TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1-1

1.1 Zone du projet Hebron 1-1
1.1.1 Zone côtière du Projet 1-1
1.1.2 Zone extracôtière du Projet 1-2

1.2 Les promoteurs du Projet 1-3

1.3 Contexte réglementaire 1-4

1.4 Objectif du rapport d'étude approfondie 1-7

1.5 Portée du projet 1-7
1.5.1 Composantes et zone côtière du projet 1-8
1.5.2 Composantes du projet – zone extracôtière du projet 1-8
1.5.3 Possibilités d'expansion 1-9

1.6 Organisation du document 1-10

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 Zone côtière du Projet 1-2
Figure 1-2 Zone extracôtière du Projet 1-3

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 Parts des propriétaires 1-4

1 INTRODUCTION

À titre d'exploitant, ExxonMobil Canada Properties (EMCP), est en charge du développement du Projet au nom des promoteurs du projet Hebron, soit : ExxonMobil Canada Ltd., Chevron Canada Limited (Chevron), Petro-Canada Hebron Partnership par l'entremise de son gestionnaire associé, Suncor Energy Inc. (Suncor), Statoil Canada Ltd. (Statoil) et Nalcor Energy - Oil and Gas Inc. (Nalcor). Le Projet comprend des levés extracôtiers, des activités d'ingénierie, d'approvisionnement, de construction, d'installation, de mise en service, de forages de développement, des opérations de production, d'exploitation, d'entretien et de déclassement d'un système d'exploitation pétrolière et gazière et d'installations connexes.

1.1 Zone du projet Hebron

Aux fins de l'évaluation environnementale, le projet Hebron a été divisé en deux zones principales :la zone de construction côtière de Bull Arm, située dans la baie de la Trinité pour construire la structure à embase-poids (SEP) et assembler, installer et mettre en service les unités supérieures; et la zone extracôtière située sur les Grands Bancs, soit l'endroit où la plate-forme Hebron, lorsque complétée, sera installée et où la production de pétrole brut s'effectuera pendant au moins 30 ans.

1.1.1 Zone côtière du Projet

Le site de Bull Arm est situé à 150 km au nord-est de St-John dans la province de Terre-Neuve-et-Labrador. La société Nalcor Energy-Bull Arm Fabrication est propriétaire et exploitante du site. Ce chantier a été initialement mis sur pied pour la construction de la SEP Hibernia et constitue un emplacement idéal pour la construction de la structure à embase-poids Hebron. La zone côtière du Projet fait partie du milieu marin compris dans les limites de la propriété du site de Bull Arm, tel qu'illustré à la Figure 1-1.

Le site de Bull Arm est une installation autonome disposant de capacités de construction et de fabrication en acier ou en béton, de finition, d'installation, de raccordement à terre et de mise en service. Le site, qui est relié à la principale autoroute de la province (la route transcanadienne), compte plus de 16 km de route asphaltée.

Le site de la cale sèche (SEP) est situé dans l'anse Great Mosquito. L'anse se caractérise d'une longueur est de 1,5 km et d'une largeur moyenne de 500 m. La cale sèche (SEP) a une profondeur d'environ 16,5 met un diamètre de 180 m. Pour rétablir une cale sèche, l'anse intérieure sera asséchée et encloisonnée par un merlon de protection qui pourrait comprendre au moins une rangée de palplanches. La SEP partiellement construite sera mise à l'eau à l'extérieur de la cale sèche et remorquée jusqu'au site en eau profonde, où elle sera amarrée pour la construction finale.

Situé à Bull Arm, le site de construction en eau profonde de la SEP est équipé de six points d'amarrage et possède une profondeur de 180 m. La profondeur de l'eau à Bull Arm augmente vers l'embouchure du bras, pour atteindre environ 250 mètres à l'entrée de la baie de la Trinité.

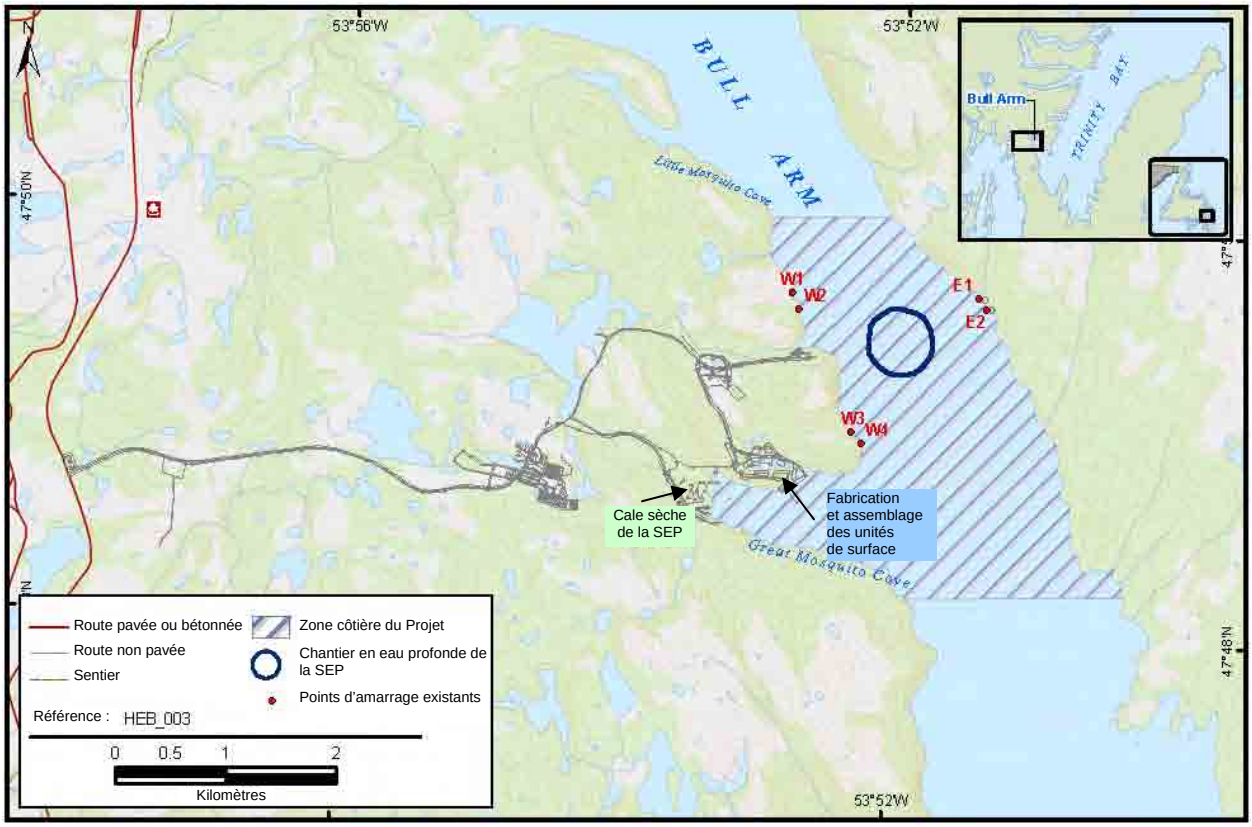


Figure 1-1 Zone côtière du Projet

La zone de fabrication et d'assemblage des installations de surface est située sur la rive nord de l'anse Great Mosquito. Les composantes sélectionnées des unités de surface seront fabriquées au chantier de Bull Arm alors que les autres seront fabriqués hors site et transportés ultérieurement au site de Bull Arm. L'intégration des modules et des composantes aura lieu au quai. Les activités de raccordement et de mise en service des unités de surface débuteront au quai, préalablement à la mise à l'eau et au raccordement à la SEP au site en eau profonde. Ces activités se poursuivront après le raccordement.

1.1.2 Zone extracôtière du Projet

La zone extracôtière du projet Hebron est située dans le bassin Jeanne d'Arc (localisé à environ 46°32.64344' N; 48°29.88379'O), à 340 km au large de St. John's, Terre-Neuve-et-Labrador, à environ 9 km au nord du champ Terra Nova et à 32 km au sud-est du développement Hibernia. La profondeur de l'eau varie de 88 à102 m.

L'unité Hebron contient actuellement trois champs ayant fait l'objet d'une découverte (les champs Hebron, Ben Nevis Ouest et Ben Nevis). Quatre licences de découverte importante (SDL) sont incorporées à l'unité, soit : SDL

1006, SDL 1007, SDL 1009 et SDL 1010 (voir Figure 1-2), et chacune appartient à des propriétaires différents. Ces quatre SDL contiennent l'étendue de pétrole la plus probable pour les gisements délimités au sein de l'unité Hebron. Cette unité pourrait être étendue si des études complémentaires, des levés sismiques, ou des forages d'exploration (ou de délimitation) démontrent que des accumulations de gisement pétrolifère (économiquement récupérables) s'étendent au-delà des limites actuellement envisagées de l'unité.

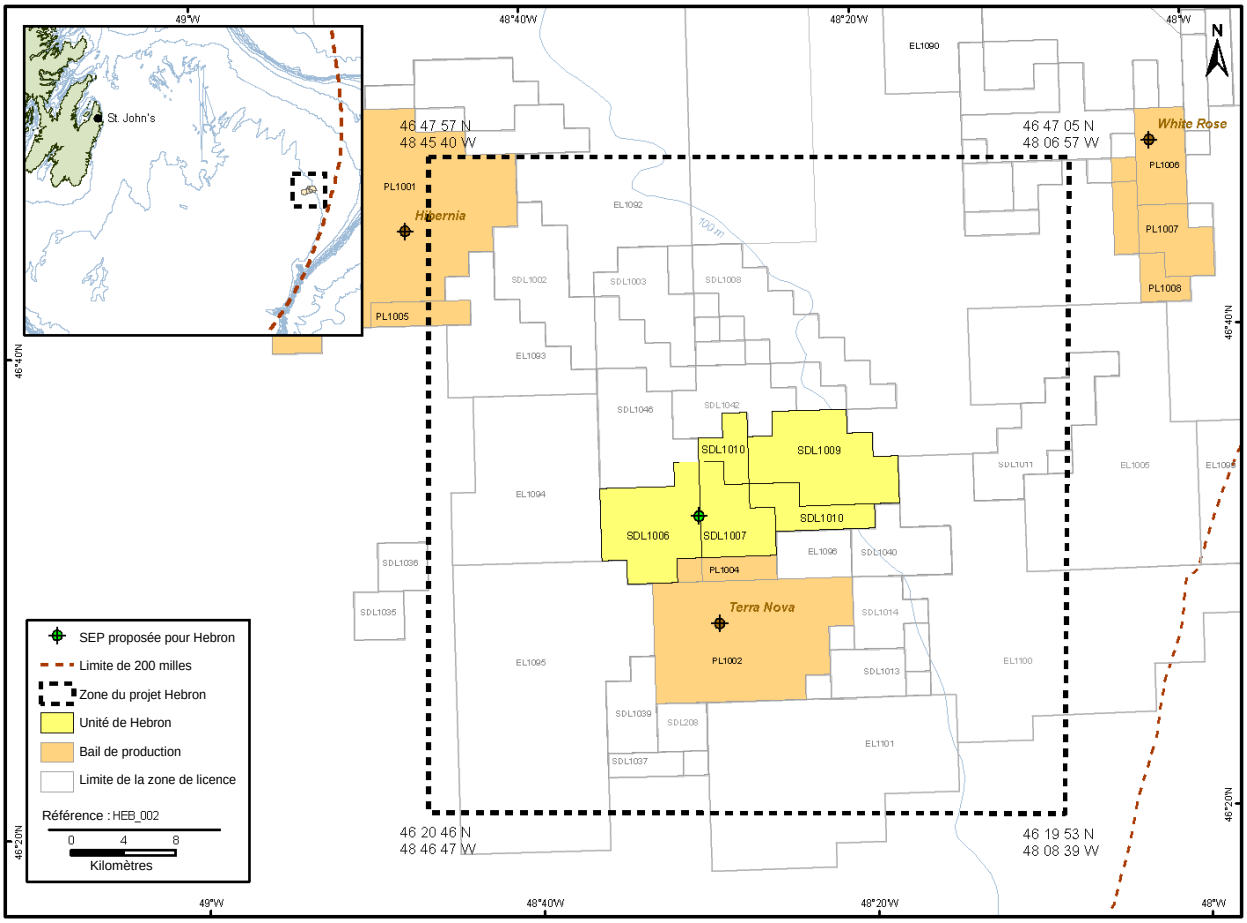


Figure 1-2 Zone extracôtière du Projet

Certaines activités du Projet (ex. : études des glaces, études géotechniques, géophysiques, géologiques, études environnementales, soutien aux navires) peuvent avoir lieu à l'intérieur et à l'extérieur de l'unité Hebron. En conséquence, la zone extracôtière du projet Hebron, telle que définie dans le présent document, englobe la région entourant l'unité Hebron, tel qu'illustré à la Figure 1-2.

1.2 Les promoteurs du Projet

Les promoteurs du projet Hebron ont des intérêts participatoires pour chacune des SDL constituant l'unité Hebron. Les propriétaires du Projet, ainsi que leurs part respectives au sein du projet Hebron sont présentés au Tableau 1-1.

Tableau 1-1 Parts des propriétaires

Propriétaires	Participation (%)
ExxonMobil Canada Properties	36,0
Chevron Canada Limited	26,7
Petro-Canada Hebron Partnership	22,7
Statoil Canada Ltd.	9,7
Nalcor Energy – Oil and Gas Inc.	4,9

Pour obtenir des informations complémentaires au sujet du projet Hebron, il est possible de s'adresser aux personnes-ressources suivantes :

Geoff Parker
Directeur principal de projet
Hebron Project Office
215 Water Street, Suite 701
St. John's, NL, A1C 5K4

James E. O'Reilly
Directeur, Environnement et réglementation
Hebron Project Office
215 Water Street, Suite 701
St. John's, NL, A1C 5K4

1.3 Contexte réglementaire

Les activités d'exploitation et de mise en valeur pétrolière et gazière dans la zone extracôtière de Terre-Neuve-et-Labrador sont réglementées et assujetties à la *Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada - Terre-Neuve* (S.C. 1987, c.3) et la *Canada-Newfoundland and Labrador Atlantic Accord Implementation Newfoundland and Labrador Act* (R.S.N.L. 1990, c. C-2) (loi d'application de l'Accord atlantique Canada-Terre-Neuve). Conformément à la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE), l'Office Canada-Terre-Neuve-et-Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE) et les autres autorités responsables (AR) sont tenues d'effectuer une évaluation environnementale d'un projet proposé avant que les autorisations, les permis et les licences nécessaires ne puissent être délivrés. En vertu de l'article 5 de la LCEE, une évaluation environnementale du présent projet est obligatoire du fait que :l'OCTLHE peut délivrer un permis ou une licence en vertu de l'alinéa 139(4)(a) ou de l'alinéa 138(1)(b) de la *Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada - Terre-Neuve*; Environnement Canada peut délivrer un permis ou une licence en vertu du paragraphe 127(1) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*; Pêches et Océans Canada (MPO) peut délivrer un permis ou une licence en vertu du paragraphe 35(2) de la *Loi sur les pêches*; Industrie Canada(IC) peut délivrer un permis ou une licence en vertu de l'alinéa 5(1)(f) de la *Loi sur la radiocommunication* et Transports Canada (TC) peut délivrer une autorisation en vertu de l'article 5, Partie 1, de la *Loi sur la protection des eaux navigables (LPEN)*.

