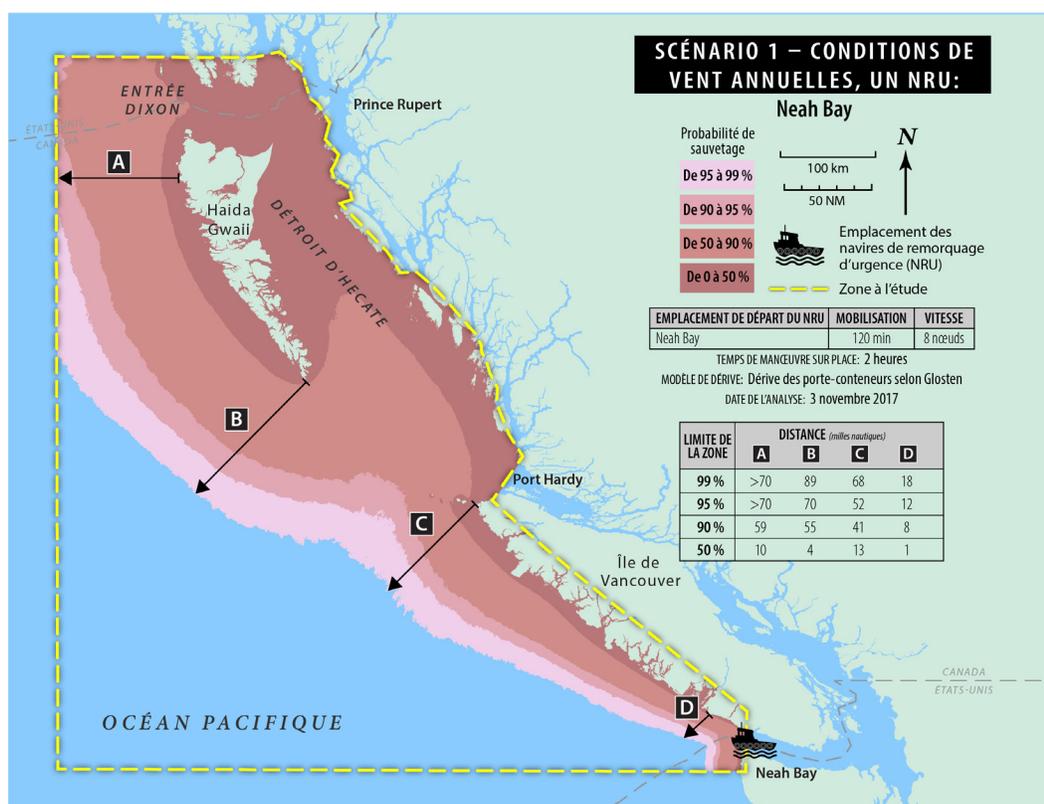


Figure 9. Résultats du Scénario 1

La figure 9 indique la distance par rapport à la ligne de côte à un emplacement donné à l'extrémité de chaque zone. Identifiées par les lettres A, B, C et D, ces lignes perpendiculaires à la ligne de côte facilitent l'interprétation des résultats. Par exemple, la distance entre le point situé à l'extrémité sud de Haida Gwaii où la ligne B est tracée et l'extrémité de la zone de probabilité la plus basse (de 0 à 50 %) est de 4 NM (mille nautique), tandis que la distance entre l'extrémité de la zone de probabilité la plus élevée (99 %) est de 89 NM. Par conséquent, le modèle estime à 99 % la probabilité que le NRU de Neah Bay intercepte un navire à la dérive situé à 89 NM de la pointe sud de Haida Gwaii avant qu'il s'échoue. Toutefois, si le navire part à la dérive à 4 NM de ce point, la probabilité de le secourir sera de 0 à 50 %.

Cette approche générale est répétée dans tous les scénarios subséquents.

### 3.1.2 Scénario 2 - Un NRU (Neah Bay) - conditions de vent hivernales, vitesse de transit de 8 nœuds

La figure 10 illustre les résultats d'un scénario élaboré à partir des données sur le NRU utilisées au scénario 1 (un NRU situé à Neah Bay), auquel sont appliquées les données relatives aux vents de novembre à mars, qui correspondent aux conditions de vent hivernales. Il est à noter qu'en général, la ZONS augmente en hiver en raison de la force accrue des vents, sauf dans la portion nord de la zone à l'étude où elle se rétrécit en raison de la diminution de la fréquence des vents provenant du nord-ouest.

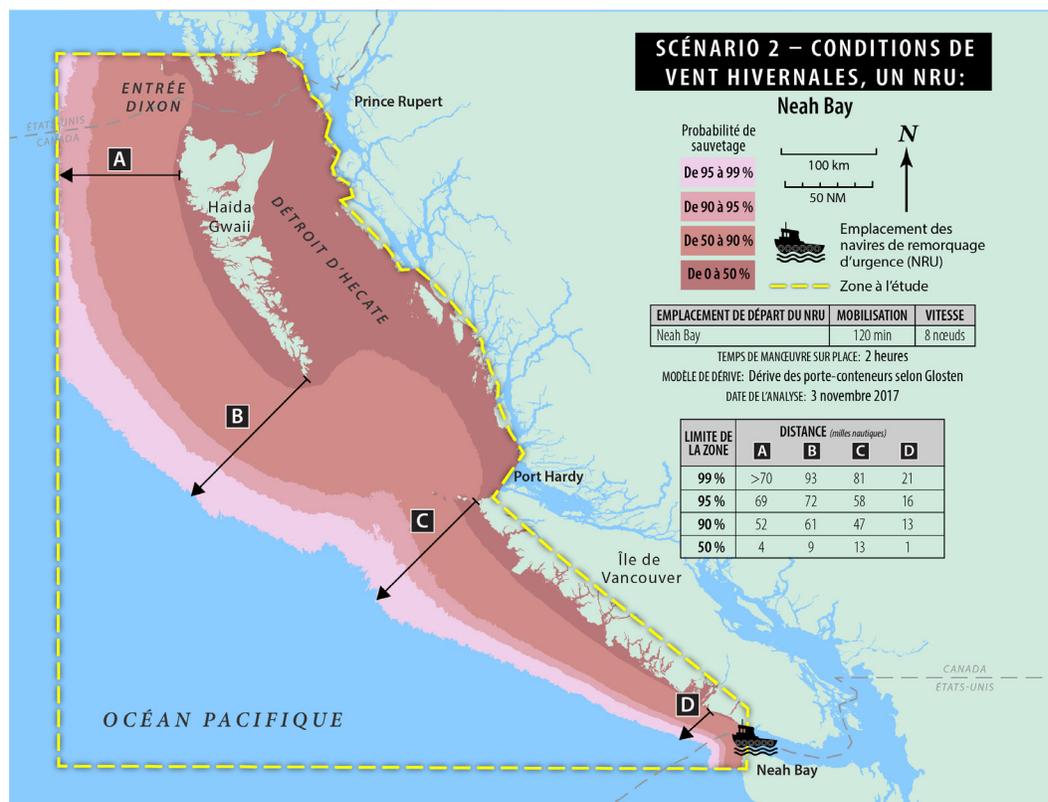


Figure 10. Résultats du Scénario 2

### 3.1.3 Scénario 3 – Deux NRU (Neah Bay et Prince Rupert), vitesse de transit de 6 nœuds

La figure 11 résume les résultats du Scénario 3 qui impliquait le déploiement de deux NRU, un en poste à Neah Bay et l'autre à Prince Rupert, dans la zone à l'étude. Les hypothèses relatives à la période de deux heures requise pour la mobilisation des NRU et le temps de manœuvre de deux heures sont demeurées inchangées, mais la vitesse de transit des NRU a été fixée à 6 nœuds (comparativement à 8 nœuds au scénario 1).