En application de la LCEE, le *Règlement sur la liste d'étude approfondie* prescrit la réalisation d'une évaluation environnementale de type étude approfondie pour les projets extracôtiers d'Exploitation pétrolière et gazière. Conformément aux lois d'application de l'Accord atlantique Canada-Terre-Neuve, les promoteurs de projet extracôtier de mise en valeur d'hydrocarbures sont tenus de soumettre une demande de mise en valeur. La réalisation d'une étude d'impact environnemental (EIE) constitue une partie intégrante obligatoire de cette demande. Le rapport d'étude approfondie (REA) permet de répondre à l'exigence demandant qu'un document d'appui à l'EIE soit présenté. En conséquence, cette évaluation environnementale du projet Hebron répondra aux exigences de la LCEE et des lois de l'Accord atlantique.

L'OCTLHE et l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (l'ACCE) ont instauré un processus harmonisé et unique en vue de tenir compte des exigences de l'évaluation environnementale pour les projets extracôtier d'exploitation pétrolière et gazière. L'évaluation environnementale du projet Hebron sera effectuée en vertu de ce processus harmonisé.

L'OCTLHE et les ministères et organismes fédéraux suivants ont montré un intérêt dans le Projet, et participeront à l'examen fédéral du Projet proposé comme suit :

- L'OCTLHE est investi de responsabilités réglementaires et législatives en vertu de la *Loi de mise en œuvre de l'Accord atlantique Canada — Terre-Neuve* et, en application de la LCEE, est une autorité responsable(AR). L'OCTLHE peut avoir en sa possession des connaissances ou des informations provenant de spécialistes ou d'experts sur le Projet et devra, sur demande, mettre ces informations ou ces connaissances à la disposition des AR
- Le MPO est investi de responsabilités réglementaires et législatives en vertu de la *Loi sur les pêches* et, en vertu de la LCEE, est une AR. MPO peut avoir en sa possession des connaissances ou des informations provenant de spécialistes ou d'experts sur le Projetet devra, sur demande, mettre ces informations ou ces connaissances à la disposition des AR
- TC est investi de responsabilités réglementaires et législatives en vertu de la *Loi sur la protection des eaux navigables (LPEN)* et, en application de la LCEE, est une AR. Transports Canada peut avoir en sa possession des connaissances ou des informations provenant de spécialistes ou d'experts sur le Projetet devra, sur demande, mettre ces informations ou ces connaissances à la disposition des AR
- Environnement Canada est investi de responsabilités réglementaires et législatives en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999* (LCEE 1999) et, en application de la LCEE, est une AR. Environnement Canada peut avoir en sa possession des connaissances ou des informations provenant de spécialistes ou d'experts sur le Projetet devra, sur demande, mettre ces informations ou ces connaissances à la disposition des AR

- Industrie Canada est investie de responsabilités réglementaires et législatives en vertu de la *Loi sur la radiocommunication* et, en application de la LCEE, est une AR
- Ressources naturelles Canada et Santé Canada sont des autorités fédérales en vertu de la LCEE et peuvent avoir en leur possession des connaissances ou des informations provenant de spécialistes ou d'experts sur le Projet (autorités fédérales expertes) et devront, sur demande, mettre ces informations ou ces connaissances à la disposition des AR

L'Agence canadienne de l'évaluation environnementale (l'ACEE) est investie de responsabilités administratives et consultatives en vertu de la LCEE et en appui à l'évaluation environnementale. L'ACEE agira comme gestionnaire de l'évaluation environnementale, comme coordonnatrice des consultations de la Couronne pour l'évaluation environnementale du Projet, et coordonnera, dans la mesure du possible, les suggestions relatives à l'examen entrepris conformément aux lois de l'Accord atlantique.

Le Bureau de gestion de grands projets est investi de responsabilités administratives et consultatives en vertu de la *directive du Cabinet sur l'amélioration du rendement du système de réglementation pour les grands projets de ressources* et le protocole d'entente connexe. Le Bureau de gestion de grands projets exercera une surveillance et fournira des conseils pendant toute la durée de l'examen fédéral du Projet pour veiller au respect des normes de service ainsi que des rôles et responsabilités de toutes les parties concernées. Le Bureau de gestion de grands projets procèdera, en outre, à des interventions sélectives pour aider à relever les défis identifiés et, en collaboration avec les parties, assumera un rôle de surveillance tout au long de l'examen fédéral pour ce qui est de l'engagement et de la consultation relative aux autochtones.

Le ministère de l'Environnement et de la Conservation de Terre-Neuve-et-Labrador (NLDEC) exige un plan de protection de l'environnement (PPE) pour le site de Bull Arm. Ce PPE sera soumis au NLDEC pour approbation par EMCP en 2010.

Un programme d'aide financière aux participants qui appuie les particuliers et les organisations sans but lucratif intéressés à participer à certain types d'évaluations environnementales fédérales. L'ACEE octroiera un montant total de 30 000 $ en aide financière aux participants, si cette évaluation environnementale particulière devait se poursuivre sous forme d'étude approfondie. L'agence a émis un avis portant sur la disponibilité de l'aide financière en liaison avec l'annonce de l'AR sur la période de commentaires indiquée dans le document d'orientation. La date limite pour la présentation des demandes était le 22 mai 2009 et aucune demande n'a été reçue.

Les AR doivent aussi formuler des recommandations au ministre de l'Environnement à savoir si l'évaluation environnementale devrait se poursuivre sous forme d'étude approfondie ou si elle devrait être référée à un médiateur ou à une commission d'examen. Ce rapport, appelé Rapport de suivi d'évaluation environnementale, a été émis conjointement le 18 juin 2009. Les AR, en consultation avec L'ACEE et les autorités fédérales

expertes et, en ayant tenu compte des observations reçues du public, ont conclu qu'une étude approfondie répond efficacement aux questions soulevées par le projet proposé et ont recommandé que l'évaluation environnementale se poursuive sous cette forme.

En tenant compte du paragraphe 21(2) du rapport et des recommandations formulées, le ministre de l'Environnement doit décider s'il référera le projet aux AR afin de poursuivre le processus d'étude approfondie, ou s'il référera le projet à un médiateur ou à une commission d'examen. Si le ministre de l'Environnement décide que le projet doit se poursuivre sous forme d'étude approfondie, le projet ne pourra plus être renvoyé à un médiateur ou à une commission d'examen à une date ultérieure. Le 22 juillet 2009, le ministre de l'Environnement a annoncé que l'évaluation du projet se poursuivrait sous la forme d'une étude approfondie. Sur la base de cette décision, le processus d'évaluation environnementale s'est poursuivi au moyen d'une étude approfondie réalisée sous la coordination des AR. Dans le cadre de ce projet, les AR ont délégué la préparation du REA (le présent rapport) au promoteur. Des occasions de participer ont été offertes et le seront à nouveau au cours du processus d'étude approfondie.

Les consultations menées à ce jour dans le cadre de la préparation de l'étude approfondie sont détaillées au Chapitre 5. EMCP continuera à maintenir un dialogue libre avec tous les intervenants ayant des questions ou des préoccupations. Des rencontres régulières sont prévues avec l'industrie de la pêche et les organisations non-gouvernementales.

1.4 Objectif du rapport d'étude approfondie

Ce REA a été préparé dans le contexte du document d'orientation *Hebron Development Project Canadian Environmental Assessment Act Scoping Document* (anglais, juin 2009), et pour satisfaire aux exigences réglementaires visant à évaluer l'importance des effets environnementaux potentiels et à réduire les effets environnementaux négatifs résultant du Projet en vertu de la LCEE et des lois de l'Accord atlantique. Le présent rapport tient compte des exigences d'une évaluation environnementale sous la forme d'une étude approfondie conformément à la LCEE et à l'étude d'impact environnemental (EIE) du *Development Plan Guidelines* (2006) de l'OCTLHE.

1.5 Portée du projet

La portée du projet est définie par les composantes des réalisations proposées liées à des ouvrages, ou des activités concrètes proposées non liées à des ouvrages qui sont considérés comme faisant partie du projet aux fins de l'évaluation environnementale (ACEE, 2006).

La portée du Projet comprend une combinaison de travaux et d'activités qui auront lieu dans les zones côtières et extracôtières et qui sont nécessaires dans le cadre de la construction et de l'exploitation d'un système de production pétrolière et d'installations connexes. En application de l'article 15

de la LCEE, les AR ont en conséquence convenu que la portée du projet proposé comprend les composantes suivantes, aux fins de la préparation de ce REA.

1.5.1 Composantes et zone côtière du projet

Les activités du Projet ayant lieu dans le milieu marin ou ayant une incidence sur le milieu marin de la zone côtière peuvent comprendre :

a) Le dragage et la construction d'un merlon de protection marin pour la cale sèche dans l'anse Great Mosquito (les activités connexes peuvent comprendre :le battage de pieux/la pose de palplanches, le dragage, le dynamitage, l'injection de coulis, l'assèchement de la cale sèche, l'immersion en mer des matériaux du merlon de protection)
b) La construction de la SEP en cale sèche
c) La construction de points d'amarrage supplémentaires ou de points d'amarrage renforcés au site en eau profonde (les activités peuvent comprendre la pose et le raccordement de chaînes)
d) Le déclassement du merlon de protection et la mise à l'eau de la SEP à destination du site en eau profonde
e) L'achèvement de la construction de la SEP au site en eau profonde et le raccordement de la SEP aux composants des unités de surface et des activités connexes (peut inclure le ballastage de matières solides)
f) Le raccordement et la mise en service des modules d'installations de surface avec la SEP au chantier en eau profonde de Bull Arm
g) Le remorquage de la plate-forme à son emplacement extracôtier à travers la baie de la Trinité (des activités de dragage seront peut-être nécessaires avant le remorquage)
h) L'utilisation de véhicules de service associés aux activités susmentionnées, y compris, les navires de charges lourdes, les navires liés à la construction, les navires de ravitaillement, les hélicoptères, les remorqueurs, les barges
i) Les études connexes à toutes les activités susmentionnées, à savoir : les levés effectués à l'aide d'engins télécommandés (ROV), les programmes de plongée, les programmes géotechniques, géophysiques et géologiques, les études environnementales

1.5.2 Composantes du projet – zone extracôtière du projet

Les activités du Projet se déroulant dans la zone extracôtière ou ayant une incidence sur le milieu marin dans cette zone peuvent comprendre :

a) Le remorquage de la plate-forme au site extracôtier
b) Les levés au site extracôtier et les études relatives aux dégagements
c) L'installation de la plate-forme à son emplacement extracôtier (peut comprendre des activités de préparation du site comme le dragage d'une zone à dégager, le nivellement du fond marin, l'injection de coulis dans une couche de liaison, le ballastage de solides au large, les sabots et les points d'amarrage ainsi que la pose de roches contre l'affouillement sur le fond marin)

d) La mise en service de la plate-forme
e) L'exploitation, la production, l'entretien, les modifications, le déclassement de l'installation de production pétrolière de la plate-forme
f) Les opérations de forage (forage d'exploration et de production) d'un maximum de 52 puits dans la SEP, comprenant des essais de puits, des complétions de puits, des reconditionnements et des enregistrements chronologiques de données
g) La construction, l'installation, l'exploitation et l'entretien d'un système de chargement extracôtier (OLS) (peut comprendre des activités de dragage, de battage de pieux, d'installation et d'isolement du tube prolongateur et du système de chargement extracôtier (OLS) (déversement d'amas rocheux, matelas de béton)
h) Les activités de soutien, comprenant des programmes de plongée et l'utilisation de véhicules de service associés aux activités susmentionnées, soit : des navires de dragage, des pétroliers-navettes, connexion/déconnexion des pétroliers-navettes à l'OLS, des unités mobiles de forage en mer (UMFM), le ravitaillement de la plate-forme et des navires et hélicoptères de réserve
i) Les études connexes relatives à toutes les activités susmentionnées, notamment : les levés effectués à l'aide d'engins télécommandés (ROV), les programmes géotechniques et géophysiques [(ex. : acquisitions des données sismiques en 2D/3D/4D, profils sismiques verticaux (PSV), études des géorisques et levés des emplacements de puits], les programmes géologiques, les études environnementales (y compris, les études portant sur les icebergs)

1.5.3 Possibilités d'expansion

a) La construction et l'abandon/le déclassement d'un maximum de quatre unités de forage excavées au champ Hebron peuvent comprendre l'immersion des matériaux de dragage dans un ou plusieurs emplacements extracôtiers
b) L'installation, l'exploitation et l'entretien, l'abandon/le déclassement de l'infrastructure sous-marine dans les unités de forage excavées
c) La construction (terrassement, excavation, recouvrement ou dépôt de déblais), l'installation, l'entretien, la protection et l'abandon/le déclassement des conduites d'écoulement sous-marines et des raccordements sous-marins à la SEP
d) Les opérations de forage d'une ou plusieurs unités mobiles de forage en mer (UMFM)
e) Les activités de soutien, comprenant des programmes de plongée, les levés effectués à l'aide d'engins télécommandés (ROV)et l'utilisation de véhicules de service associées aux activités mentionnées ci-dessus, soit : des navires de dragage, des unités mobiles de forage en mer (UMFM), le ravitaillement de la plate-forme et des navires et hélicoptères de réserve
f) Les programmes sismiques (levés 2D/3D/4D) et autres activités géotechniques ou géophysiques [sondages du profil sismique vertical (PSV), études des géorisques et levés des emplacements de puits].

1.6 Organisation du document

Le présent rapport d'étude approfondie (REA) s'articule autour des chapitres suivants :

- Chapitre 1 – Introduction : ce chapitre fournit une description des zones côtières et extracôtières du Projet, identifie les promoteurs du Projet, indique le contexte réglementaire et l'objectif de la présente évaluation environnementale, précise la portée du Projet et de ses composantes côtières et extracôtières et décrit l'organisation du présent rapport d'étude approfondie (REA)
- Chapitre 2 – Description du Projet : ce chapitre présente les raisons justificatives et la nécessité du Projet, discute des solutions de rechange au Projet, indique et évalue les options au sein du Projet et explique en détail le concept préféré du Projet en matière de construction dans les zones côtière et extracôtières du Projet et en matière d'exploitation, d'entretien et de déclassement dans la zone extracôtière du Projet et discute de développements futurs potentiels
- Chapitre 3 – Désignation de l'environnement physique : ce chapitre décrit la composition de l'environnement physique côtier et extracôtier, y compris les milieux atmosphériques et océaniques, les vents et les vagues extrêmes, les glaces de mer et les icebergs, les conditions géotechniques et géologiques ainsi que les changements climatiques
- Chapitre 4 –Méthodes d'évaluation environnementale : ce chapitre apporte des précisions sur la portée de l'évaluation environnementale et sur la portée des facteurs à tenir compte dans cette évaluation. Il fournit, en outre, une méthode en neuf étapes servant à évaluer les effets environnementaux du Projet par rapport aux composantes valorisées de l'écosystème (CVE) identifiées
- Chapitre 5 – Consultations : ce chapitre fournit des précisions sur les consultations menées à l'appui du REA, notamment les consultations auprès du public, les rencontres avec les ministères et les organismes gouvernementaux, les autres méthodes de consultation employées, les présentations au média, le pistage et l'utilisation du site Web et des télécommunications du Projet
- Chapitre 6 – Qualité de l'air : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposées et évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur la qualité de l'air
- Chapitre 7 – Poissons et habitats du poisson : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposées et évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances)sur les poissons et leurs habitats

- Chapitre 8 – Pêche commerciale : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposées et évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur la pêche commerciale
- Chapitre 9 – Oiseaux marins : ce chapitre décrit **l**'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposéeset évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur les oiseaux marins
- Chapitre 10 – Mammifères marins et tortues de mer : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposéeset évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur les mammifères marins et les tortues de mer
- Chapitre 11 – Espèces en péril : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposéeset évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur les espèces en péril
- Chapitre 12 – Zones vulnérables ou spéciales : ce chapitre décrit l'environnement existant, les interactions potentielles, les mesures d'atténuation proposéeset évalue les effets environnementaux potentiels du Projet (y compris les effets environnementaux cumulatifs, les accidents et les défaillances) sur les zones vulnérables
- Chapitre 13 – Effets de l'environnement sur le Projet : ce chapitre décrit les effets potentiels de l'environnement sur le Projet dans les zones côtières et extracôtières, notamment la bathymétrie, les vents, les vagues et les courants, les tsunamis, les marées, les niveaux d'eau et l'onde de tempête, la température océanique, les géorisques et les changements climatiques, ainsi que les mesures d'atténuation qui seront appliquées
- Chapitre 14 – Événements de déversement accidentel d'hydrocarbures : ce chapitre indique les probabilités de déversement d'hydrocarbures et les résultats des modélisations de trajectoires de déversements d'hydrocarbures côtiers ou extracôtiers, ainsi que les plans d'urgence en cas de déversement d'hydrocarbures (ou autre événement accidentel)
- Chapitre 15 – Suivi et surveillance : ce chapitre fournit le cadre des programmes de suivi (notamment la surveillance des effets environnementaux) et la conformité environnementale qui sera mise en œuvre dans le cadre du présent Projet, ainsi que la validation de l'évaluation environnementale
- Chapitre 16 – Gestion de l'environnement : ce chapitre détaille les procédures de gestion environnementales qu'EMCP appliquera pour le projet Hebron
- Chapitre 17 – Sommaire et conclusions : ce chapitre fournit les conclusions de l'effet du Projet découlant de l'évaluation des effets environnementaux

- Chapitre 18 - Références : ce chapitre présent les communications personnelles qui ont eu lieu et les documents cités qui ont été utilisés pour préparer le REA
- Chapitre 19 - Glossaire, acronymes et abréviations: ce chapitre fournit des définitions de mots cléf, d'acronymes et d'abréviations

TABLE DES MATIÈRES

2 DESCRIPTION DU PROJET 2-1

2.1 Nécessité et justification du projet 2-1

2.2 L'actif d'Hebron 2-2

2.3 Alternatives au projet proposé 2-4

2.4 Autres méthodes de réalisation du projet : Choix du concept 2-5

2.4.1 Autres méthodes de développement extracôtier 2-5

2.4.1.1 Raccordement à Hibernia 2-5

2.4.1.2 UFPSDE à têtes de puits sous-marines 2-6

2.4.1.3 UFPSDE à structure à embase-poids en tête de puits 2-7

2.4.1.4 Structure à embase-poids (SEP) 2-8

2.4.2 Autres moyens de construction côtière 2-10

2.5 Concept privilégié: Projet Hebron 2-10

2.6 Concept et dessin du projet Hebron 2-10

2.6.1 Concept du projet Hebron 2-10

2.6.2 Critères de conception du projet Hebron 2-14

2.6.3 Systèmes de structure à embase-poids 2-16

2.6.4 Systèmes des unités supérieures 2-17

2.6.4.1 Installations de forage 2-17

2.6.4.2 Systèmes de traitement 2-20

2.6.4.3 Gestion de l'eau produite 2-23

2.7 Échéancier du projet 2-30

2.8 Projet Hebron: Construction et Installation 2-31

2.8.1 Anse de Great Mosquito: Construction de la cale sèche 2-31

2.8.2 Construction de la structure à embase-poids dans la cale sèche 2-33

2.8.3 Construction sur le site en eau profonde 2-35

2.8.4 Fabrication et assemblage des unités supérieures 2-38

2.8.5 Assemblage mise en service des unités supérieures 2-38

2.8.6 Préparation du site extracôtier 2-40

2.8.7 Remorquage de la plate-forme et installation en mer 2-40

2.8.8 Construction et installation du système de chargement extracôtier 2-41

2.9 Opérations du projet Hebron 2-42

2.9.1 Opérations de production et d'entretien 2-42

2.9.2 Assistance opérationnelle 2-43

2.9.3 Soutien logistique et autres assistances 2-44

2.9.4 Communications 2-45

2.9.5 Expédition et transport 2-46

2.9.6 Reconnaissances et travaux sur le terrain 2-47

2.9.6.1 Reconnaissances sismiques 2-47

2.9.6.2 Reconnaissances de risques géologiques 2-48

2.9.6.3 Reconnaissances géotechniques 2-48

2.9.6.4 Reconnaissances de profils sismiques de puits 2-49

2.9.6.5 Reconnaissances environnementales 2-50

2.10 Démantèlement et abandon 2-50

2.11 Possibilités d'expansion 2-50

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 2-1 Coupe transversale de l'actif d'Hebron 2-3
Figure 2-2 Raccordement à Hibernia 2-6
Figure 2-3 Unité flottante de production, stockage et déchargement extracôtier et infrastructure sous-marine 2-7
Figure 2-4 Unité flottante de production, stockage et de déchargement extracôtier à structure à embase-poids en tête de puits (SEPTP) 2-8
Figure 2-5 Schéma préliminaire de développement de la structure à embase-poids autonome 2-9
Figure 2-6 Schéma d'une structure à embase-poids 2-11
Figure 2-7 Schéma des unités supérieures 2-12
Figure 2-8 Configuration du tuyau de déchargement 2-13
Figure 2-9 Emplacement de l'équipement de déchargement direct de la plate-forme 2-14
Figure 2-10 Échéancier de développement du projet Hebron 2-30
Figure 2-11 Schéma de construction d'une structure à embase-poids 2-35
Figure 2-12 Exemple d'intégration des unités supérieures de Hebron à la structure à embase-poids 2-39
Figure 2-13 Itinéraires de transport s'appliquant au champ de Hebron 2-47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 Résumé de l'analyse des autres méthodes de réalisation du projet montrant la détermination des risques 2-10
Tableau 2-2 Caractéristiques du projet Hebron 2-15
Tableau 2-3 Estimation des volumes de déblais de forage 2-19
Tableau 2-4 Durées maximales estimées du projet Hebron 2-31
Tableau 2-5 Activités potentielles et rejets/émissions potentielles de déchets pendant la construction de la cale sèche 2-32
Tableau 2-6 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la construction sur le site en eau profonde 2-37
Tableau 2-7 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant le remorquage de la plate-forme d'Hebron et son installation 2-41
Tableau 2-8 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la construction et l'installation du complexe de chargement extracôtier 2-42
Tableau 2-9 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la production 2-43

2 DESCRIPTION DU PROJET

Ce chapitre décrit les qualités du projet et traite de l'examen des alternatives au projet menant à la stratégie de développement préférée depuis la construction jusqu'aux opérations de démantèlement et d'abandon. Un échéancier du projet est également fourni.

2.1 Nécessité et justification du projet

Le projet Hebron contribuera de façon importante au développement économique de Terre-Neuve et du Labrador ainsi que du Canada. Le projet Hebron sera le quatrième projet de développement de champ pétrolier au large de Terre-Neuve et du Labrador. Il contribuera ainsi à l'industrie pétrolière polyphasée en mer dans la province. De façon particulière, le projet apportera des avantages substantiels à travers divers programmes, des perspectives d'emplois et de formation, des occasions d'affaires pour la communauté locale, des opportunités de recherche et de développement, élargissant d'autant les capacités industrielles de la province.

En 2008, les promoteurs du Projet et la province signèrent un accord de prestations. Par le biais de cet accord, le projet Hebron a pris des engagements significatifs envers les citoyens et le gouvernement de la province pour les travaux d'ingénierie, les programmes pour la diversité, l'éducation et la formation, la recherche et le développement ainsi que la construction et la fabrication dans la province.

Le projet s'est engagé à fournir un nombre important d'heures de travail à Terre-Neuve et au Labrador pendant une période de six ans prévue pour la conception, la fabrication et la construction, incluant la gestion locale du projet, l'ingénierie et la conception initiale, la conception détaillée et la construction de la structure à embase-poids (SEP), ainsi que des emplois supplémentaires pendant la construction des modules d'unités supérieures.

Pendant la phase d'opération, des opportunités d'emplois seront créées dans des domaines tels que la logistique, l'ingénierie et le soutien technique, le forage et la production, les navires d'assistance extracôtiers (hélicoptères, navires de ravitaillement, pétroliers), l'approvisionnement et tout support similaire sur terre. Ces créations d'emploi durant la construction et les opérations développeront de façon plus poussée les capacités des compagnies et des individus de Terre-Neuve et du Labrador travaillant sur le projet et ainsi permettront à ces gens de développer localement leurs capacités à compétitionner lors de futures occasions à l'échelle internationale.

Au cours de ses opérations, le projet apportera également au gouvernement provincial des revenus substantiels par le biais d'impôts aux sociétés et de paiements de redevances. S'il est autorisé, le projet Hebron prolongera l'existence de l'industrie pétrolière extracôtière à Terre-Neuve et au Labrador. Il représente la prochaine étape importante dans le développement d'une industrie pétrolière extracôtière durable à Terre-Neuve et au Labrador.

2.2 L'actif d'Hebron

L'actif d'Hebron est composé de quatre intervalles de réservoirs organisés en plusieurs blocs de failles normales limitées par des failles. La partie centrale qui est soulevée (horst) représente le champ Hebron, alors que les parties affaissés (graben) situés au nord-est sont les champs Ben Nevis Ouest et Ben Nevis. Le bloc de faille effondré au sud-ouest forme le graben sud-ouest (figure 2-1). Les quatre unités stratigraphiques représentent la formation Jeanne d'Arc du Jurassique supérieur, ainsi que les formations Hibernia, Avalon et Ben Nevis du Crétacé inférieur.

Les quatre réservoirs empilés verticalement et les multiples blocs de faillecontribuent à la complexité des nombreuses colonnes d'hydrocarbures qui ont divers points de contact avec l'actif d'Hebron. Pour simplifier la communication, l'actif d'Hebron est actuellement divisé en cinq gisements principaux (bien qu'il existe d'autres formations pétrolifères) . Les gisements, illustrés à la figure 2-1, sont définis comme suit:

- Gisement 1: Champ d'Hebron, réservoir de Ben Nevis, comprenant le bloc de faille pénétré par les puits D-94 et M-04 et le bloc de faille pénétré par le puits I-13 ;
- Gisement 2: Champ de Ben Nevis Ouest, réservoir de Ben Nevis, pénétré par le puits B-75 ;
- Gisement 3: Champ de Ben Nevis Ouest, réservoir d'Avalon, rencontré dans le puits B-75 et le champ de Ben Nevis, réservoir de Ben Nevis, rencontré dans les puits L-55 et I-45 ;
- Gisement 4: Champ d'Hebron, réservoir de Jeanne d'Arc, incluant les sables pétrolifères distincts B, D, G et H, rencontrés dans les puits I-13 et M-04 ; et
- Gisement 5: Champ d'Hebron, réservoir d'Hibernia, rencontré dans les puits I-13 et M-04.

Le réservoir de Ben Nevis du champ Hebron (gisement 1) est au cœur du projet Hebron et devrait produire environ 80% du pétrole brut du projet. Toutefois, le brut de densité 20° API, contenu dans ce réservoir, représente certains défis de production car sa viscosité peut être 10 à 20 fois supérieure à celle de l'eau.

Les réservoirs Jeanne d'Arc et Hibernia du champ Hebron (gisements 4 et 5) font également partie du projet Hebron. Par rapport au gisement Ben Nevis-Hebron, les réservoirs de Jeanne d'Arc et d'Hibernia contiennent un pétrole de meilleure qualité. Cependant, la qualité des réservoirs eux-mêmes est moindre étant donné leur enfouissement et leur cimentation de plus grande profondeur. La formation Jeanne d'Arc est doté d'un réservoir de qualité inférieure à celui de la formation Jeanne d'Arc du champ Terra Nova, tout comme la formation Hibernia à Hebron et doté d'un réservoir de qualité inférieure à celui de la formation Hibernia du champ Hibernia.

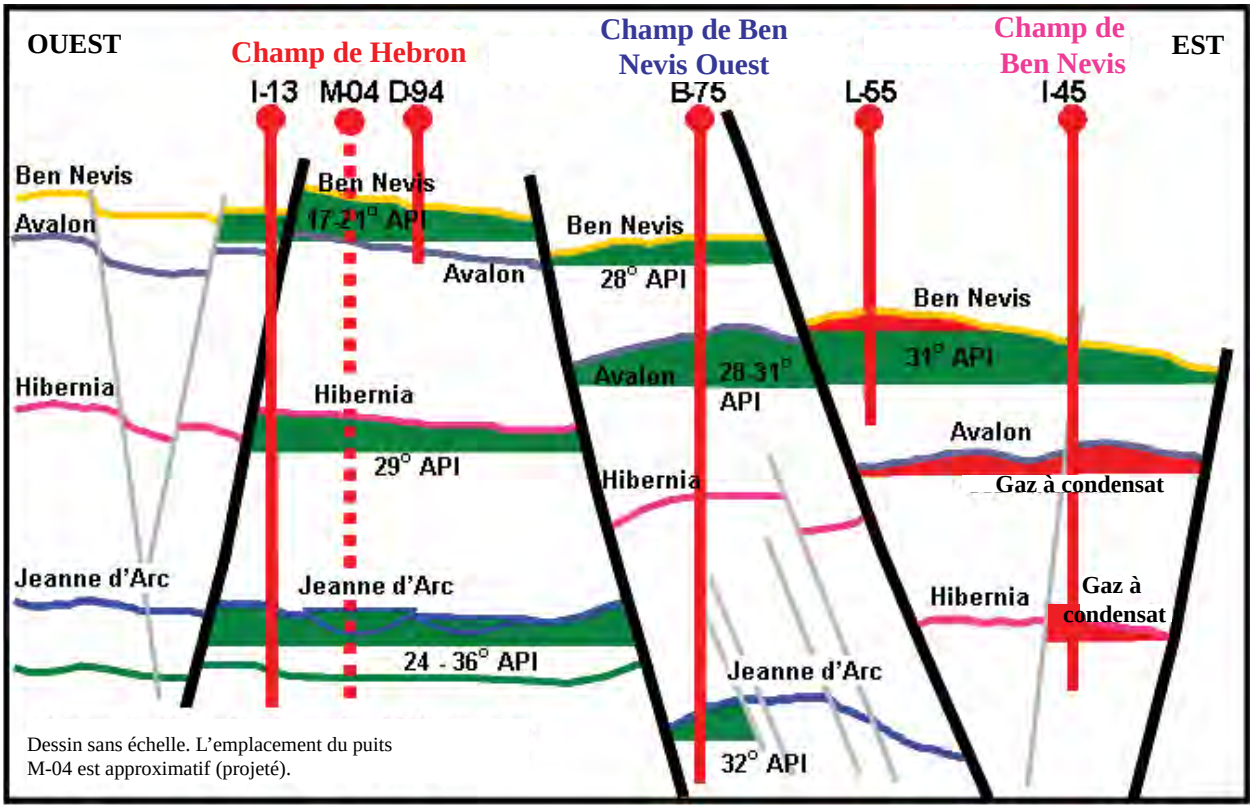


Figure 2-1 Coupe transversale de l'actif d'Hebron

Une stratégie de déclin a été développée pour chacun des réservoirs dans la zone du projet Hebron. La stratégie de déclin a pour but de créer un équilibre entre la valeur économique, l'atténuation des risques et la souplesse générale développement afin de permettre une gestion efficace des réservoirs sur la durée de vie du champ. Tous les réservoirs de l'actif d'Hebron sont évalués en fonction du risque associé à la performance de production.