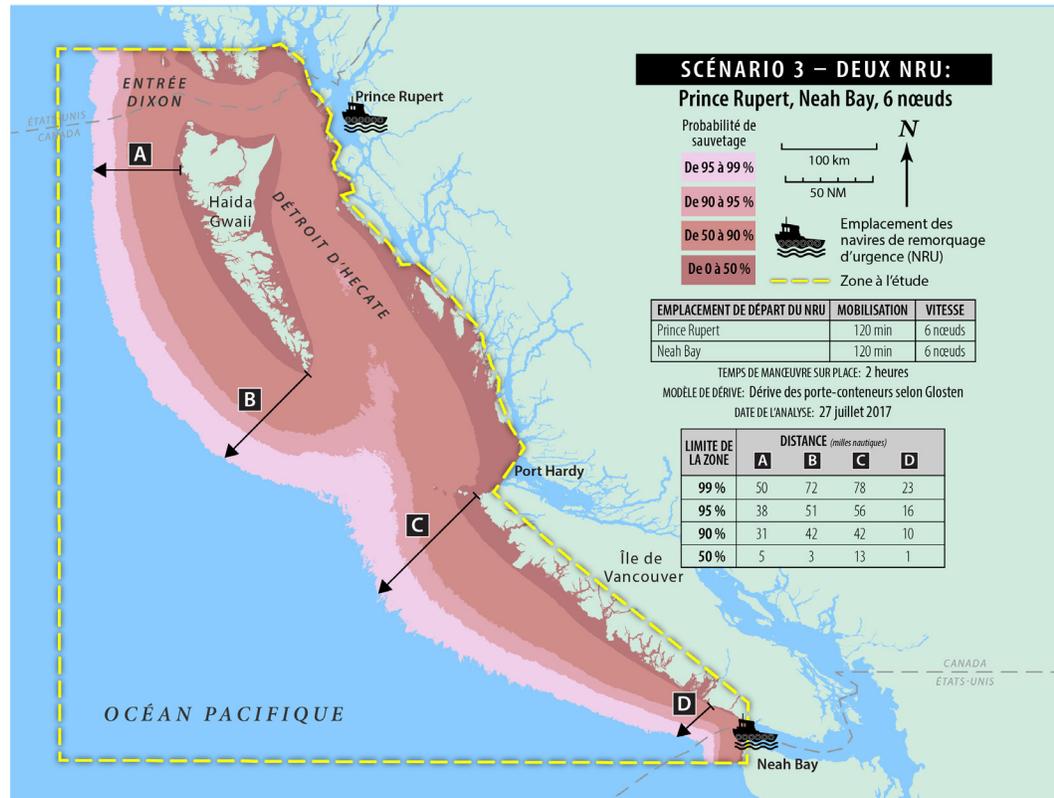


Figure 11. Résultats du Scénario 3

### 3.1.4 Scénario 4 - Deux NRU (Neah Bay et Prince Rupert), vitesse de transit de 8 nœuds

La figure 12 résume les résultats obtenus pour le Scénario 4. Comme au Scénario 3, deux NRU, un en poste à Neah Bay et l'autre à Prince Rupert, ont été déployés dans la zone à l'étude. La période de deux heures nécessaire pour la mobilisation des NRU et le temps de manœuvre de deux heures sont demeurés inchangés, mais la vitesse de transit des NRU a été augmentée à 8 nœuds.

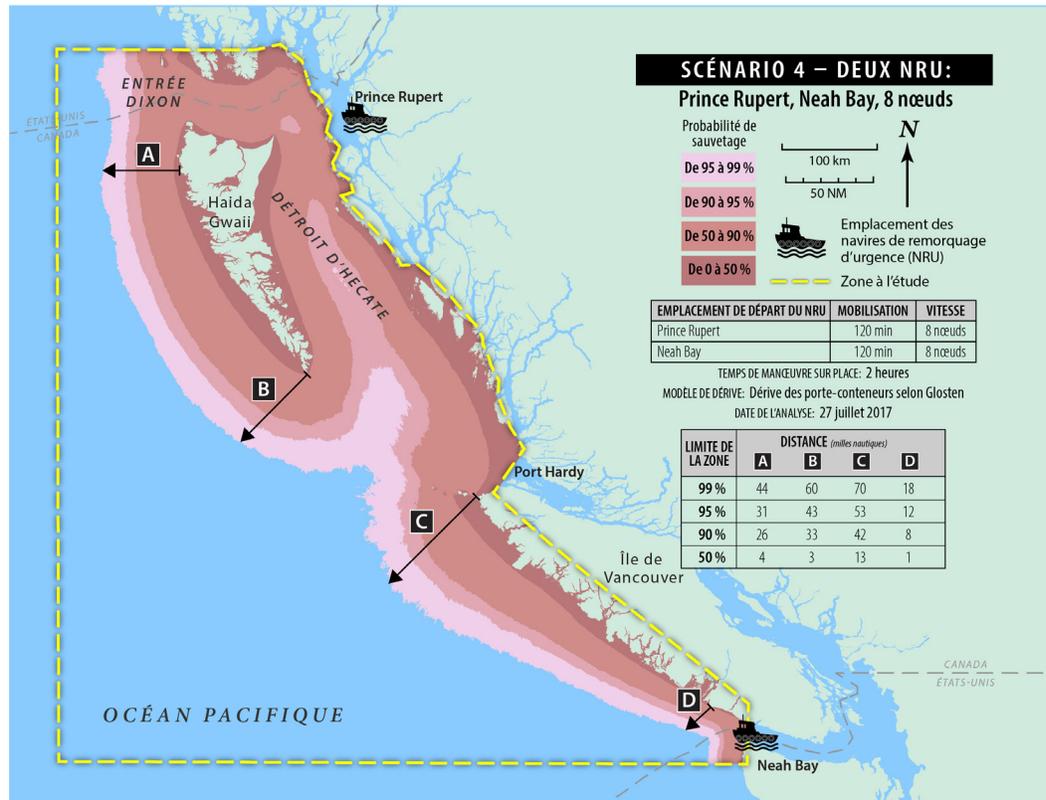


Figure 12. Résultats du Scénario 4

### 3.1.5 Scénario 5 - Trois NRU (Neah Bay, Prince Rupert et Port Hardy)

La figure 13 résume les résultats du Scénario 5 qui impliquait le déploiement de trois NRU, un en poste à Neah Bay, un second en poste à Prince Rupert et un troisième en poste à Port Hardy, dans la zone à l'étude. La période de deux heures requise pour la mobilisation des NRU est demeurée identique à celle déterminée dans les autres scénarios, et nous avons émis l'hypothèse que le temps de mobilisation des bateaux-remorqueurs en poste à Prince Rupert et à Port Hardy serait de 45 minutes. L'estimation du temps de manœuvre sur place a été maintenue à deux heures. Il a été déterminé que la vitesse de transit du NRU de Neah Bay serait de 8 nœuds et celle des NRU en poste à Prince Rupert et à Port Hardy serait de 10 nœuds.

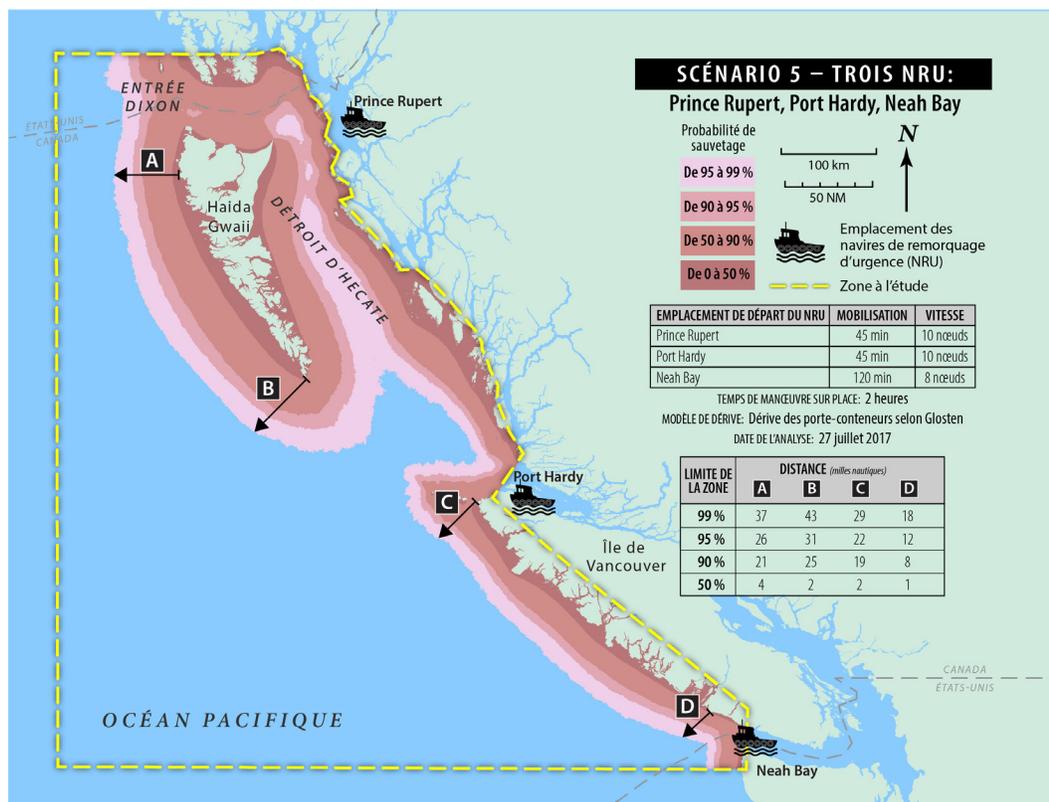


Figure 13. Résultats du Scénario 5

### 3.1.6 Scénario 6 – Trois NRU (Neah Bay et deux navires de patrouille)

La figure 14 illustre les résultats obtenus au Scénario 6 impliquant le déploiement de trois NRU, un provenant de Neah Bay et les deux autres d’emplacements sélectionnés alors qu’ils effectuent une patrouille. Le temps de mobilisation requis pour le bateau-remorqueur de Neah Bay est de deux heures, tandis que celui des deux autres navires est immédiat (zéro minute) puisqu’ils sont déjà en service et qu’ils n’auront simplement qu’à dévier de leur trajectoire. L’estimation de deux heures pour le temps de manœuvre requis sur place a été maintenue. La vitesse de transit du NRU de Neah Bay a été fixée à 8 nœuds et celle des navires de patrouille à 10 nœuds.