La phase développement initiale consiste à développer les ressources en huile des réservoirs de Ben Nevis, Hibernia et Jeanne d'Arc H et B dans le champ Hebron et à entreposer le gaz, soit dans le réservoir de Ben Nevis (champ de Hebron) ou dans le réservoir de Ben Nevis (champ de Ben Nevis Ouest). L'injection d'eau est planifiée comme étant le mécanisme de drainage primaire pour le champ Hebron afin d'améliorer la récupération globale des hydrocarbures. Les prévisions de récupération cumulative d'hydrocarbures pour la phase de mise en valeur initiale, suivant une période de production de 30 ans, varient de 87 Mm^3 (548 Mbp) à 140 Mm^3 (883 Mbp) pour les 41 puits prévus.

En plus de la phase de mise en valeur initiale, il existe une possibilité de développement de gisements supplémentaires dans la zone du projet Hebron, selon les résultats des forages ultérieurs, des performances de production (des puits de l'exploitation initiale), des études, des puits d'évaluation, des données sismiques supplémentaires ou toute combinaison de ces facteurs. En anticipation d'un projet d'expansion éventuel, la structure à embase-poids (SEP) sera conçue avec 52 encoches de puits. Pour maximiser le développement des ressources, des encoches peuvent

ultérieurement être récupérées à des fins de réutilisation. Un projet d'expansion pourrait également consister en des raccordements sous-marins à partir des centres de forage sur le fond marin. La plate-forme disposera de suffisamment d'espace pour mettre en place des installations de production, des tubes « J » ou des tubes prolongateurs en prévision de cette future expansion. Par exemple, le réservoir Ben Nevis du champ Ben Nevis fait l'objet d'une évaluation à titre de futur développement sous-marin potentiel qui se raccorderait à la plate-forme Hebron prévue.

L'huile dans le réservoir principal de Ben Nevis du champ de Hebron contient une quantité relativement faible de gaz associé. Malgré cela, il est anticipé qu'au cours de la durée de vie d'exploitation de ce champ, le niveau de production de gaz excèdera temporairement la quantité de gaz utilisable pour améliorer la production d'huile. Un plan intégré est en cours d'élaboration pour s'assurer à la fois d'un usage efficace du gaz produit et d'un moyen de stockage et de conservation du gaz pendant les périodes temporaires d'excédent de production de gaz. Ultérieurement, au cours de l'existence du champ, le taux de production de gaz diminuera possiblement, de pair avec le déclin naturel de la production d'huile au fur et à mesure que la fraction d'eau augmente et que le gaz précédemment stocké est susceptible d'être soustrait pour fournir du carburant aux opérations de la plate-forme. Le plan de gestion du gaz tiendra compte d'un certain nombre de considérations, telles que:

- Utilisation de gaz associé lors de l'application d'une ascension artificielle aux puits producteurs d'huile
- Besoins en carburant qui varient avec le temps
- Temps d'arrêt associé au brûlage du gaz (non continu)
- Emplacement(s) souterrain(s) éventuel(s) pour le stockage de tout excédent temporaire de production de gaz
- Besoin potentiel de prélèvement de gaz préalablement stocké pour fournir du carburant aux opérations de la plate-forme
- Potentiel d'utilisation de gaz dans toute méthode de stimulation de la récupération d'huile dans la zone du projet Hebron en haute mer advenant que cette soit considérée comme étant viable d'un point de vue technique et commercial.
- Possibilité d'une production future de gaz commercial.

2.3 Alternatives au projet proposé

Comme l'exige l'article 16(2) (b) de la *Loi Canadienne sur l'Évaluation Environnementale* (LCEE), des alternatives au projet doivent être prises en compte dans le cadre du processus d'évaluation de l'étude approfondie. Il n'y a pas d'alternatives viables au projet au plan économique ou technique.

L'importance de chacun des effets environnementaux, y compris les événements de type accident, allant de pair avec le projet, est évaluée aux chapitres 6 à 12 de ce rapport d'étude approfondie (REA).

2.4 Autres méthodes de réalisation du projet : Choix du concept

2.4.1 Autres méthodes de développement extracôtier

La sélection du concept préféré pour le développement du projet Hebron inclut la prise en considération des effets environnementaux, de la sécurité, des fonds et du coût de sa réalisation, de sa fiabilité, de l'efficacité énergétique, de la constructibilité et du calendrier de construction. Quatre concepts possibles furent considérés en détail:

- Puits sous-marin raccordés à la plate-forme Hibernia;
- Unité flottante de production, stockage et de déchargement extracôtier (UFPSDE) conjointement à des têtes de puits sous-marines (tête de production en pleine eau), clarinettes, conduites d'hydrocarbures et tubes prolongateurs;
- UFPSDE conjointement à une structure à embase-poids en tête de puits (SEPTP); et
- Structure à embase-poids (avec ou sans alternative d'avant-forage).

2.4.1.1 Raccordement à Hibernia

Dans ce concept (Figure 2-2), des puits sous-marins seraient forés par une unité mobile de forage extracôtier (UMFM) au cours de l'existence du champ de Hebron. Des équipements sous-marins, y compris des installations de mesures, seraient installés dans deux centres de forage creusés, l'un pour les puits du niveau de Ben Nevis et un autre pour les puits d'Hibernia et de Jeanne d'Arc. Les fluides produits seraient livrés à la plate-forme Hibernia (à 31,5 km vers le nord) depuis les centres de forage creusés par deux chaînes isolées de production sous-marine multi-phases au moyen de pompes polyphasiques.

Les chaînes de production auraient la capacité d'effectuer le raclage en aller-retour. La puissance des pompes polyphasiques serait fournie par deux câbles électriques indépendants provenant de la plate-forme Hibernia. Deux câbles ombilicaux contrôleraient les puits sous-marins et les vannes d'isolement. La poussée de gaz vers les puits sous-marins serait fournie par la plate-forme Hibernia. L'injection d'eau serait fournie par la plate-forme Hibernia via une conduite d'injection d'eau. Toutes les conduites d'écoulement, câbles électriques et câbles ombilicaux seraient installés dans des tranchées afin de les protéger de l'action érosive des icebergs. Des modifications des systèmes de séparation, de compression, de génération d'électricité et d'injection d'eau de la plate-forme Hibernia seraient requises.

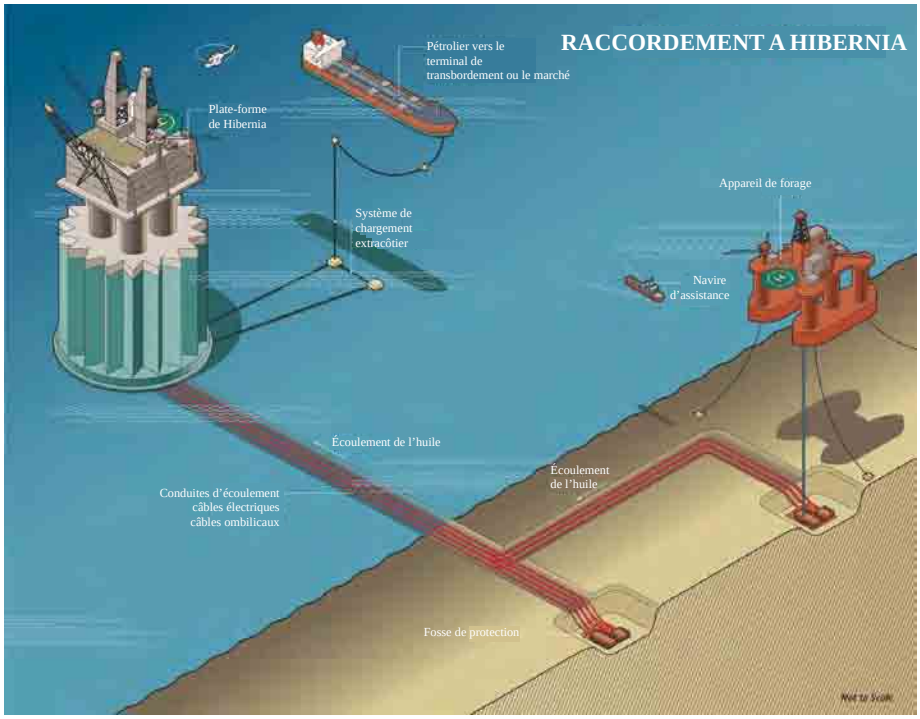


Figure 2-2 Raccordement à Hibernia

2.4.1.2 UFPSDE à têtes de puits sous-marines

Une UFPSDE (unité flottante de production, stockage et déchargement extracôtier) avec un concept de puits satellites sous-marins nécessiterait de forer en utilisant une unité mobile de forage extracôtier (UMFM) (Figure 2-3). Les puits sous-marins seraient positionnés dans des centres de forage creusés afin de les protéger de l'action érosive des icebergs. Les fluides de production seraient transférés vers l'UFPSDE par des conduites d'écoulement et des tubes prolongateurs souples.

L'UFPSDE serait munie d'une double coque et d'un double fond dont la capacité de stockage serait adéquate pour l'huile brute, de propulseurs (maintien du cap) et abriterait l'équipement de traitement de l'huile, de compression du gaz, de poussée de gaz, d'injection d'eau et autres commodités, y compris de génération d'électricité. Elle comporterait aussi des habitations pour loger le personnel des opérations et d'entretien. L'UFPSDE resterait immobilisée grâce à une tourelle interne (pouvant être déconnectée), ancrée sur le fond marin. Dans le cas du passage d'un iceberg ou d'une banquise dense, l'UFPSDE serait capable de se détacher et de quitter le champ. L'huile brute stabilisée serait stockée dans l'UFPSDE avant son chargement en tandem sur des pétroliers à coque renforcée (résistante à la glace), puis expédiée sur le marché ou dirigée vers le terminal de transbordement pétrolier de Terre-Neuve.

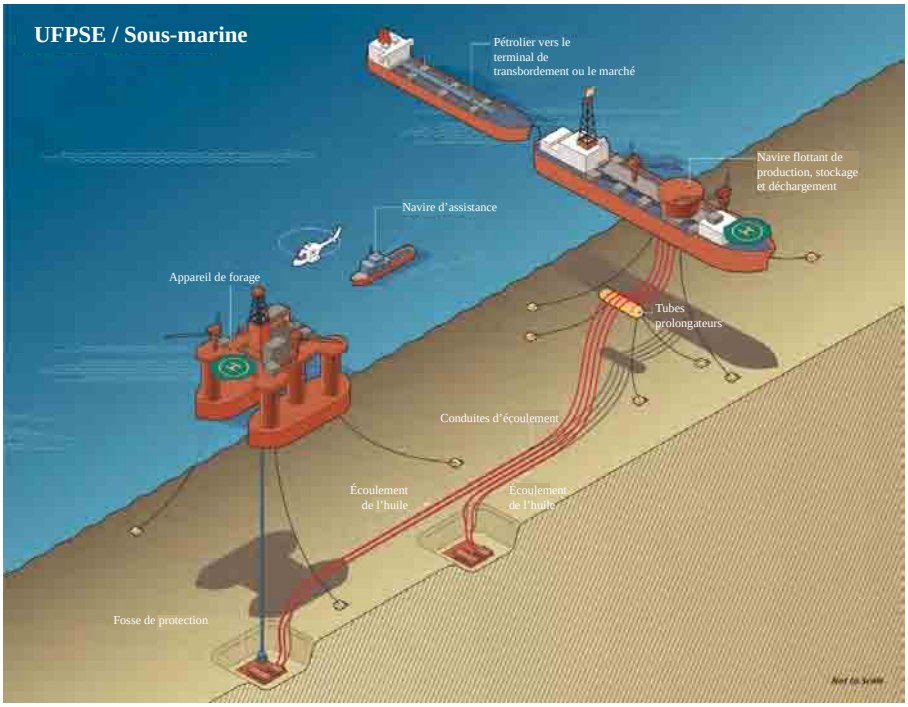


Figure 2-3 Unité flottante de production, stockage et déchargement extracôtier et infrastructure sous-marine

2.4.1.3 UFPSDE à structure à embase-poids en tête de puits

Ce concept requiert des puits forés à partir d'une tour unique en béton de type SEPTP utilisant une UMFM en mode d'assistance par une annexe (Figure 2-4). Tous les puits (productifs ou d'injection) seraient forés à partir de la SEPTP. La SEPTP serait construite et installée approximativement deux ans avant la mise en place de l'UFPSDE pour permettre la réalisation des forages exploratoires et donc, améliorer la montée en production.

La SEPTP serait configurée avec des unités supérieures à fonctionnement minimal permettant un traitement fonctionnel réduisant le personnel sur la structure. L'équipement de traitement sur la SEPTP serait limité à la collecte et aux essais sur puits à l'aide de compteurs polyphasiques. On limiterait les systèmes utilitaires notamment ceux qui impliquent du matériel rotatif. On utiliserait des conduites d'hydrocarbures passant dans des tranchées avec collecte par tubes prolongateurs pour relier la SEPTP à l'UFPSDE. L'injection d'eau, la poussée de gaz et l'électricité seraient fournies à la SEPTP par l'UFPSDE. L'expédition du pétrole serait prise en charge par des pétroliers à coque renforcée chargeant en tandem à la poupe de l'UFPSDE.

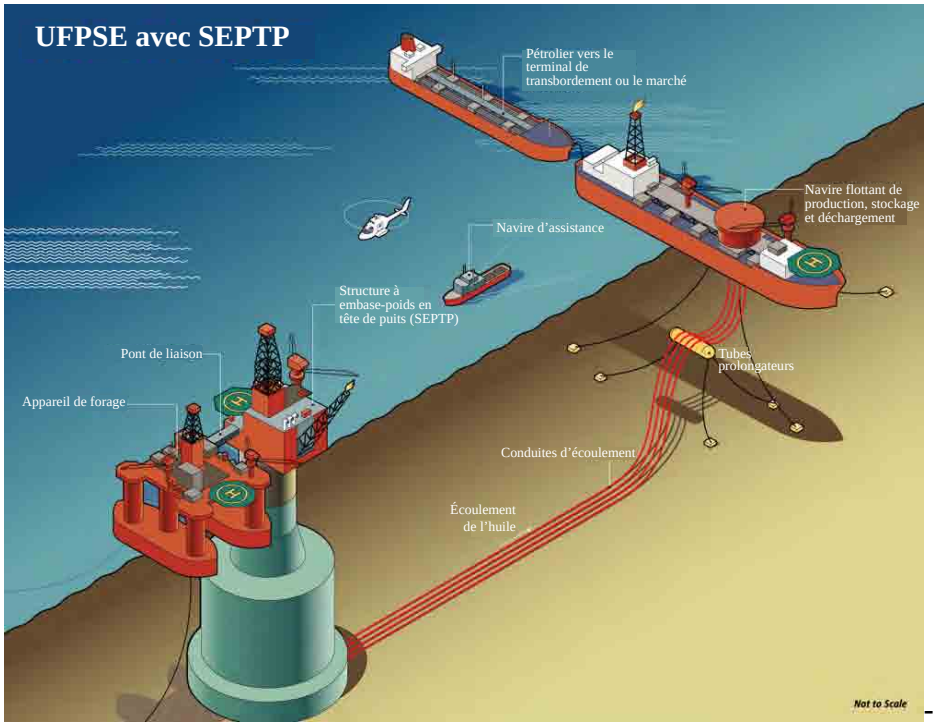


Figure 2-4 Unité flottante de production, stockage et de déchargement extracôtier à structure à embase-poids en tête de puits (SEPTP)

2.4.1.4 Structure à embase-poids (SEP)

Le concept d'installations de production de type structure autonome à embase-poids est semblable à celui d'Hibernia et comprend une SEP en béton munies d'unités supérieures (Figure 2-5). La SEP et les unités supérieures seraient construites séparément pour ensuite être joints sur un site à terre avant le remorquage et l'installation de la plate-forme au site d'Hebron.

Tous les puits (de production et d'injection) seraient forés à l'aide de l'appareil de forage de la plate-forme. Le pétrole traité serait stocké sur la plate-forme de Hebron avant le jaugeage de transfert et l'expédition subséquente. Un système de chargement extracôtier (SCE), équipé d'une conduite bouclée d'hydrocarbures et de deux points distincts de chargement, serait installé pour décharger le pétrole sur des pétroliers à coque renforcée en vue d'un transport.

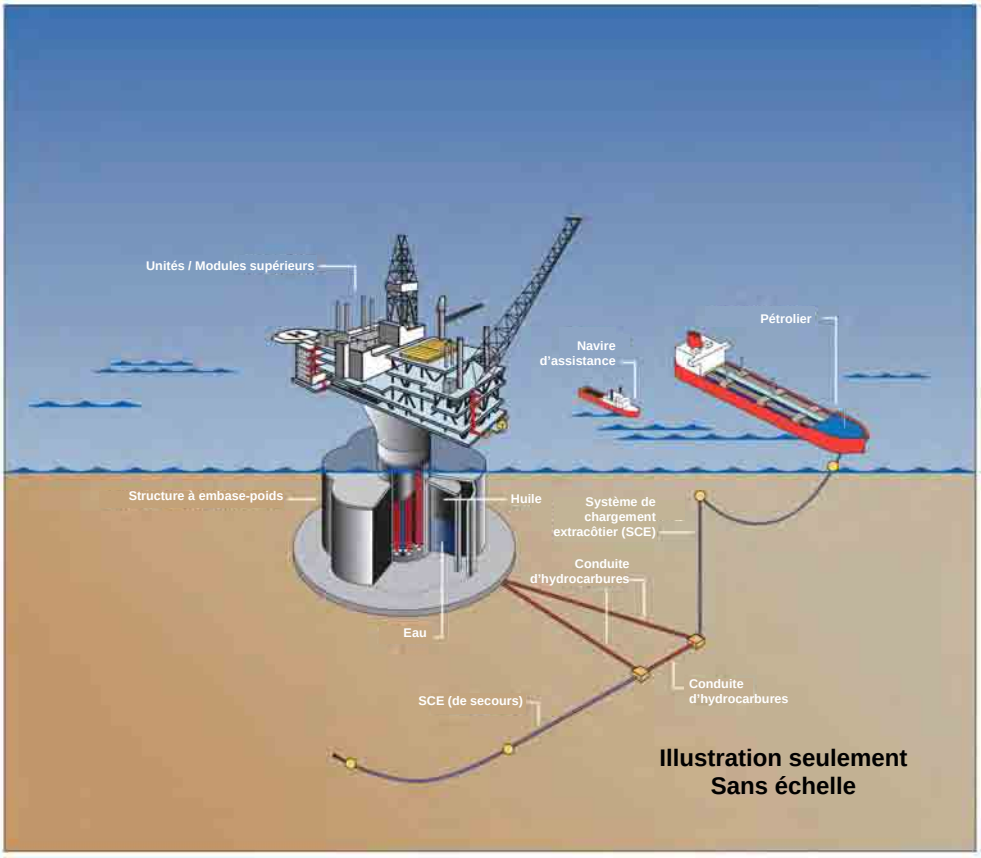


Figure 2-5 Schéma préliminaire de développement de la structure à embase-poids autonome

Alternative avec pré-forage

Dans le contexte d'une structure à embase-poids (SEP) autonome, une alternative avec pré-forage a été considérée, dans laquelle certains puits seraient forés avant l'arrivée de la plate-forme à travers un modèle de pré-forage.

Dans cette alternative avec pré-forage, une UMFM serait utilisée pour forer et compléter partiellement les puits de pré-démarrage avant l'installation de la plate-forme de Hebron. Toutefois, advenant que l'option avec pré-forage soit utilisée, les centres de forage ne seraient pas excavés car la plate-forme ne peut être installée au-dessus d'un centre de forage creusé. Les têtes de puits resteraient plutôt non protégées au-dessus du fond marin jusqu'à l'installation de la plate-forme sur les têtes de puits. Les déblais de forage, qu'ils soient à base d'eau ou de liquides non aqueux (LNA), seraient traités et rejetés par-dessus bord conformément aux directives de l'Office Canada-Terre-Neuve et Labrador des Hydrocarbures Extracôtiers (OCTLHE) (NEB *et al.,* 2010).

Une fois le pré-forage complété, la plate-forme serait installée en amenant la structure de la plate-forme par flottaison au-dessus du modèle et en abaissant la plate-forme vers le fond marin. Les puits pré-forés seraient reliés aux unités supérieures de la plate-forme pour ensuite être complétés à partir de la plate-forme. Les puits restants seraient alors forés par l'appareil de forage de la plate-forme, parallèlement aux opérations.

2.4.2 Autres moyens de construction côtière

La construction d'une cale sèche à l'endroit d'un terrain vierge aurait pour conséquence d'augmenter, de façon mesurable, la consommation de matières premières, de carburant, d'énergie et de ressources. De plus, cette construction engendrerait des risques environnementaux plus élevés ainsi que des effets environnementaux plus importants en lien avec le dragage d'un nouveau bassin pour la cale sèche et la construction des infrastructures associées. Il a été ainsi déterminé que la remise à neuf du site existant de Bull Arm constituerait l'option privilégiée pour le site de construction de la SEP ainsi que des travaux d'intégration des unités supérieures, du raccordement et des activités de démantèlement.

2.5 Concept privilégié: Projet Hebron

Les promoteurs du projet ont évalué les modalités alternatives de réalisation en utilisant un concept de stratégie sélective. Il a été déterminé que le concept privilégié pour développer l'actif d'Hebron est celui qui utilise une SEP autonome en béton (option sans pré-forage), des unités supérieures et un système de chargement extracôtier (SCE). Aucune autre option n'offre de certitudes techniques et économiques. En fonction des exigences actuelles du Projet, la SEP (sans pré-forage) est la seule option possible sur le plan économique et technologique ayant des effets environnementaux comparables, comme l'illustre le tableau 2-1.

Tableau 2-1 Résumé de l'analyse des autres méthodes de réalisation du projet montrant la détermination des risques

Alternative considérée	Faisabilité technique	Faisabilité économique	Effets sur l'environnement
Raccordement sous-marin à Hibernia			
Raccordement sous-marin à une UFPSDE			
UFPSDE avec une SEPTP			
SEP autonome (avec pré-forage)			
SEP autonome (aucun pré-forage)			
Élevé-rouge; Moyen-jaune; Faible-vert			

Ni l'ingénierie de base, ni la conception détaillée des unités supérieures et de la SEP n'ont été complétées. Toutefois, les principaux critères sur lesquels se base la conception détaillée sont indiqués au paragraphe 2.6.

2.6 Concept et dessin du projet Hebron

2.6.1 Concept du projet Hebron

La SEP (structure à embase-poids) du projet Hebron sera constituée d'une structure renforcée en béton postcontraint conçue pour résister aux impacts de la glace de mer et des icebergs ainsi qu'aux conditions météorologiques et océanographiques dans la zone du projet Hebron. Elle pourra recevoir

jusqu'à 52 encoches de puits avec des tubes en «J» et/ou des tubes prolongateurs pour une expansion éventuelle.

La SEP sera conçue pour stocker environ 190 000 m^3 (1,2 Mb) d'huile brute dans des compartiments de stockage multiples et séparés. Elle comportera un seul axe principal supportant les unités supérieures et renfermera tous les puits qui seront forés à partir de la plate-forme. La SEP sera conçue pour une durée de vie d'au moins 50 ans.

Les installations des unités supérieures comprendront les modules suivants:

- Module de soutien au forage (DSM);
- Ensemble d'équipements de forage;
- Mât de torchère;
- Module des services et des procédés; et
- Quartiers d'habitation, incluant l'héliport et les postes de canots de sauvetage.

Des schémas de plans typiques d'une SEP et des unités supérieures sont présentés respectivement aux figures 2-6 et 2-7.

Les installations de production seront capables de gérer les exigences de forage et de production d'huile brute, de stockage et d'exportation, de gestion du gaz, d'injection d'eau et de gestion de l'eau produite, pour une vie de production de 30 années ou plus.

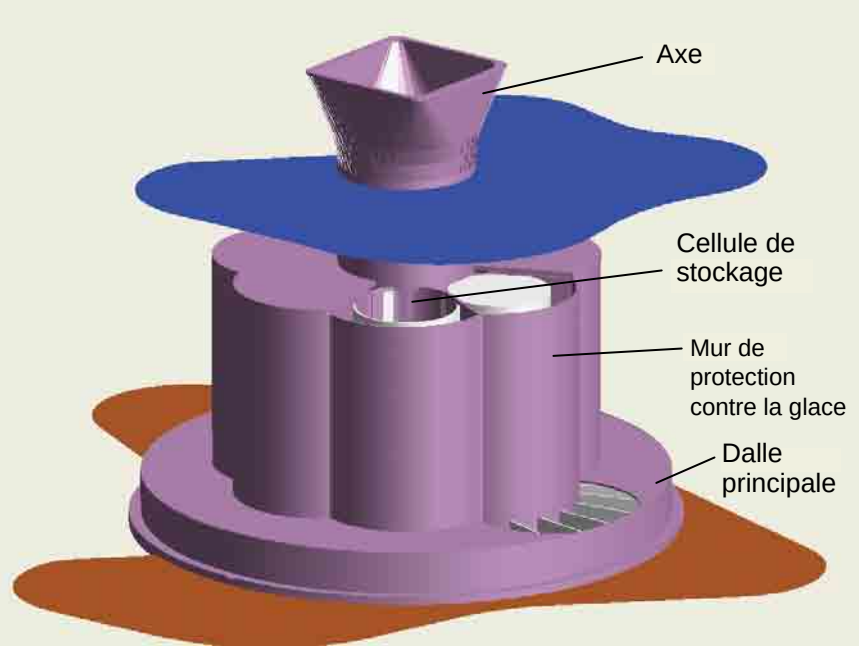


Figure 2-6 Schéma d'une structure à embase-poids

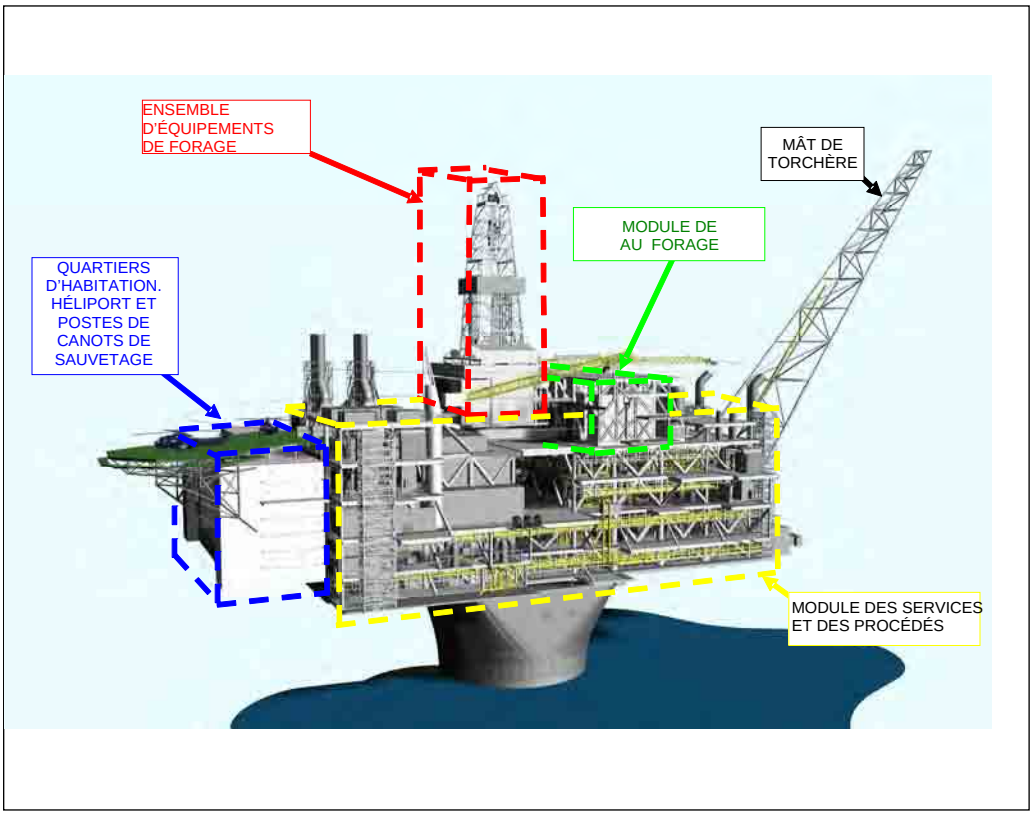


Figure 2-7 Schéma des unités supérieures

Le projet Hebron inclura un SCE pour le déchargement du pétrole brut vers les pétroliers, pour son transfert vers le terminal de transbordement pétrolier de Terre-Neuve ou directement vers le marché. Le système de déchargement extracôtier, actuellement en cours de planification comme le montre la figure 2-5, comporte deux principaux pipelines extracôtiers qui vont de la SEP jusqu'aux bases de tubes prolongateurs distincts (collecteurs d'extrémité de pipeline) ainsi qu'un pipeline extracôtier d'interconnexion qui relie les collecteurs d'extrémité des deux pipelines. Les bases du système de chargement extracôtier (SEC) peuvent être ancrées au fond de la mer par des piles (pieux) ou par d'autres moyens appropriés afin de stabiliser la connexion des tubes goulottes du SEC. Il sera peut-être nécessaire de procéder à un déversement de roches ou d'utiliser d'autres matériaux d'isolation appropriés pour protéger et isoler la conduite de déchargement.

L'agencement en circuit fermé vise à permettre s d'effectuerles opérations de raclage et de nettoyage de façon intelligente, en aller-retour dans les pipelines et les collecteurs d'extrémité de pipeline advenant qu'un iceberg représente une menace pour les installations de chargement.

Pendant le chargement, le tube prolongateur sera relié au pétrolier qui à son tour, sera positionné de façon dynamique pour un chargement à l'avant.

Un système de déchargement direct pour le transfert des marchandises de la SEP aux pétroliers est à l'étude comme solution alternative au système de chargement extracôtier. Si l'option de déchargement direct est retenue, le système comportera probablement un enrouleur intégré aux installations en surface, s'étendant de la face nord-est de la structure des installations en

surface, ainsi qu'un tuyau marin d'environ 340 m de long et de 508 mm (20 po) de diamètre comprenant des éléments de flottabilité. Entre les déchargements, le tuyau restera sur l'enrouleur et, pendant le déchargement, il sera relié au pétrolier à chargement avant, en position dynamique. Lors du déchargement, le pétrolier maintiendra sa position dans une zone de sécurité à environ 250 m de la SEP à l'aide de ses propulseurs. Le tuyau reliant les réservoirs de stockage de la SEP aux réservoirs de stockage du pétrolier prendra, dans l'eau, la forme d'un « W à zigzags » (voir les figures 2-8 et 2-9). Les extrémités du tuyau entrent dans l'eau presque à la verticale et les sections intermédiaires du tuyau flottent à environ mi-hauteur de la colonne d'eau à une profondeur d'eau approximative de 38 m. Aucun équipement sous-marin n'est nécessaire pour le déchargement direct.