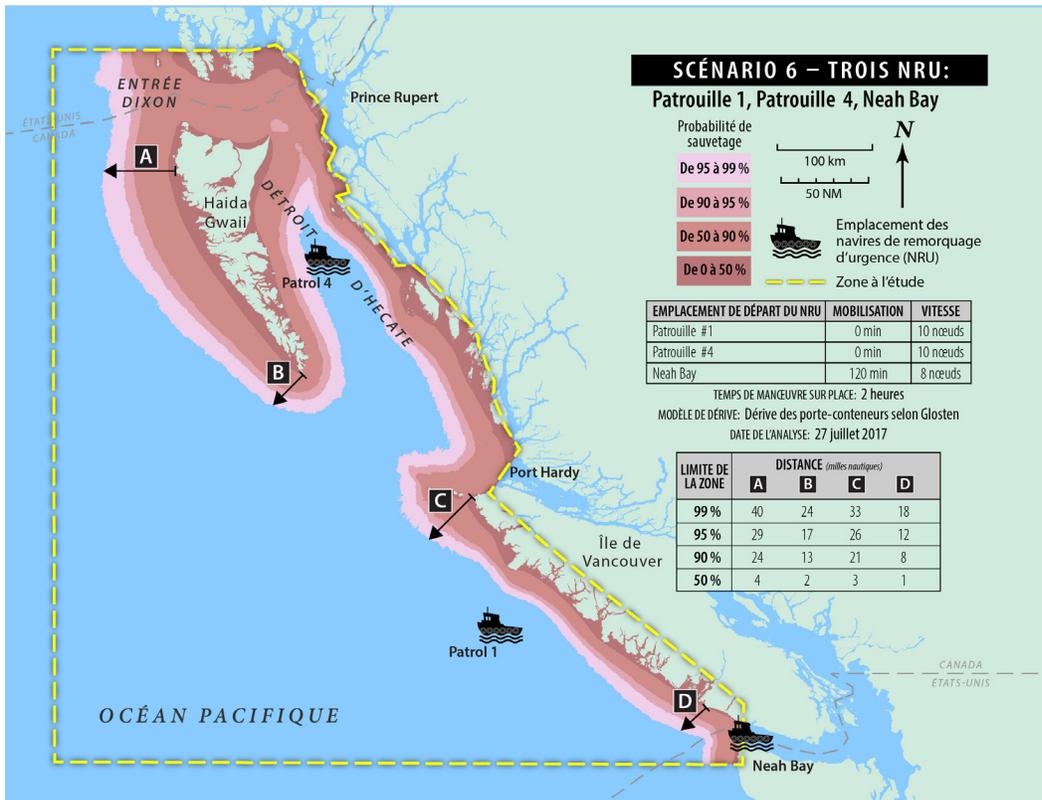


Figure 14. Résultats du Scénario 6

### 3.1.7 Scénario 7 - Trois NRU (Neah Bay, Port Hardy et Prince Rupert)

La figure 15 résume les résultats du Scénario 7 qui impliquait le déploiement de trois NRU, un en poste à Neah Bay, un second en poste à Prince Rupert et un troisième en poste à Port Hardy. Pour les trois NRU, le temps de mobilisation a été fixé à deux heures et la vitesse de transit à 8 nœuds. Le temps de manœuvre sur place estimé est maintenu à deux heures.

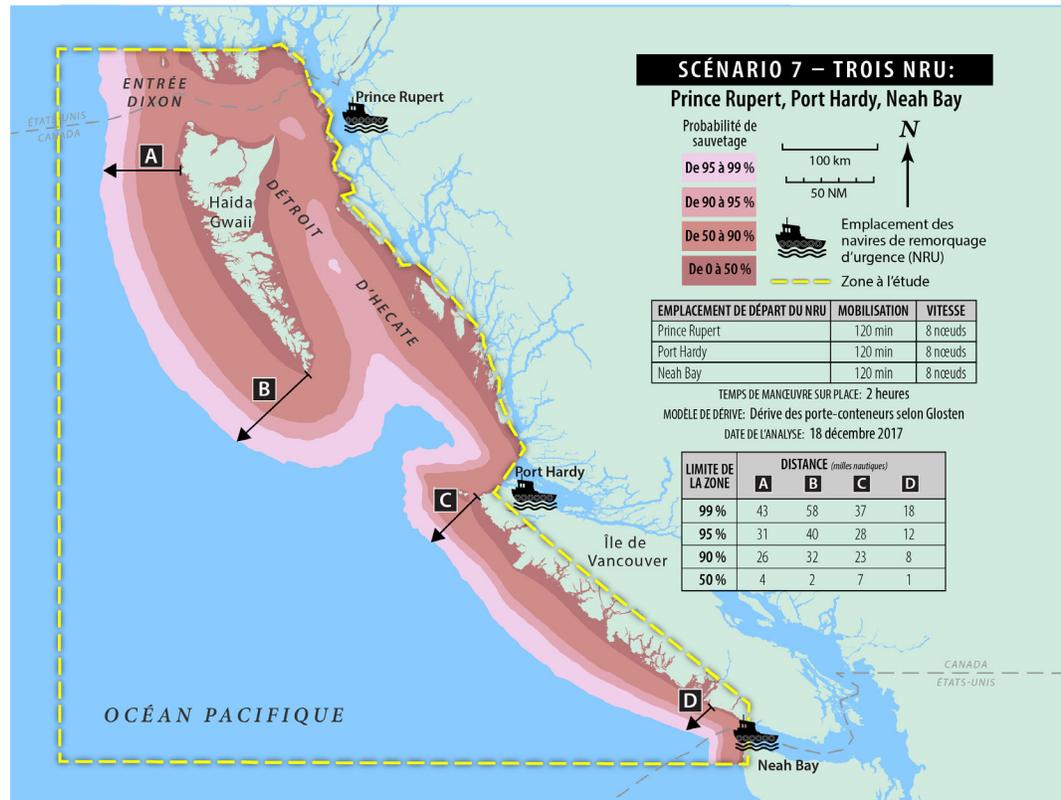


Figure 15. Résultats du Scénario 7

### 3.1.8 Comparaison des scénarios

Il est pertinent de comparer les scénarios afin de déterminer comment la modification des paramètres du système de NRU a une incidence sur la taille de la ZONS. La comparaison des scénarios 1, 4 et 7 est fort intéressante, car la seule différence entre ces scénarios est le nombre de NRU et leur emplacement. Tous les autres paramètres des scénarios sont identiques : vitesse de transit de 8 nœuds, temps de mobilisation de 120 minutes et temps de manœuvre sur place de deux heures pour effectuer le sauvetage. Les différences entre les scénarios sont les suivantes :

- Scénario 1 – Un NRU en poste à Neah Bay;
- Scénario 4 – Deux NRU, en poste à Neah Bay et à Prince Rupert;
- Scénario 7 – Trois NRU, en poste à Neah Bay, à Prince Rupert et à Port Hardy.

La figure 16 illustre la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % pour chaque scénario et la distance à laquelle elle est située à partir des mêmes points de référence utilisés dans les scénarios précédents. Dans la partie sud de la zone à l'étude, près du détroit de Juan de Fuca, la ligne de démarcation est essentiellement la même, car le NRU en poste à Neah Bay sera toujours celui qui effectuera le sauvetage en raison de sa proximité. Il en est de même pour la ligne de démarcation dans les scénarios 4 et 7 dans la portion au nord de la zone à l'étude, près de l'entrée Dixon, où le NRU de Prince Rupert sera toujours situé plus près du navire désemparé que celui de Port Hardy. Toutefois, dans la portion centrale de la zone à l'étude, près du bassin de la Reine-Charlotte, la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % diffère d'un scénario à l'autre en raison du nombre de NRU disponibles.