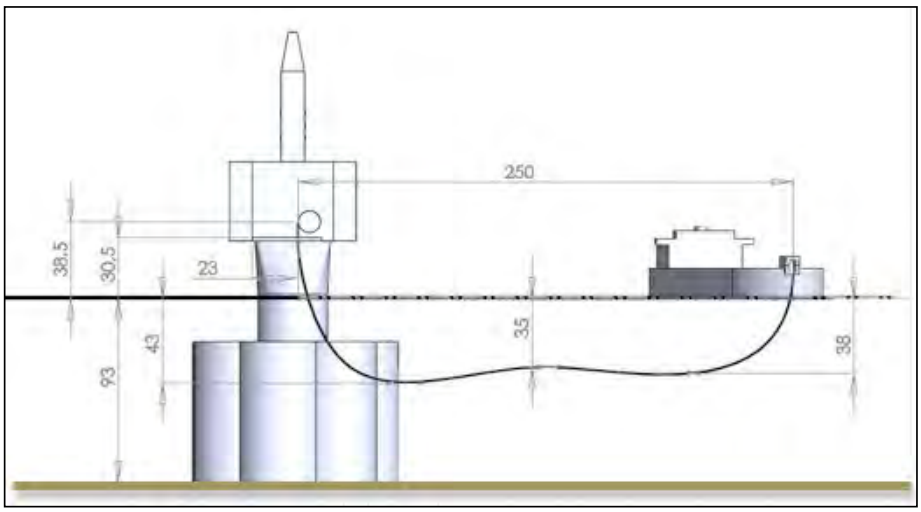


Figure 2-8 Configuration du tuyau de déchargement

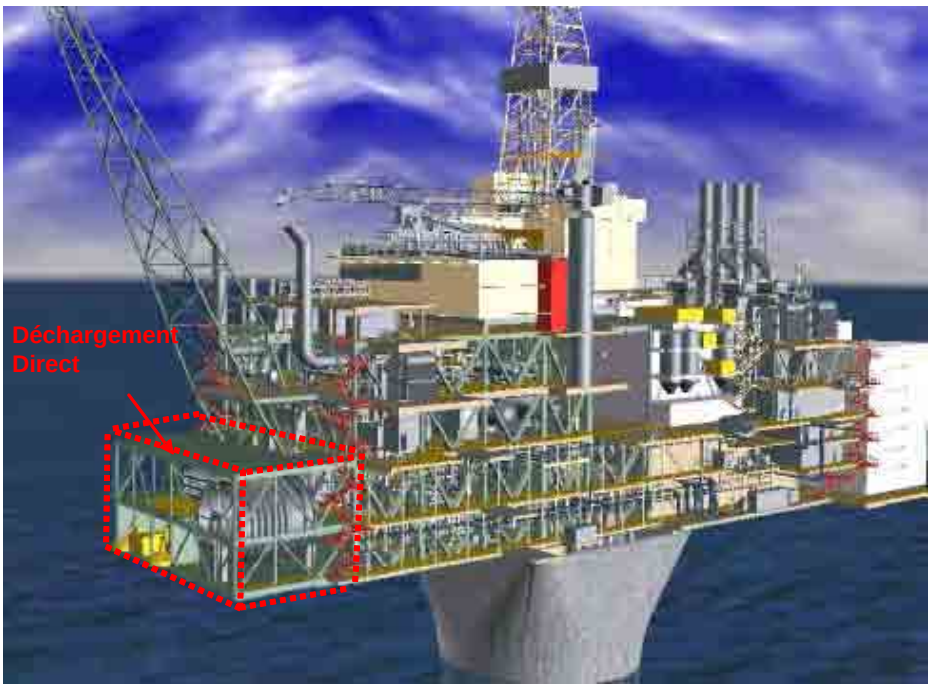


Figure 2-9 Emplacement de l'équipement de déchargement direct de la plate-forme

2.6.2 Critères de conception du projet Hebron

Une vue d'ensemble des critères de conception de la structure à embase-poids et des unités supérieures d'Hebron est fournie aux paragraphes suivants. D'autres détails sont présentésà la section 8 du plan de mise en valeur du projet Hebron. Les critères de conception suivants sont basés sur les exigences actuelles estimées du projet. Toutefois, certains de ces éléments sont susceptibles d'être modifiés au cours des phases d'ingénierie et de conception. La description suivante fournit un éventail de critères de conception permettant toutes modifications au design du projet.

Les installations de production de Hebron pourront assurer le fonctionnement de la production pour la durée de vie du champ, prévue pour 30 ans et plus. En se basant sur la phase actuelle de mise en valeur initiale, il est prévu de concevoir les installations de façon à satisfaire un taux estimé de production d'huile de 23 900 m^3/jour (150 kbj). Grâce au déclocage et à l'optimisation de la production, consécutives à la mise en route, il est prévu que la capacité totale de l'installation pourrait éventuellement s'élever jusqu'à 28 600 m^3/jour (180 kbj). Le système d'eau produite sera conçu pour traiter et évacuer jusqu'à 56 000 m^3/jour (environ 350 kbj) d'eau produite et injecter jusqu'à 74 000 m^3/jour (470 kbj) d'eau. Il sera nécessaire de manipuler jusqu'à 8 500 km^3/jour (300 MPCSJ) pour répondre aux besoins de la réinjection de gaz et du jaillissement artificiel de gaz.

Un aperçu général de la conception de base du projet Hebron est présenté au tableau 2-2. Les taux de conception pourraient être appelés à changer au fur et à mesure de la finalisation de la stratégie de déclin du réservoir et de la phase de mise en valeur initiale. Les valeurs données pour la conception de base sont représentatives d'une production de pointe. L'évaluation

environnementale prendra donc en compte la limite supérieure de ces plages pour l'évaluation des effets.

Tableau 2-2 Caractéristiques du projet Hebron

Composante du projet	Caractéristique
Emplacement de la plate-forme	46°32'64344'N; 48°29'88379'W
Durée de vie du champ	Supérieure à 30 ans
Encoches de puits	Jusqu'à 52
Profondeurs mesurées des puits	Profondeur mesurée de 2 300 à 6 500 m
Résumé de la conception des unités supérieures	
Poids préliminaire des unités supérieures	30 000 à 44 000 tonnes
Production d'huile brute	23 900 à 28 600 m^3/j (environ 150 à kbj)
Production d'eau	31 800 à 56 000 m^3/j (environ 200 à 350 kbj)
Injection d'eau	43 000 à 74 000 m^3/j (environ 270 à 470 kbj)
Manipulation de gaz (y compris gaz associé et poussée de gaz)	6 000 à 8 500 km^3/j (environ 215 à 300 MPCSJ)
Mesures conceptuelles de la SEP	
Structure en béton de la SEP	Béton renforcé par post-tension
Hauteur globale (du fond marin au sommet de l'axe central)	Environ 120 m à 130 m (394 à 427 pi)
Diamètre de la fondation	122 à133 m (400 à 436 pi)
Diamètre du caisson	100 à 110 m (328 à 361 pi)
Diamètre interne de l'axe	Environ 33 m (108 pi)
Poids à sec de la SEP	300 000 à 340 000 tonnes
Ballast solide	50 000 à 100 000 tonnes
Volume de béton	115 000 à 126 000 m^3 (150 300 à 164 700 verges cubes)
Acier renforcé	33 000 à 50 000 tonnes
Acier à post-tension	3 700 à 5 000 tonnes
Support des parties utiles en surface pendant le remorquage	Jusqu'à 44 500 tonnes
Stockage de base	7 cellules de stockage environ 190 000 m^3 (1 2 M barils)
Espérance de vie de la SEP	Environ 50 ans
Expansion éventuelle du champ	Tubes en J et encoches de puits supplémentaires (environ 6 à 15) Options futures pouvant comporter une récupération des encoches et plus de 70 puits au total via la plate-forme et les puits sous-marins
Qualité de l'eau	
Manipulation de l'eau de production (*Offshore Waste Treatment Guidelines-OWTG* - Lignes directrices relatives au traitement des déchets dans la zone extracôtière), (Office national de l'énergie *et al.*, 2002)	≤30 mg/L 30-jour en moyenne; ≤60 mg/L 24-heures en moyenne
Eau de déplacement de stockage (teneur en huile – OWTG	≤15 mg/L
Eau de ballast et de cale (teneur en huile – OWTG)	≤15 mg/L

Composante du projet	Caractéristique
Drainage de pont (ouvert) (teneur en huile – OWTG)	≤15 mg/L
Fluides de traitement de puits	≤30 mg/L; les fluides fortement acides doivent être traités avec un agent neutralisant jusqu'à un pH d'au moins 5 avant leur rejet
Eau de refroidissement	Tel qu'approuvé par l'officier en chef pour la protection de la nature
Saumure de désalinisation	Aucune limite de rejet
Eau de test des systèmes de contrôle des incendies	Aucune limite de rejet
Monoéthylène Glycol	Tel qu'approuvé par l'officier de conservation en chef pour la protection de la nature
Eaux usées et déchets alimentaires	Macérés jusqu'à ≤6 mm
Solides de forage à base d'eau	Aucune limite au rejet
Solides à base de LNA	Réinjectés si possible; sinon ≤ 6.9 g/100 g sur solides humides
Système de chargement extracôtier	
Emplacement du SCE	Environ 2 km nord-nord-est de la plate-forme
Taux de transfert	Jusqu'à 8 000 m^3/h (50 312 b/heure)
Longueur des conduites de déchargement (chacune)	2 km (environ) (6 560 pi)
Longueur des conduites de déchargement d'interconnexion	500 m (environ) (3 280 pi)
Navires d'expédition	Utilisation prévue des navires pétroliersettes existants

2.6.3 Systèmes de structure à embase-poids

La SEP sera conçue de façon à comporter des systèmes mécaniques temporaires et permanents installés comme suit:

- Jusqu'à 52 encoches de puits et les guides conducteurs et tubes en J associés et/ou des tubes prolongateurs;
- Deux goulottes à argiles, dirigées vers le bas de l'intérieur de la structure, gardant un angle suffisant pour acheminer les déblais de forage vers le bas et les déposer plus loin que les murs externes des cellules de stockage;
- Sept compartiments de stockage d'huile brute, y compris la ou les pompe(s) de charge associée(s) pour pousser l'huile en déchargement et un équipement de surveillance du niveau;
- Les systèmes d'eau de mer, incluant l'eau de déplacement de stockage, l'eau de refroidissement et l'eau pour les incendies, comporteront probablement:
  - Un caisson de grand diamètre pour le retour de l'eau de mer vers le milieu marin;
  - Des pompes élévatoires séparées pour alimenter les circuits d'eau de branchement d'incendie et d'eau de mer; les pompes d'eau pour le branchement d'incendie seront isolées afin de s'assurer qu'aucun point de défaillance ne cause une perte d'approvisionnement en eau;

  - L'eau de déplacement de stockage provenant des compartiments de stockage de pétrole brut passera à travers une cellule tampon avant son rejet horizontal. La température finale de l'eau de déplacement de stockage, avant son rejet, sera d'environ 30°C.

- Un système de protection anticorrosion ayant pour but de protéger les éléments métalliques contre la corrosion et la croissance d'organismes biologiques aux endroits où l'eau de mer est présente. Le rejet provenant du circuit d'hypochlorite sera traité selon les Lignes directrices relatives au traitement des déchets dans la zone extracôtière ou OWTG (National Energy Board (NEB) *et al.* 2010);
- Une conduite séparée d'évacuation des eaux usées pourra acheminer l'eau provenant de l'unité de traitement des eaux usées vers le milieu marin. Les mérites d'une évacuation combinée seront abordés au cours du travail de conception détaillée de l'ingénierie. Les eaux usées seront rejetées par-dessus bord en conformité avec les OWTG (NEB *et al.,* 2010);
- Des systèmes pour minimiser l'occurrence de gaz inflammables et de liquides inflammables ou combustibles entrant dans l'axe de la SEP et qui permettent d'éliminer toute accumulation de gaz;
- Un système de détection de gaz et d'incendies;
- Des systèmes de contrôle et de surveillance comportant des instruments de contrôle des niveaux de pétrole brut, de suivi des systèmes anticorrosion et de suivi de l'intégrité de la fondation;
- Un système de refroidissement permettant de s'assurer que l'axe de la SEP est maintenue à une température adéquate, pour la durée de vie du projet; et
- Un système de mise à la terre comprenant des câbles traversant la SEP.

2.6.4 Systèmes des unités supérieures

Les unités supérieures comprendront tous les équipements requis pour le forage, le traitement et la génération d'électricité pour le projet Hebron.

2.6.4.1 Installations de forage

D'après le travail de conception préliminaire, les installations de forage à bord de la SEP seront composées des systèmes suivants:

- Des systèmes mécaniques de forage comportant un treuil de forage et un manipulateur de tiges;
- Un système de contrôle de puits composé d'un bloc d'obturation de puits (BOP) incluant un dérouteur déjà assemblé, un système de contrôle hydraulique, un manifold de duse, un bac de manœuvre et un séparateur atmosphérique (dégazeur);
- Un système de stockage de matériaux en vrac, incluant des réservoirs de stockage et des réservoirs tampon pour les matériaux en vrac secs;

- Un système de stockage, de mélange et pressurisation de boue, comportant des cuves de stockage de liquides, un équipement de mélange ainsi que des pompes de mélange, de transfert, de pré-chargement et de pressurisation de la boue;
- Un système de retour et régénération de boue, incluant une boite de distribution à secousses, des tamis vibrants, dégazeurs, centrifugeuses-sécheuses ainsi que les cuves et pompes qui y sont associées;
- Des équipements de filtres à gravier;
- Un système de cimentation, incluant une double unité à haute-pression, une unité de mélange de gâchées et un système d'additifs liquides;
- Une cabine de forage contenant les commandes de forage ainsi que les moyens de surveillance de toutes les opérations de forage, de maniement de tiges, de manipulation de boue et de ciment;
- Un système de réinjection des déblais de forage pour les boues et déblais de forage à base de fluide non-aqueux (FNA). Les boues et déblais de forage à base de FNA seront réinjectés dans le sous-sol par un puits de réinjection. Aucun traitement de déblais de forage à base de FNA ne sera effectué sur la plate-forme. Le système de réinjection des déblais de forage sera conçu avec une double redondance et il y aura au moins deux puits de réinjection. Toutes les boues et déblais de forage à base d'eau seront rejetés par-dessus bord selon l'OWTG (NEB *et al.,* 2010). Il y aura deux glissières de schiste pour le rejet des déblais de forage à base d'eau.

On planifie actuellement l'utilisation des déblais de boue à base d'eau dans les sections des trois trous des puits d'Hebron.

Dans la section du premier trou (section initiale), il est prévu de rediriger les déblais de boue à base d'eau vers le puits de la SEP. La résistance du sol situé immédiatement en-dessous de la dalle de fondation de la SEP est censée être très faible et incapable de soutenir la charge hydrostatique additionnelle qui serait introduite si les déblais étaient retournés aumodule de soutien de forage (DSM) pour y être réinjectés. On prévoit que le module de soutien de forage sera à ±50 m au-dessus du niveau moyen de la mer. La colonne du liquide de retour exercerait la même charge hydrostatique sur les sols dans la section du trou initial. En se basant sur l'expérience opérationnelle d'ExxonMobil, on prévoit que cela donnera lieu à des pertes importantes de fluide lors du forage, créant ainsi un agrandissement du trou. Ce phénomène représenterait un risque potentiel pour les opérations subséquentes de cimentation du trou initial ainsi qu'à l'intégrité globale du puits et éventuellement à la stabilité des sols sous la dalle de fondation.

De la même façon, on prévoit rencontrer des sables et des sols peu consolidés dans la section du deuxième trou (tubage de surface). On cherche actuellement à renvoyer les déblais vers les niveaux inférieurs de la plate-forme où ils seraient acheminés vers les goulottes de décharge pour être rejetés par-dessus bord. Tenter d'acheminer les retours à une plus grande hauteur du système de réinjection des déblais de forage introduit une charge hydrostatique qui pourrait aussi provoquer un agrandissement du trou et porter atteinte à l'intégrité du puits.

La section du troisième trou (tubage intermédiaire) sera aussi forée au moyen des systèmes de boue à base d'eau. Toutefois, les intervalles géographiques qu'il faut pénétrer renvoient généralement des déblais de forage, dont la texture a tendance à être collante, et qui forment des masses ou des mottes de déblais que l'on pourrait au mieux qualifier de « collantes ». Ces masses ne conviennent pas vraiment à la réinjection des déblais de forage, car elles nécessitent des systèmes à grande surface pour dissoudre les déblais avant de les acheminer vers l'injection en subsurface.

Enfin, au stade actuel du projet, une analyse a été effectuée pour identifier les zones de subsurface les plus propices à la réinjection des déblais de forage. Une modélisation devrait être réalisée pour s'assurer que le confinement des déblais de forage à base de liquides non aqueux (LNA) peut être maintenu et qu'il est possible d'éviter les fracturations hors zone. L'injection d'importants volumes de déblais de boue à base d'eau pose un risque potentiel de fracturation hors zone et d'une défaillance subséquente de confinement des matériaux LNA. Le plan proposé de rejet à base d'eau fournit ainsi une approche équilibrée qui, dans l'ensemble, réduit au minimum les risques de dommages à l'environnement.

L'information relative à la gestion prévue des déblais de forage est indiquée au tableau 2-3. Le volume estimé de déblais de forage par glissière est d'environ 4 453 m^3. Les déblais de forage provenant de la partie du trou de 838 mm seront déposés à l'intérieur de l'axe de la SEP. Le développement des bactéries anaérobies et la production de sulfure d'hydrogène résultante pourrait poser des risques à la santé et avoir un effet corrosif sur les installations. Les bactéries anaérobies peuvent survivre et se développer dans un milieu sans oxygène ou avec très peu d'oxygène. Le puits de la SEP d'Hebron sera conçu avec un système passif de circulation d'eau de mer, utilisant une convection naturelle. L'eau de mer froide entrera par le bas du puits et l'eau plus chaude sortira en haut du puits pour être rejeté directement dans l'océan. Le remplissage constant d'eau de mer fraîche (contenant de l'oxygène dissous) minimisera la possibilité de développer des conditions favorables à la croissance des bactéries anaérobies, réduisant de ce fait l'action de la croissance des bactéries anaérobies dans la SEP sans avoir recours aux biocides. La conception de ce système de circulation prendra en compte les déblais de forage qui peuvent être rejetés au bas du puits.

Tableau 2-3 Estimation des volumes de déblais de forage

Taille du trou (mm)	Profondeur au début (m)	Profondeur à la fin (m)	Longueur de trou (m)	Volume par puits (m^3)
838 (33 po)	135	300	165	91
660 (26 po)	300	500	200	171
432 (17 po)	500	2 300	1 800	260

Les déblais de forage provenant de la partie du trou de 660 mm seront dirigés vers la surface et acheminés par-dessus bord à l'aide des glissières de schiste. Les déblais de forage provenant de la partie du trou de 432 mm seront forés avec une boue à base d'eau et seront rejetés par-dessus bord.

2.6.4.2 Systèmes de traitement

La principale fonction des installations de production sera de stabiliser le pétrole produit en séparant l'eau et le gaz de l'huile, de diriger le pétrole brut vers l'aire d'entreposage, puis de traiter/gérer le gaz et l'eau séparés ainsi que les composants qui leur sont liés tels que le sable. La liste des principaux systèmes et des services utilisés durant le traitement de l'huile brute est présentée ci-après :

- Système de séparation en trois étapes: alors qu'un système de séparation à trois étapes est envisagé à l'heure actuelle, des procédés alternatifs seront passés en revue durant les étapes initiales d'ingénierie et de conception.

  Le séparateur à haute pression recevra les fluides en provenance des gisements d'Hibernia et de Jeanne d'Arc, dans lequel le gaz sera séparé. Les liquides seront mélangés avec les fluides provenant du réservoir de Ben Nevis avant d'entrer dans le séparateur à moyenne pression, qui sépare l'eau et le gaz. L'huile coulera alors vers le séparateur à basse pression, où davantage de gaz sera relâché. Après le séparateur à basse pression, l'huile coulera vers les coalesceurs, où davantage d'eau sera retirée jusqu'à ce que l'émulsion d'huile dans l'eau soit conforme aux normes de vente. Pour atteindre une séparation efficace de l'huile et l'eau, les fluides seront chauffés préalablement à leur entrée dans les séparateurs à moyenne et basse pression. L'eau provenant de ces deux séparateurs à moyenne et basse pression et des coalesceurs sera dirigée vers un équipement de traitement additionnel afin de retirer toute huile résiduelle avant qu'elle ne soit rejetée par-dessus bord. L'eau rejetée sera conforme aux OWTG (NEB *et al.* 2010). Le gaz issu des séparateurs à haute, moyenne et basse pression sera compressé, déshydraté, recirculé pour la poussée de gaz, utilisé comme carburant pour les opérations sur la plate-forme ou injecté dans un réservoir de stockage pour des raisons de conservation. Le système final de séparation et de compression sera configuré au cours de la conception détaillée.

- Système d'injection d'eau: de l'eau de mer filtrée, désaérée et traitée sera mesurée et injectée dans le réservoir pour maintenir la pression de celui-ci et ainsi optimiser la récupération d'huile.
- La conception actuelle inclut les dispositions relatives au rejet par-dessus bord de l'eau de production, à la suite du traitement requis par les OWTG (NEB *et al.* 2010). Un seul point de rejet sera utilisé pour l'eau de production et celui-ci sera situé sous la thermocline d'été, à environ 50 m de profondeur d'eau. Après avoir évalué la technologie du traitement de l'eau, il a été déterminé que les unités de flottation compactes représentaient la technologie la plus avancée et éprouvée de traitement de l'eau disponible sur le marché pour un usage extracôtier. Outre des hydrocyclones fonctionnant en série, le système de traitement de l'eau générée à Hebron comprend des unités de flottation compactes. Puisque le brut lourd d'Hebron (de 20° API) devrait être difficile à séparer de l'eau produite, les hydrocyclones, de même que les unités de flottation compactes, s'avèrent nécessaires pour satisfaire les Directives sur le

traitement des déchets extracôtiers de 2010. EMCP est en processus d'analyse des différentes options de traitement pour réduire la teneur d'huile dans l'eau de production et étudie la faisabilité d'injecter l'eau produite sous la surface.

- Système de ventilation et de torche: La conception du système de torche d'Hebron n'est pas encore terminée. Pour minimiser la production de fumée, le système de torche mettra en œuvre une conception utilisant une technologie appropriée, disponible et éprouvée. Le système sera conçu de façon à relâcher la pression et prévenir la surpression de l'équipement en condition de déséquilibre. La torche évacuera le gaz provenant du séparateur à basse pression lorsque le compresseur de basse pression sera en arrêt à des fins d'entretien, ou pendant des conditions de déséquilibre de courte durée à la suite, par exemple d'un aller-retour du compresseur de moyenne et haute pression (MP/HP), durant les dépressurisations d'urgence ou autres événements d'urgence ou lors des essais de puits. De petites quantités de carburant seront utilisées en continu pour alimenter les veilleuses de torche et les purges de tête de torche. Dans l'éventualité d'une urgence, le gaz des systèmes pressurisés sera acheminé vers le système de torche. Un séparateur de torche éliminera les liquides du circuit allant à la torche. Ce séparateur sera dimensionné de façon à éliminer les liquides du circuit allant à la torche. D'autres systèmes fonctionnant à la pression atmosphérique ou à une pression proche seront évacués par un collecteur atmosphérique de ventilation situé sur la cheminée de la torchère. La définition de la conception des systèmes utilitaires, tels que les réservoirs atmosphériques n'est pas très élaborée dans le cadre de cette phase d'ingénierie conceptuelle. La définition se précisera à mesure que l'ingénierie progresse. Toutefois, les réservoirs atmosphériques à basse pression qui généreront des rejets contiennent généralement des sources à faible pression de vapeur (par ex. diesel, méthanol) ou des sources non hydrocarbonées (ex.: glycol, eau douce, eau de forage, eau potable. La plupart des rejets se produiront pendant les transferts de réservoir et l'aération du réservoir. Les volumes rejetés devraient être minimaux.
- Traitement de l'eau huileuse: des systèmes de drainage pressurisé (fermé) et à l'air libre (ouvert) seront utilisés pour collecter les fluides de vidange des équipements et de ruissellement sur le pont de la plate-forme. Le système fermé comprendra un matériel de séparation et de réduction de la pression afin de séparer l'huile, le gaz et l'eau. L'huile sera retournée au circuit de traitement, le gaz sera évacué vers le système de torche et l'eau sera traitée avant d'être rejetée en respect des OWTB (NEB *et al.* 2010). Le système de drainage ouvert séparera également l'huile grâce à un circuit de séparation de recyclage et l'eau sera rejetée par-dessus bord en respect des OWTB (NEB *et al.,* 2010).
- Injection chimique: les conditions requises à l'injection chimique seront détaillées pendant les étapes initiales d'ingénierie et de conception et ajustés en fonction des performances réelles. EMCP mettra en œuvre un système de gestion des produits chimiques en conformité avec les *Lignes directrices de sélection des produits chimiques en zone extracôtière pour*

les activités de forage et de production dans les régions pionnières (NEB *et al.,* 2009). Tous les produits chimiques feront l'objet d'une vérification selon les protocoles établis dans le système de gestion des produits chimiques. Les conditions requises typiques pour l'injection de produits chimiques dans les installations extracôtières de production d'huile et de gaz sont:

  - Inhibiteur d'entartrage;
  - Inhibiteur d'asphaltènes;
  - Additif anti-mousse;
  - Biocide;
  - Floculant;
  - Méthanol;
  - Inhibiteur de corrosion;
  - Désoxygénant;
  - Désémulsifiant;
  - Additifs abaisseurs de point d'écoulement;
  - Additifs abaisseurs de frottement;
  - Additifs abaisseurs de viscosité; et
  - Inhibiteurs de cires, etc.

- Poussée d'eau de mer: l'eau de mer sera requise afin d'être injectée dans le réservoir pour maintenir la pression de celui-ci et pour extraire la chaleur de l'agent réfrigérant. L'eau de mer sera filtrée et de l'hypochlorite de sodium sera ajouté afin de prévenir toute croissance d'organismes biologiques dans le tuyau d'eau de refroidissement.
- Génération d'électricité: quoique ceci fera l'objet d'une approbation lors de la conception finale, l'installation de quatre générateurs principaux à entraînement par turbine (au moins deux d'entre eux pourront fonctionner avec deux carburants) est prévue par EMCP, chaque générateur ayant une capacité de production pouvant atteindre 30 mégawatts (MW) pour une configuration de 4x33 pour cent, ainsi que d'autres générateurs essentiels et d'urgence fonctionnant au diesel.
- Gaz combustible: Le gaz de traitement sera extrait du circuit de compression de gaz afin d'être utilisé comme carburant. Un système de carburant diesel sera utilisé en cas d'urgence durant les périodes d'arrêt des installations de traitement et lors du démarrage initial jusqu'à ce que la compression soit opérationnelle.
- Refroidissement: Un système de refroidissement en circuit fermé est prévu.
- Système de déchargement et de mesure du pétrole brut dans lequel le pétrole brut sera poussé, pompé jusqu'à pleine pression et mesuré dans un système de transfert avant d'être déchargé dans les pétroliers via le SCE.
- Eau potable et de fonctionnement: des générateurs sont prévus pour la production d'eau potable et de fonctionnement.

- Dispositifs d'extinction des incendies: des dispositifs de détection des feux et du gaz et des dispositifs d'arrêt d'urgence seront installés pour avertir le personnel et pour répondre automatiquement aux situations d'urgence. Une combinaison d'aires de déluge d'eau de mer, de navires équipés de pulvérisateurs d'eau de mer, de dévidoirs pressurisés, d'appareils de surveillance des incendies, de systèmes à mousse et des extincteurs portatifs assurera l'extinction d'incendies dans les aires de procédé de la plate-forme. Les systèmes actifs de protection contre les incendies dans les quartiers d'habitation, les services généraux, les machines et les zones électriques peuvent comporter des dispositifs d'arrosage, des dispositifs à mousse, des tambours d'enroulement pressurisés, des extincteurs portatifs, des dispositifs à brouillard d'eau et des dispositifs à gaz inertes. La protection passive contre les incendies peut comprendre des cloisons et/ou planchers pare-feu et anti-explosion et des revêtements sur certaines pièces structurales, bâtiments ou navires.
- Dispositifs d'évacuation et de sauvetage: des voies d'évacuation (menant à un abri sécurisé temporaire protégé du feu) et des zones de rassemblement des canots de sauvetage seront incluses dans l'aménagement de la plate-forme conformément à la réglementation. Des dispositifs d'évacuation comprenant des canots de sauvetage, des radeaux de sauvetage et des combinaisons d'immersion seront fournis conformément à la réglementation. Les capacités de sauvetage seront gérées par les navires d'assistance de la plate-forme et la formation du personnel de la plate-forme.
- Stockage de carburéacteur: un système de stockage en vrac et de pompage de carburéacteur sera installé pour permettre le ravitaillement des hélicoptères intervenant sur la plate-forme.
- Stockage de carburant diesel: un système de stockage en vrac, de traitement et de distribution de carburant diesel sera mis en place pour alimenter la production d'électricité lorsque requis (ex :pendant les périodes de démarrage et d'arrêt).
- Système hydraulique: un système central de stockage, de pompage et de distribution sera installé afin de fournir des fluides hydrauliques à haute pression.
- Chauffage, ventilation et climatisation: un système de chauffage et de climatisation sera installé pour répondre aux besoins de chauffage, ventilation et climatisation.

2.6.4.3 Gestion de l'eau produite

Introduction

La gestion de l'eau durant les opérations de production d'Hebron sera l'une des opérations techniques les plus difficiles et complexes qui soit pour une installation de production extracôtière. Le volume de rejet d'eau produite à la plate-forme Hebron est estimé à 56,000 m^3/j. La gestion de volumes d'eau aussi élevés nécessite beaucoup d'équipements et des conduites connexes qui contribuent substantiellement au poids et au coût des installations de surface ainsi qu'à la complexité des opérations.

EMCP a terminé son évaluation initiale relative à la réinjection de l'eau produite et a conclu que cette méthode présentait des risques inacceptables tant que les facteurs associés à ces risques n'étaient pas mieux connus. Une évaluation initiale indique que la réinjection de l'eau produite dans les formations productrices, en vue de maintenir la pression, peut être techniquement réalisable, si les risques techniques peuvent être réduits par le biais de l'acquisition d'autres données et d'études réalisées consécutives à la mise en route. ExxonMobil s'engage à opter pour la réinjection de l'eau produite une fois qu'il a été démontré que les risques et les coûts sont gérables.