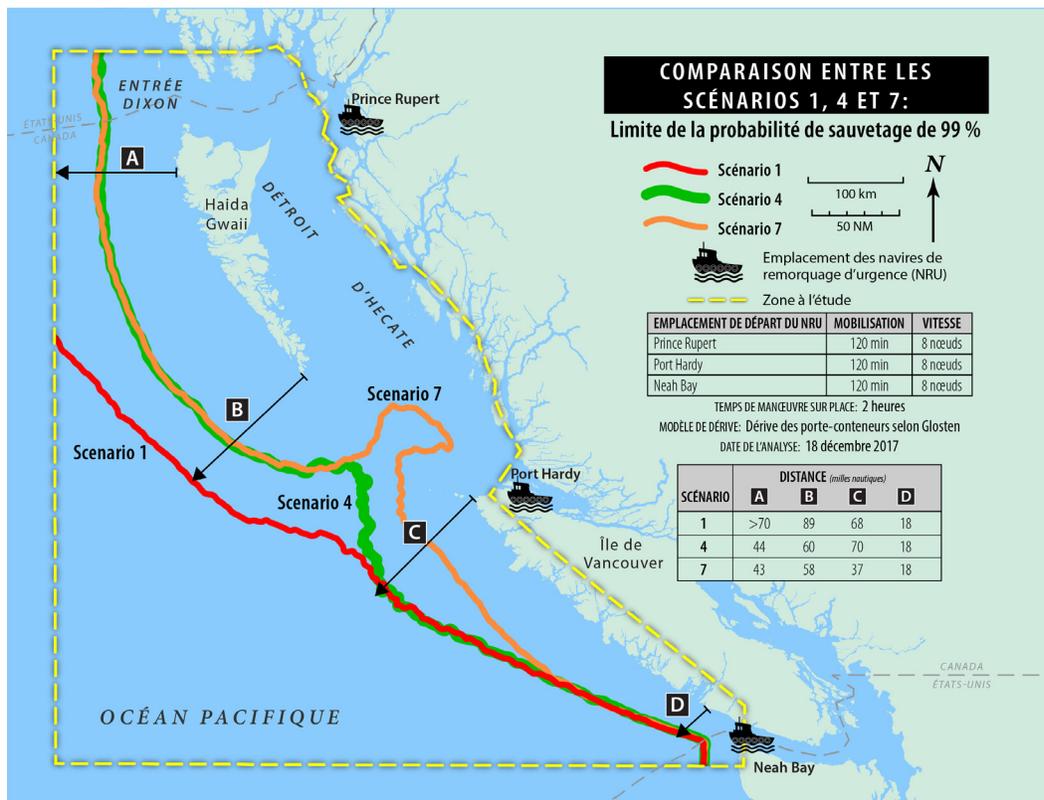


Figure 16. Comparaison entre la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % des Scénarios 1, 4 Et 7

La distance jusqu'aux différentes lignes de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage de 99 %, illustrée sur la figure 16, peut être utilisée pour effectuer des comparaisons à quatre emplacements distincts. Comme indiqué plus haut, la distance aux emplacements A (Titan Head) et B (Cap St James) sont presque identiques pour les scénarios 4 et 7, et la distance à l'emplacement D (pointe Pachena) est identique dans les trois scénarios. La ligne de démarcation à l'emplacement C (cap Scott) est identique pour les scénarios 1 et 4, mais elle située à 33 NM plus près de la côte dans le scénario 7.

L'examen des zones où la ligne de démarcation de la zone indique une probabilité de sauvetage de 99 % pour chacun des trois scénarios peut fournir des renseignements pratiques sur les gains supplémentaires pouvant être réalisés en augmentant la capacité de sauvetage (nombre de NRU) dans la zone à l'étude. Cette analyse démontre que plus la zone mesurée en milles nautiques est vaste, plus le temps requis pour se rendre jusqu'au navire désemparé augmente. L'augmentation de la capacité d'intervention se mesure par une réduction de la zone entre la côte et la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 %.

- Scénario 1 (un NRU) : Il s'agit du scénario de référence. La superficie de la zone entre la côte et la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % est de 52 684 NM<sup>2</sup>.
- Scénario 4 (deux NRU) : La superficie de la zone entre la côte et la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % est de 41 190 NM<sup>2</sup>. Cette diminution de 22 % de la superficie de la zone entre le scénario 1 et le scénario 4 démontre l'augmentation de la capacité d'intervention résultant de l'ajout d'un NRU supplémentaire (selon les différentes hypothèses des scénarios).
- Scénario 7 (trois NRU) : La superficie de la zone entre la côte et la ligne de démarcation de la zone où la probabilité de sauvetage est de 99 % est de 36 702 NM<sup>2</sup>. La diminution de 30 % de la superficie de la zone entre le scénario 1 et le scénario 7 démontre l'augmentation de la capacité d'intervention résultant de l'ajout de deux NRU supplémentaires (selon les différentes hypothèses des scénarios).

Les chiffres et les paramètres de comparaison démontrent que l'ajout d'un deuxième NRU à Prince Rupert offrirait une meilleure couverture de la portion nord de la zone à l'étude, et que l'ajout d'un troisième NRU offrirait une meilleure couverture de la portion centrale de la zone à l'étude, le long de la côte nord de l'île de Vancouver et du bassin de la Reine-Charlotte.

La comparaison des autres variations de scénario s'est également avérée utile. La comparaison entre les scénarios 1 et 2 illustre que la différence entre les vents enregistrés lors des mois d'hiver et ceux enregistrés tout au long de l'année est minime dans la ZONS. Bien que les vents d'hiver soufflent plus fort que les vents enregistrés tout au long de l'année, ils soufflent dans la même direction, sauf dans la région au nord de Haida Gwaii. La comparaison entre les scénarios 3 et 4 illustre l'effet de l'augmentation de la vitesse de transit du bateau-remorqueur de 6 à 8 nœuds. La comparaison entre les scénarios 5 et 6 illustre la différence entre la présence de deux NRU en patrouille, lesquels ne nécessitent aucun temps de mobilisation, et la présence de deux NRU en poste au port, qui ont une plus grande distance à parcourir et qui requièrent un temps de mobilisation plus élevé.

Étant donné que le trafic maritime dans la présente étude n'est pas uniforme, il est également important de tenir compte de l'examen des itinéraires des navires et de la façon dont ils s'entrecroisent dans la ZONS.

### 3.2 Itinéraires de navires typiques dans la ZONS

Les itinéraires de navires typiques reposent sur les données relatives au trafic maritime compilées de mars à juin 2017 dans le cadre du projet pilote de surveillance des navires qui a été mené par Marine Exchange of Alaska pour le compte de Ocean Networks Canada et de Clear Seas. Les figures 16 à 22 illustrent les itinéraires de navires typiques par rapport aux scénarios 1 à 7 respectivement. Puisqu'il s'agit d'une nouvelle initiative qui est toujours en cours, nous avons tenté de mettre en contexte ces résultats préliminaires qui tentent d'illustrer le trafic maritime typique avec les différents scénarios étudiés dans la ZONS<sup>14</sup>.

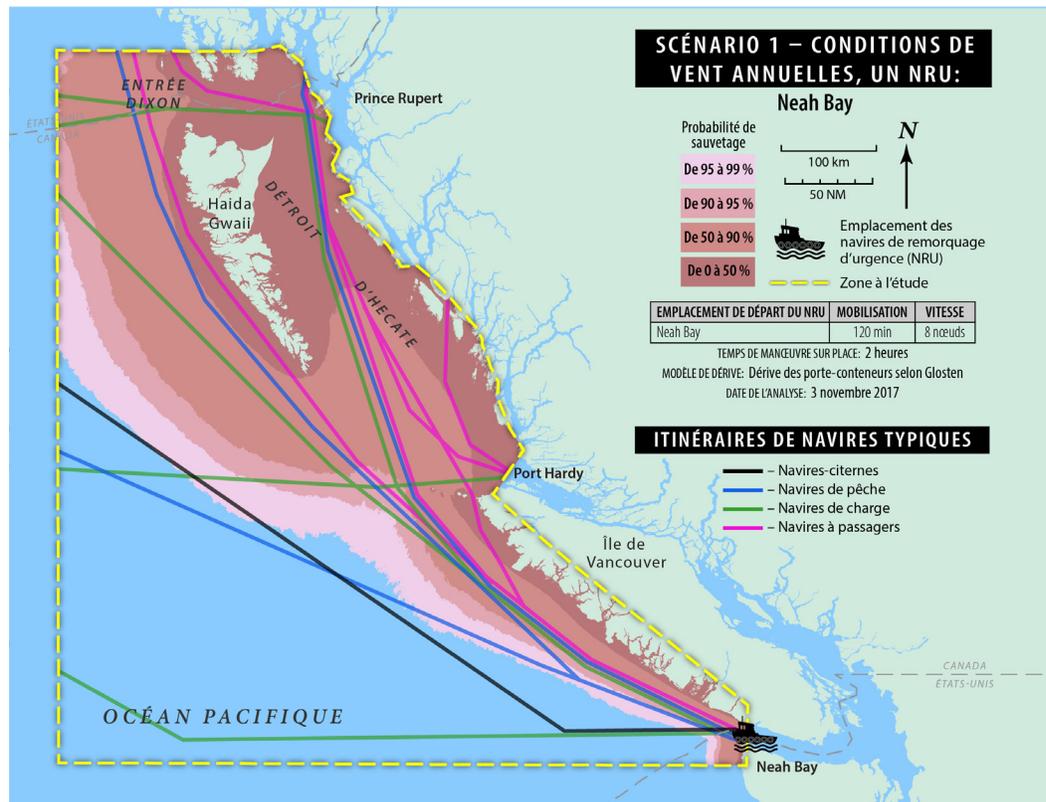


Figure 17. ZONS déterminée lors du Scénario 1 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 17 combine les résultats obtenus au scénario 1, dans lequel un NRU en poste à Neah Bay était déployé et transitait à une vitesse de 8 nœuds, avec les itinéraires de navires typiques.

Les résultats du Scénario 1 indiquent que la probabilité de sauvetage dans presque tout le détroit d'Hecate est de 0 à 50 %, tandis que les itinéraires de navires typiques indiquent un nombre important d'itinéraires de navires à passagers et d'itinéraires de navires de charge dans ce passage. La proximité de la terre est un facteur déterminant des probabilités de sauvetage. Les itinéraires de navires de charge typiques au large de Haida Gwaii se trouvent principalement dans la zone de probabilité de sauvetage de 50 à 90 % et s'éloignent davantage des côtes lorsqu'ils atteignent l'entrée Dixon. Les itinéraires de navires-citernes se trouvent dans la zone de probabilité de sauvetage de 99 %, sauf dans le détroit de Juan de Fuca. Ceci résulte directement de la conformité volontaire à la zone d'exclusion des pétroliers (ZEP). La probabilité de sauvetage à l'entrée Dixon où naviguent généralement des navires de charge et des navires à passager est de 0 à 50 %.

<sup>14</sup> Dans le cadre d'un projet connexe, Clear Seas entreprendra une analyse détaillée des nombreuses interactions dans la ZONS et des caractéristiques de celle-ci par rapport au trafic maritime actuel dans la zone à l'étude.

La figure 18 superpose les résultats du Scénario 2 et les itinéraires de navires typiques dans les eaux de la Colombie-Britannique. Bien que le Scénario 2 repose sur les vents en hiver uniquement, les résultats sont les mêmes qu'au scénario 1.

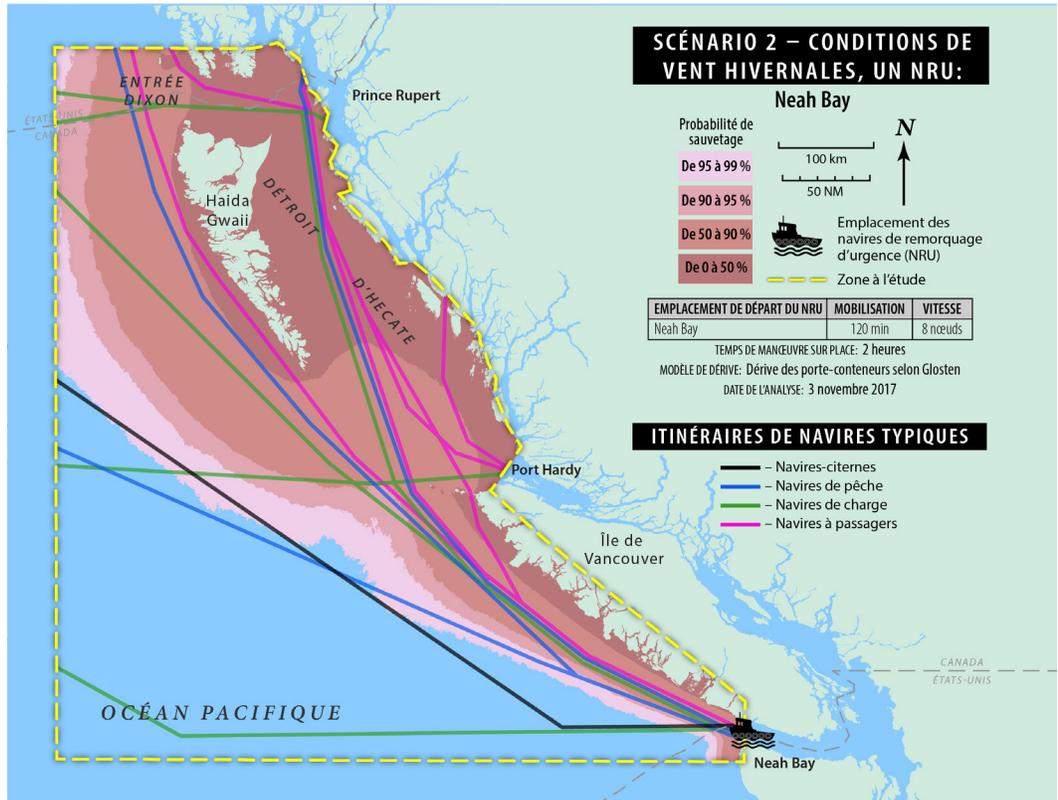


Figure 18. ZONS déterminée lors du Scénario 2 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 19 combine les résultats obtenus au Scénario 3, dans lequel un NRU en poste à Neah Bay était déployé et transitait à une vitesse de 6 nœuds, avec les itinéraires de navires typiques.

Les données obtenues au scénario 3 démontrent que la présence d'un NRU supplémentaire à Prince Rupert augmente les probabilités de sauvetage dans le détroit d'Hecate, où naviguent principalement des navires à passagers, des navires de charge et des navires de pêche, à 50 à 90 %. Les itinéraires de navires à passagers au large de Haida Gwaii traversent la zone de probabilité de sauvetage de 0 à 50 % et de 50 à 90 %. Les itinéraires typiques en direction nord des navires de charge au large de Haida Gwaii se trouvent principalement dans la zone de probabilité de sauvetage de 50 à 90 % dans la portion sud de l'archipel; ils atteignent la zone de 90 à 99 % lorsqu'ils se dirigent vers le nord. Les itinéraires de navires-citernes se trouvent dans la zone de probabilité de sauvetage de 99 %, sauf dans le détroit de Juan de Fuca. L'ajout d'un NRU à Prince Rupert augmente les probabilités de sauvetage à 50 à 90 % dans l'entrée Dixon où l'on retrouve des itinéraires typiques de navires à passagers et de navires de charge.

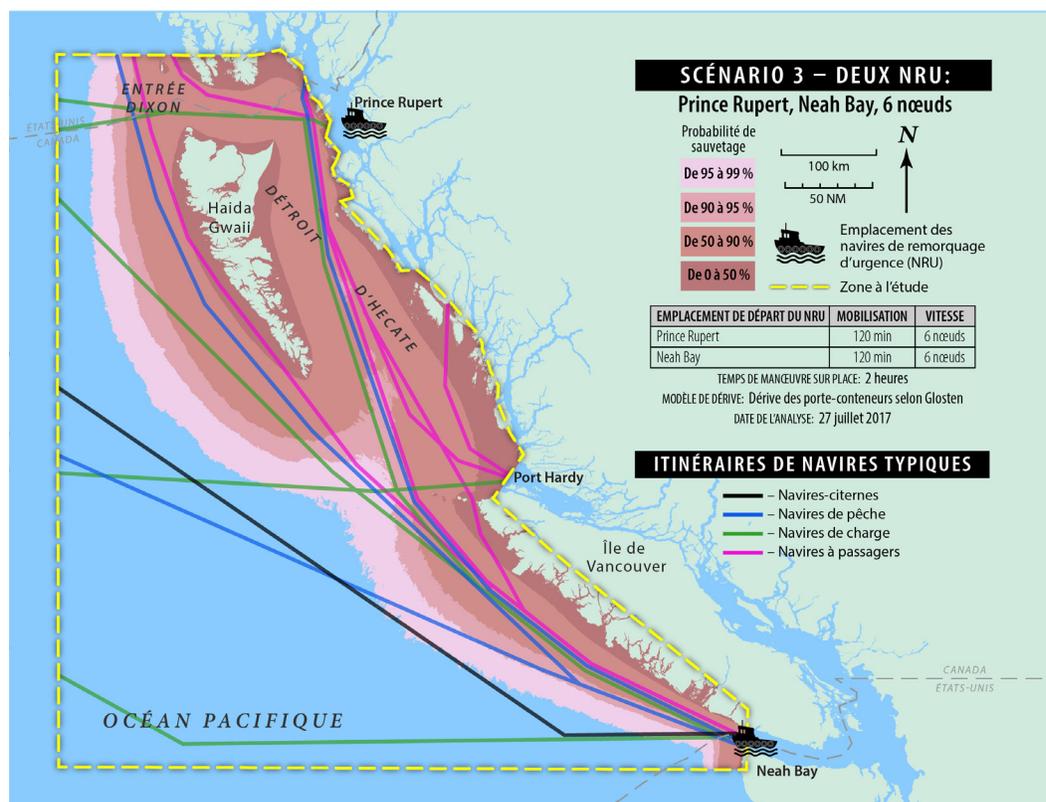


Figure 19. ZONS déterminée lors du Scénario 3 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 20 superpose les résultats obtenus au Scénario 4, dans lequel des NRU en poste à Neah Bay et à Prince Rupert étaient déployés et transitaient à une vitesse de 8 nœuds, aux itinéraires de navires typiques.

Les données obtenues au Scénario 4 démontrent que l'augmentation de la vitesse de transit augmente la probabilité de sauvetage dans le détroit d'Hecate, où circulent principalement des navires à passagers, des navires de charge et des bateaux de pêche, à 90 à 95 % dans la portion sud du détroit. Au nord de Kitkatla, la probabilité de sauvetage dans le détroit d'Hecate diminue à 50 à 90 %. Les probabilités de sauvetage pour les itinéraires de navires à passagers au large de Haida Gwaii sont sensiblement les mêmes qu'avec les scénarios 3 et 4, malgré la légère augmentation de la vitesse de transit. Les probabilités de sauvetage pour les itinéraires de navires de charge typiques navigant en direction nord sont presque identiques à celles obtenues avec le scénario 3. Les itinéraires de navires-citernes se trouvent dans la zone de probabilité de sauvetage de 99 %, sauf dans le détroit de Juan de Fuca. L'augmentation de la vitesse n'a aucune incidence sur les probabilités de sauvetage dans l'entrée Dixon.

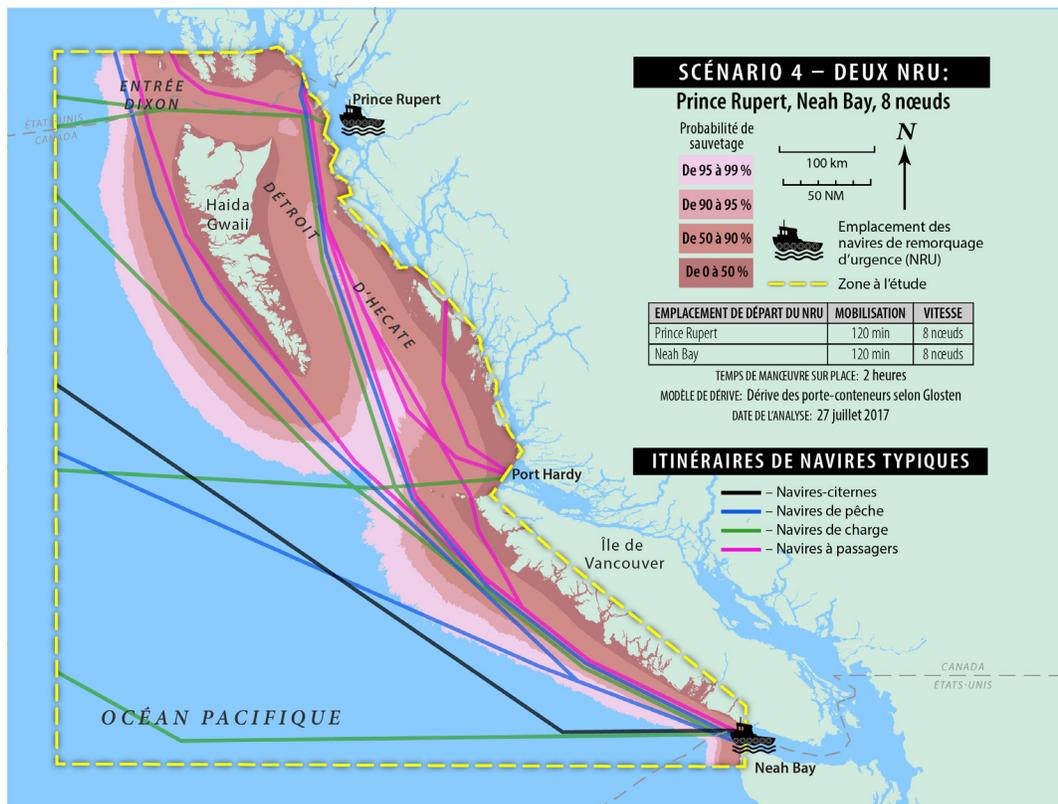


Figure 20. ZONS déterminée lors du Scénario 4 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 21 superpose les résultats obtenus au Scénario 5, dans lequel des NRU en poste à Neah Bay, à Port Hardy et à Prince Rupert étaient déployés et transitaient à une vitesse de 10 nœuds, aux itinéraires de navires typiques. Les NRU en poste à Prince Rupert et à Port Hardy naviguaient à une vitesse plus rapide qu'au scénario 4, soit 10 nœuds.

Les données obtenues au Scénario 5 démontrent que l'augmentation de la vitesse de transit et l'ajout d'un NRU à Port Hardy augmentent les probabilités de sauvetage dans le détroit d'Hecate, où naviguent principalement des navires à passagers, des navires de charge et des navires de pêche, à 90 à 99 % dans la portion sud du détroit. Au nord de Kitkatla, la probabilité de sauvetage dans le détroit d'Hecate diminue à 50 à 90 %. Les probabilités de sauvetage pour les itinéraires de navires à passagers au large de Haida Gwaii sont sensiblement les mêmes qu'aux scénarios 3 et 4, malgré l'ajout d'un NRU à Port Hardy et l'augmentation de la vitesse de transit. On constate une amélioration des probabilités de sauvetage pour les itinéraires de navires de charge typiques navigant en direction nord au large de Haida Gwaii par rapport au scénario 4, lesquelles sont établies à 90 à 95 % le long de portion sud de l'archipel et augmentent à plus de 99 % au fur et à mesure que le navire progresse vers le nord. Les itinéraires de navires-citernes se trouvent en dehors dans la zone de probabilité de sauvetage de 99 %, sauf dans le détroit de Juan de Fuca. L'augmentation de la vitesse de transit a une légère incidence sur les probabilités de sauvetage des navires de charge et des navires à passagers qui naviguent dans l'entrée Dixon, lesquelles sont de 90 à 95 % le long des extrémités est et ouest, mais demeurent de 50 à 90 % dans la plupart des voies navigables.

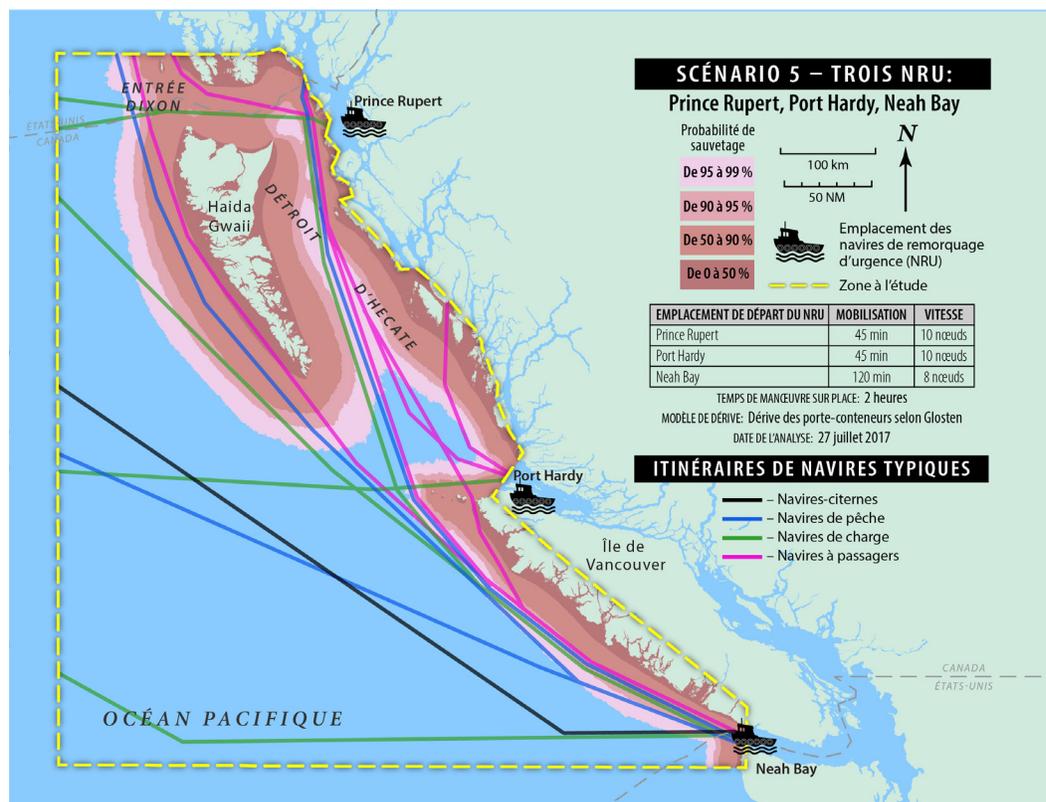


Figure 21. ZONS déterminée lors du Scénario 5 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 22 superpose les résultats du Scénario 6, dans lequel un NRU en poste à Neah Bay et deux autres NRU en patrouille dévient des emplacements indiqués sur la carte, aux itinéraires typiques des navires qui traversent les eaux de la Colombie-Britannique. Le NRU de Neah Bay navigue à une vitesse de 8 nœuds tandis que les deux patrouilleurs naviguent à 10 nœuds, soit à la même vitesse que les NRU en poste à Port Hardy et à Prince Rupert dans le scénario 5. Aucun temps de mobilisation n'a été calculé pour les patrouilleurs puisqu'ils sont déjà en service.

Les résultats du Scénario 6 démontrent que le temps de mobilisation réduit des patrouilleurs génère les seuls résultats où le détroit d'Hecate n'est plus inclus entièrement dans les limites de la zone de probabilité de sauvetage de 99 % qui se termine juste au nord de Kitkatla. À partir de ce point, on constate une diminution constante de la zone de probabilité de sauvetage de 95 à 99 % à 0 à 50 % au fur et à mesure que les itinéraires de navires progressent vers le nord et se rapprochent de la côte. De plus, la probabilité de sauvetage augmente considérablement le long de la côte sud de la Colombie-Britannique en raison de la position du patrouilleur no 1. La présence de patrouilleurs au scénario 6 ne modifie pas les probabilités de sauvetage à l'entrée Dixon déterminées au scénario 5.

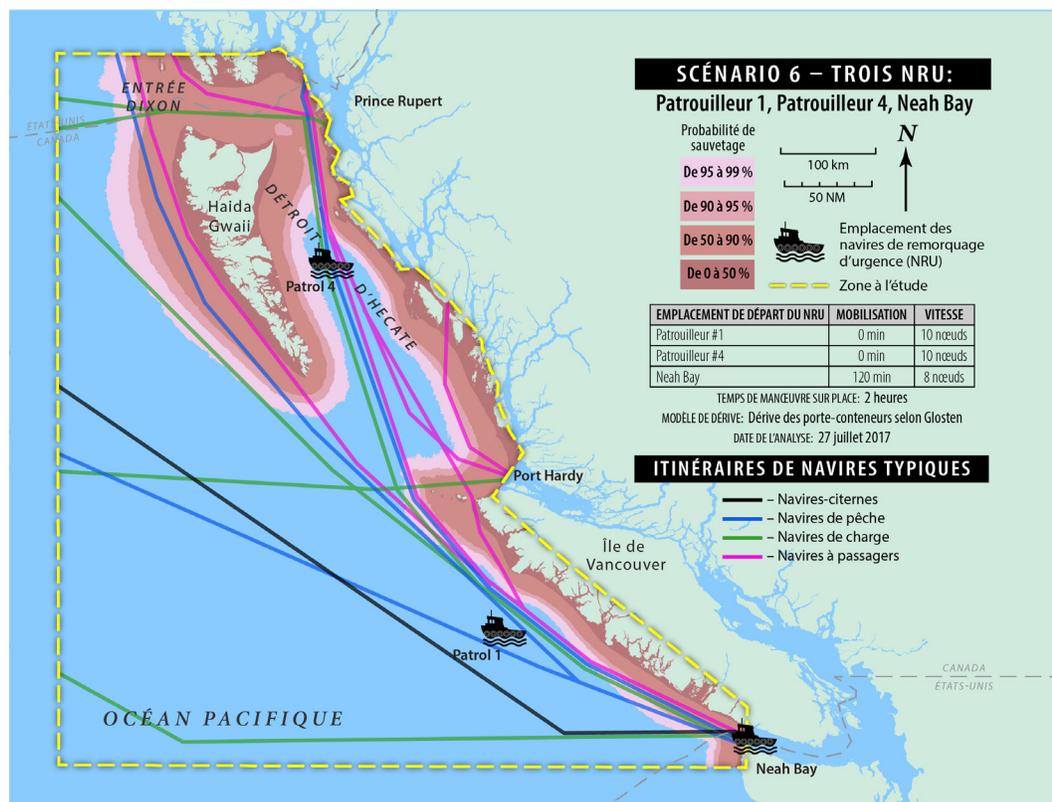


Figure 22. ZONS déterminée lors du Scénario 6 par rapport aux itinéraires de navires typiques

La figure 23 combine les résultats obtenus au Scénario 7, dans lequel des NRU en poste à Neah Bay, à Port Hardy et à Prince Rupert étaient déployés, avec les itinéraires de navires typiques dans les eaux de la Colombie-Britannique.

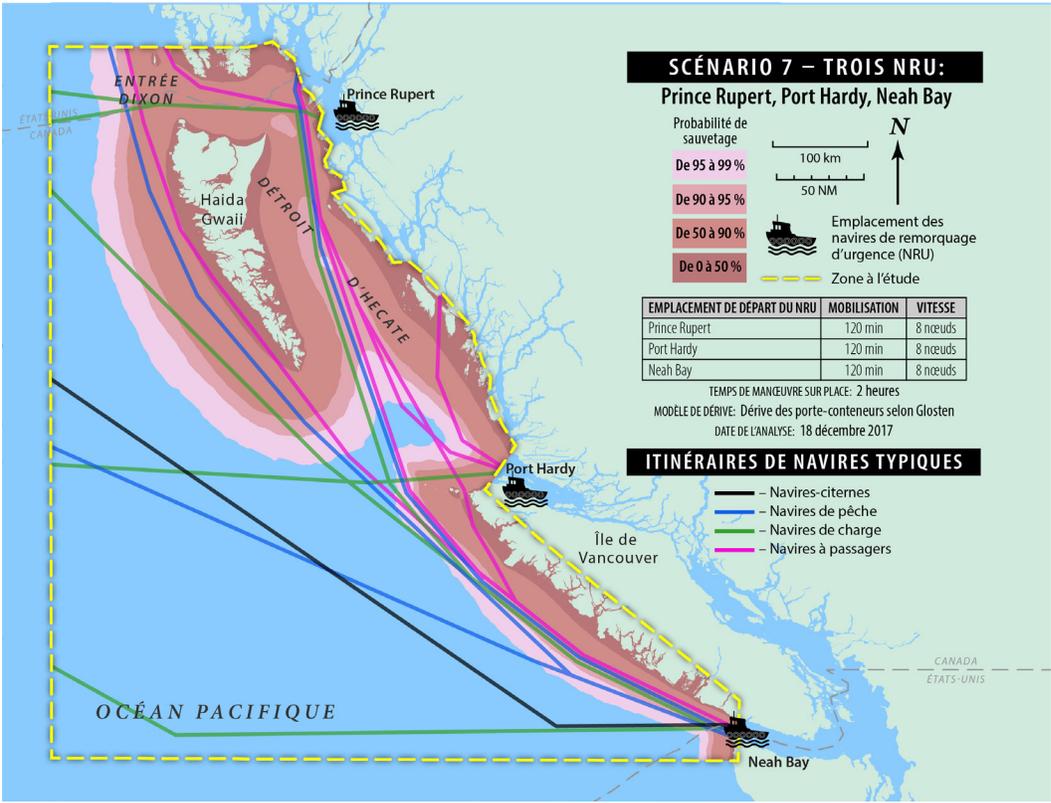


Figure 23. ZONS déterminée lors du Scénario 7 par rapport aux itinéraires de navires typiques

## 4.0 Conclusion

La présente étude analysait la probabilité d'assister un navire à la dérive avant qu'il s'échoue en fonction de certaines hypothèses ainsi que de l'emplacement et de la vitesse des NRU en poste sur la côte Pacifique du Canada. Sept scénarios ont été analysés au moyen d'un modèle créé à partir de données historiques sur les vents sur la côte de la Colombie-Britannique. Six scénarios ont eu recours aux données annuelles sur les vents et un scénario (le Scénario 2) a eu recours aux données sur les vents en hiver uniquement, lequel a démontré que ceux-ci ont une faible incidence sur les résultats. Le nombre de NRU et le temps requis pour leur mobilisation et leur déplacement ont eu une grande incidence sur les résultats, notamment dans la partie centrale de la zone à l'étude correspondant au bassin de la Reine-Charlotte.

En tenant compte du contexte général associé aux itinéraires de trafic maritime dans la zone à l'étude, il a été démontré que les navires à passagers sont plus susceptibles de naviguer dans les zones où la probabilité de sauvetage est de 0 à 50 % (dans tous les scénarios), puisqu'ils tendent à naviguer plus près de la côte. En contrepartie, une fois en mer, les pétroliers sont ceux qui naviguent le plus loin de la côte en raison de la zone d'exclusion volontaire.

Le présent rapport n'émet aucune recommandation relative à l'atténuation des risques et n'émet aucune opinion quant aux probabilités de sauvetage acceptables. Toutefois, il fournit des renseignements qui aideront les décideurs à comprendre le rôle que des NRU aptes à assister des navires désemparés et pouvant être déployés rapidement peuvent jouer dans l'atténuation des risques liés à l'augmentation de l'expédition dans les eaux à l'ouest du Canada.

## 5.0 Références

- BLENDERMANN, W. Parameter identification of wind loads on ships. *Journal of Wind Engineering and Industrial Dynamics*, 51(3), mai 1994.
- Council of the Haida Nation. Lessons from the Simushir. Workshop summary report. Skidegate, Colombie-Britannique, 12 et 13 mai 2015.
- DUNCAN, C.P. et S.G. SCHADLOW. World surface currents from ship drift observations. U.S. Department of Energy, Contract No. W-7405-ENG-48, 1980.
- Pêches et Océans Canada. Data products and surveys., 2017a. Récupéré de : <http://www.charts.gc.ca/data-gestion/index-eng.asp>.
- Pêches et Océans Canada. Canadian wave data. 2017 b. Récupéré de : <http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/isdm-gdsi/waves-vagues/index-eng.htm>.
- Pêches et Océans Canada. Enhanced environmental response under the Oceans Protection Plan, Communiqué de presse, 2017c. Récupéré de : <http://www.marketwired.com/press-release/enhanced-environmental-response-under-the-oceans-protection-plan-2196406.htm>.
- GALT, J.A. et R. HANSON. Aleutian disabled ship drift study. Préparé pour Arctic Beringia Program Wildlife Conservation Society, décembre 2015.
- HOLDER, L.A., J. WERKHOVEN et G.F. WILLIAMS. Research on disabled tankers-operational and training implications. Proceedings of the Symposium on the Behavior of Disabled Large Tankers, Londres, 9 et 10 juin 1981, p 73 à 83.
- JAKUB, T. Estimating ocean currents from automated identification system based ship drift measurements. Thèse (Ph. D.), University of Colorado Department of Aerospace Engineering Sciences, 2013.
- LEWISON, G.R.G. Experimental determination of wind, wave and drift forces on large tankers. Proceedings of the Symposium on the Behavior of Disabled Large Tankers, Londres, 9 et 10 juin 1981, p 35 à 54.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. Ship drift analysis for the Northwest Olympic Peninsula and the Strait of Juan de Fuca. HAZMAT Report 97-3. Seattle, Washington, mai 1997.
- National Transportation and Safety Board. (2006). Grounding of Malaysian-flag bulk carrier M/V Selendang Ayu on north shore of Unalaska Island, Alaska, 8 décembre 2004. NTSB/MAB-06/01. Récupéré de : <https://www.nts.gov/investigations/fulltext/MAB0601.htm>.
- Nuka Research and Planning Group, LLC. British Columbia Zone-of-No-Save scoping study. Report to Clear Seas Centre for Responsible Marine Shipping, 2017.
- Nuka Research and Planning Group, LLC. Recommending an optimal response system for the Aleutian Islands: Summary report. Aleutian Islands Risk Assessment Phase B, 2015.
- Nuka Research and Planning Group, LLC. Estimating response times for tugs of opportunity in the Aleutian Islands. Aleutian Islands Risk Assessment Phase B, 2014.
- Nuka Research and Planning Group, LLC. West Coast spill response study, volume 2: Vessel Traffic Study. Rapport à l'intention du Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 2013.
- Oil Companies Marine International Forum. Disabled tankers: Report of studies on ship drift and towage, janvier 1981.
- RICHARDSON, P.L. et S.G.H. PHILANDER. The seasonal variations of surface currents in the tropical Atlantic Ocean: A comparison of ship drift data with results from a general circulation model. *Journal of Geophysical Research*, vol. 92, no C1, 15 janvier 1987, p. 715 à 724.
- SMEATON, G.P. A mathematical model of the drift of disabled large tankers. Proceedings of the Symposium on the Behavior of Disabled Large Tankers, Londres, 9 et 10 juin 1981, p. 65 à 72.
- The Glostien Associates. Tug location study. Préparé pour Aleutian Islands Risk Assessment. Rapport no 12127.02.12d, novembre 2013.
- YANG, O. Drift model for ship out of control at sea, Chinese Control and Decision Conference Proceedings, mai 2011. DOI: 10.1109/CCDC.2011.5968242.

## Annexe A. - Consultations

### Annexe A Analyse de la dérive des navires désemparés et de l'intervention requise Liste des contributeurs au projet

Nom	Organisation
Sécurité et sûreté maritimes – Région du Pacifique	Transports Canada
Plan de protection des océans – Région du PacifiqueOcéans	Transports Canada
Plan de protection des océans – Région du Pacifique	Transports Canada
Brian Wootton	Garde côtière canadienne
Capitaine Clay Evans	Garde côtière canadienne
Art Statham	Garde côtière canadienne
Brian Bain	Garde côtière canadienne
Robert Crooks	Garde côtière canadienne
Russ Jones	Haida Nation
Paul Devries	The British Columbia Coast Pilots Ltd.
Captain Robin Stewart	The British Columbia Coast Pilots Ltd.
Captain Roy Haakonson	The British Columbia Coast Pilots Ltd.
Michael Gismondi	Environnement et Changement climatique Canada
Paul Hilder	Seaspan Marine
Dave Charlton	Port de Prince Rupert

Les participants au projet sont des personnes qui ont consacré leur temps à certaines étapes du projet (définition, mise en œuvre ou révision). Les contributeurs ont apporté leur contribution lors de rencontres ou de conférences téléphoniques au sujet du projet ou en révisant certains documents.

Les conclusions de ce rapport sont émises par Clear Seas et Nuka Research and Planning. Elles ne reflètent pas nécessairement celles des contributeurs nommés ici.

Clear Seas remercie tous ceux et celles qui ont consacré leur temps et leur énergie à la réalisation de ce rapport.



630–355, rue Burrard  
Vancouver, Colombie-Britannique  
V6C 2G8  
604.408.1648

Nos coordonnées

-  [info@clearseas.org](mailto:info@clearseas.org)
-  [@ClearSeasOrg](https://twitter.com/ClearSeasOrg)
-  [ClearSeasOrg](https://www.facebook.com/ClearSeasOrg)
-  [Clear Seas Centre for  
Responsible Marine Shipping](https://www.linkedin.com/company/clear-seas-centre-for-responsible-marine-shipping)

[clearseas.org](http://clearseas.org)