Des études préliminaires ont identifiés plusieurs risques possibles liés à l'adoption de la réinjection de l'eau produite :

- Possibilité d'acidification jusqu'à 50% plus élevée qu'en injectant seulement de l'eau de mer à cause de la température et la présence d'acides gras volatil (AGV)
- La réinjection de l'eau produite pourrait entraîner des hausses de pression supérieures à celles prévues en matière de pression d'injection (éventuellement au-delà des limites de pression)
- Le confinement de la fracturation pourrait être compromis par une utilisation accrue de l'eau produite
- La possibilité d'écaillage augmente quand on injecte de l'eau produite dans la formation

La confirmation que ces risques sont gérables nécessite d'autres données qui ne peuvent être obtenues et analysées qu'au moment de la mise en route ainsi qu'après plusieurs années d'exploitation. La teneur en acide gras volatil (AGV) étant, par exemple, très variable à travers les réservoirs, il est nécessaire d'avoir un plus grand nombre d'échantillons d'eau produite. En outre, seul un très petit nombre d'échantillons de formation étant actuellement disponible; il en faut davantage pour tirer des conclusions définitives.

L'exploitant a examiné la possibilité d'injecter l'eau produite (y compris une réinjection partielle) dans des réservoirs d'évacuation dédiés. D'après cette évaluation, les réservoirs appropriés ne disposaient que d'une capacité limitée à recevoir l'eau produite. Le volume cumulatif d'eau produite en 30 ans est d'environ 366 millions m^3. De plus, une surpression de la formation d'évacuation présenterait un risque important. Pour ce qui est de la réinjection partielle, elle nécessiterait un dédoublement des installations de pompage et des conduites connexes requises actuellement pour l'injection d'eau de mer, des encoches de puits supplémentaires et une capacité de production électrique accrue. La conception des installations de surface inclut une production électrique d'environ 100 MW. L'ajout d'installations de pompage séparées nécessiterait une augmentation de production électrique d'environ 25 pour cent et entraînerait, de ce fait, un accroissement des émissions. L'injection d'eau produite dans des réservoirs dédiés exacerberait le poids, les coûts et les défis opérationnels déjà inhérents au traitement d'un pétrole brut lourd. L'ajout de pompes et de matériel de production électrique ainsi que l'utilisation d'encoches de puits pour des puits d'injection dédiés

additionnels sont des options techniquement irréalisables, qui ne sont ni économiquement viables ni écologiques.

Stratégie de gestion de l'eau produite

Hebron fonctionnera initialement en rejetant l'eau produite dans l'océan lors de la mise en route. À mesure qu'un plus grand nombre de puits entreront en production, on recueillera des données de production et des informations sur l'expérience acquise; on procédera à d'autres essais relatifs aux propriétés des roches et à la compatibilité de l'eau produite, de l'eau de mer et des réservoirs alors que des échantillons supplémentaires de forage et d'eau produite deviennent disponibles. Hebron passera à la réinjection de l'eau produite dans des opérations de routine, une fois que les essais et les études (consécutives à la mise en route) démontrent que les risques et les répercussions de la réinjection de l'eau produite sont compris et acceptables. Une fois que la réinjection de l'eau produite sera adoptée, l'installation maintiendra la flexibilité des rejets dans l'océan pendant des événements imprévus (*ex.:* défaillance de l'équipement) ou maintenance planifiée. En outre, il sera nécessaire de préserver l'option de retourner au rejet dans l'océan si des complications imprévues se présentent dans le cadre de la réinjection de l'eau produite (*ex.:* perte en matière de récupération du pétrole; acidification, écaillage ou colmatage du réservoir).

Dans la conception de base, le système d'injection d'eau est conçu pour que l'injection se fasse à des pressions prévues et exigées pour la réinjection de l'eau produite. Les installations en surface disposent de suffisamment d'espace et de connexions pour une future installation de l'équipement à basse pression incrémentale, nécessaire pour acheminer l'eau produite dans le système d'injection d'eau.

Études de faisabilité sur la réinjection de l'eau produite

De grands volumes d'eau de mer seront nécessaires au maintien de la pression et l'équipe de conception a vérifié si l'eau produite pouvait être utilisée afin de satisfaire à une partie de ces besoins. En mélangeant l'eau produite à l'eau de mer et en l'injectant dans une formation productrice, on court certains risques qu'il faut bien comprendre avant de s'engager sur la voie de la réinjection de l'eau produite:

- Compatibilité de l'eau de mer et de l'eau produite l'une avec l'autre et avec le réservoir
- Potentiel de « colmatage » de la formation
- Possibilité d'augmentation des pressions d'injection en utilisant un mélange d'eau produite et d'eau de mer comparativement à l'injection uniquement avec de l'eau de mer
- Possibilité de contamination bactérienne de la formation productrice

Les sections qui précèdent résument les études réalisées à ce jour et les travaux à venir.

Injectivité

L'injectivité de l'eau (la capacité d'injecter l'eau dans la formation productrice) peut être entravée au fil du temps lorsqu'on injecte une eau produite ayant des concentrations plus élevées de solides en suspension ou même des concentrations relativement faibles d'huile dans l'eau. Ces deux conditions augmentent le risque de colmatage de l'entrée des pores dans le secteur à proximité du puits où l'eau injectée pénètre d'abord dans la formation. Pour sa part, ce colmatage peut accélérer le taux de propagation des fractures et les étendre au-delà des limites désirées, entraînant une perte éventuelle de conformité et réduisant ainsi l'efficacité de supporter la pression du réservoir.

Les effets thermiques de la réinjection de l'eau produite peuvent aussi influer sur l'injectivité de l'eau puisque la réinjection de l'eau produite est susceptible d'élever la température de l'eau injectée (par rapport à l'utilisation de l'eau de mer uniquement) et d'accroitre ainsi la pression de propagation des fractures, provoquant une diminution de l'indice d'injectivité.

Une étude sur l'injectivité a été réalisée pour évaluer la pression d'injection requise pour effectuer une injection de fracturation pour tous les puits d'injection possibles à Hebron et la façon dont les exigences relatives à l'injection peuvent modifier la réinjection de l'eau produite par rapport à l'injection d'eau de mer.

L'étude sur l'injectivité a révélé que la réinjection de l'eau produite est techniquement réalisable au point de vue de l'injectivité; elle s'accompagne toutefois, de plusieurs vulnérabilités qui nécessitent l'obtention de données opérationnelles supplémentaires à des fins de confirmation. Le principal secteur de risque est relié à l'utilisation de la réinjection de l'eau produite, la pression de fracturation augmente au fil du temps. Or, des pressions de fracturation accrues peuvent entraîner un plus grand risque pour la perte de confinement des fractures pendant l'injection.

Écaillage

L'eau de mer et l'eau produite sont des solutions complexes de composés dissous (de nombreux types de « sels »). Lorsque mélangés, les ions positifs et négatifs dans chaque solution doivent atteindre un nouvel équilibre et, parfois, ils se combinent pour constituerun solide qui forme un précipité en se séparant de la solution. Certaines de ces réactions chimiques mettent du temps à se produire et la précipitation peut survenir au cours du processus d'injection, au moment où les changements de pression et de température se produisent. Les fractures de roches et les espaces interstitiels peuvent alors être bouchés par ces solides et ainsi entraver ou empêcher une injection future.

Le seul moyen d'obtenir une réponse claire au sujet de la compatibilité de l'eau produite d'Hebron avec l'eau de mer des Grands Bancs est de mélanger ces deux eaux dans une étude en laboratoire et d'observer ce qui se passe à des températures et à des conditions de pression différentes. Ce type d'étude définitive ne peut pas encore se faire, car on ne dispose pas de puits de production à échantillonner. L'eau produite à la plate-forme Hebron sera un

mélange d'eau produite provenant de plusieurs réservoirs différents qui ne peut donc actuellement faire l'objet d'une étude.

Toutefois, le projet dispose de petits échantillons de ce qui est maintenant une « vieille » eau produite provenant de réservoirs individuels. Ces échantillons ont été obtenus durant les essais sur la production de puits individuels de réservoirs individuels à la fin des années 1990. On les considère maintenant comme de « vieux » échantillons et, même si la composition ionique est la même, la perte potentielle des substances organiques volatiles et les modifications possibles dans la composition de ces substances pourraient modifier les réactions ioniques lorsqu'on les mélange à l'eau de mer. En utilisant ces échantillons, le projet a réalisé une étude à petite échelle afin d'obtenir une compréhension préliminaire de la compatibilité de ces deux eaux.

Les résultats de cette étude à petite échelle suggèrent, avec une faible certitude, qu'il est possible de mélanger l'eau produite et l'eau de mer. Toutefois, d'autres examens s'imposent en utilisant des échantillons de l'eau produite d'Hebron provenant de réels puits de production pour confirmer et valider ces résultats d'essais préliminaires de compatibilité.

Acidification (contamination bactérienne)

Des bactéries sont présentes dans un réservoir pétrolifère. Les sulfures d'hydrogènes (H_2S) agissent comme une source énergétique et les acides gras volatils (AGV) constituent la source nutritive. Un développement accru des bactéries pourrait provoquer un colmatage de la formation ou une acidification du réservoir. Les niveaux d'acidification sont fonction de la concentration des AGV dans l'eau de formation.

Une étude initiale de la sensibilité du gisement 1 (réservoir Ben Nevis) à l'acidification a été menée en 2005, en utilisant un certain nombre de niveau de nutriments acides (AGV) dans l'eau de formation. Les prévisions pour le gisement 1 indiquent la possibilité d'une masse substantielle de H_2S dans la coulée totale du puits. De plus, la prévision de teneur en sulfure pour une injection d'un mélange d'eau produite et d'eau de mer est jusqu'à 50% plus élevée en comparaison avec l'injection d'eau de mer seulement.

La réinjection de l'eau produite est susceptible d'accroître la sensibilité du gisement 1 à l'acidification par rapport à l'injection d'eau de mer uniquement. Toutefois, d'autres études sont requises afin de déterminer les effets et l'étendue de l'acidification due à la réinjection de l'eau produite et si des mesures d'atténuation sont disponibles pour contrôler la contamination bactérienne et prévenir l'acidification du réservoir.

Réservoir d'évacuation

Une évaluation a été réalisée pour identifier les formations de subsurface non productrices qui pourraient éventuellement servir de centre de stockage pour l'eau produite. Idéalement, ces formations sont relativement épaisses et latéralement continues; elles ont la capacité d'accepter un grand volume de liquide et ne fournissent au fluide injecté qu'une possibilité minimale de migrer

v d'autres formations ou d'entrer dans des failles de subsurface qui sont conductrices de par leur nature.

L'examen des diagraphies de travaux au câble et des diagraphies de boue n'ont révélé qu'une seule formation non productrice éventuelle qui justifierait une analyse quantitative de son potentiel de capacité de stockage d'eau. Une unité d'argilite porcelanique (appelée également « Tilton Member ») existe dans le secteur Paléocène à environ 300 m au-dessus du sommet de la formation Ben Nevis dans la zone de mise en valeur initiale d'Hebron. Cette unité a donc été soumise à un examen préliminaire à titre de compartiment de stockage éventuel pour l'eau produite d'Hebron. On a effectué des calculs de présélection pour évaluer les tendances d'épaisseur, le rapport moyen net-brut, la porosité moyenne et, par la suite, le volume net des pores de cette formation située dans les limites de l'unité Hebron.

Les résultats ont indiqué que, d'après les prévisions, l'unité d'argilite porcelanique dispose d'une trop petite capacité de stockage pour recevoir le volume prévu d'eau produite pendant la vie du projet Hebron (366 million m^3, de même de l'eau produite supplémentaire si des expansions futures sont mises en œuvre).

On a effectué une évaluation de présélection des conséquences engendrées par la conception des installations de surface; celle-ci a révélé qu'il serait nécessaire d'avoir des installations de pompage dédiées supplémentaires et des conduites connexes, des encoches de puits additionnelles et une capacité de production électrique accrue. Ceci exacerberait non seulement le poids et le coût des installations de surface et les défis opérationnels déjà inhérents au traitement extracôtier d'un pétrole brut lourd, mais entraînerait aussi une augmentation des émissions de dioxyde de carbone qui donnerait (environ 150 000 t deCO_2 équivalent) dégagées dans l'atmosphère (4,5 millions de tonnes sur 30 ans).

La conclusion globale de l'évaluation du projet est que l'évacuation de l'eau produite dans la (les) formation(s) non productrice(s) non productrice d'Hebron n'est pas une option réalisable si l'on tient compte des facteurs techniques et économiques. Compte tenu de tous les aspects opérationnels, techniques, environnementaux, de la conformité réglementaire et des facteurs économiques, l'approche préférée de l'exploitant est la réinjection dans la formation de production.

Plan visant à compléter une évaluation de faisabilité plus élaborée en matière de réinjection d'eau produite

D'autres échantillons d'eau de formation sont requis pour effectuer une évaluation de la réinjection de l'eau produite et pour s'assurer que tous les risques sont bien compris. Ceci ne peut se faire qu'après la mise en route et les analyses consisteront notamment à mesurer la composition des eaux produites et à déterminer le degré de variabilité entre réservoir dans la composition des eaux. L'eau produite de quelques puits choisis selon une répartition géographique fournira probablement les données les plus fiables.

Il est nécessaire de procéder à d'autres essais sur l'eau produite pour confirmer la tendance à l'écaillage, le facteur de sévérité de l'eau de mer et de l'eau produite en ce qui concerne l'état des réservoirs *in-situ* et les conditions d'exploitation des puits et des installations. La concentration de nutriments AVG dans l'eau produite est nécessaire pour obtenir de meilleures prévisions sur le comportement d'acidification et les mesures additionnelles de variabilité permettront de caractériser les effets du mélange d'eau produite et d'eau de mer.

Il est nécessaire également de faire d'autres essais sur les propriétés des roches de réservoir et d'acquérir des matériaux de forage récents, à l'endroit de nouveaux puits sélectionnés, pour permettre d'obtenir des mesures de déplacement du mélange d'eau produite/d'eau de mer/d'eau d'injection.

Installations en surface

Les installations en surface d'Hebron comprennent la meilleure technologie commercialement éprouvée de traitement d'eau qui soit ainsi que l'équipement pour un usage extracôtier. Les défis associés à la séparation du pétrole lourd justifient un système de traitement de l'eau produite qui soit solide, comprennant des hydrocyclones, des unités de flottation compactes et un ballon de dégazage.

De plus, Hebron fera aussi appel à la technologie Vessel Internal Electrostatic Coalsescer, qui minimise l'épaisseur des couches d'émulsion et crée une interface huile-eau mieux définie, permettant d'atténuer la dérive du pétrole depuis les séparateurs jusqu'au système de traitement de l'eau produite.

Un investissement préliminaire a été effectué dans le système d'injection d'eau en vue de permettre à la réinjection de l'eau produite d'être mise en application à une date ultérieure. Les éléments de conception sont :

- Système conçu pour une injection à des pressions prévues et exigées en matière de réinjection de l'eau produite
- Collecteurs servant à mélanger l'eau produite et l'eau de mer
- Joints de pompe d'injection conçus pour les fines particules présentes dans l'eau produite (une application spécialisée)
- Espace et connexions pour une future installation de l'équipement à basse pression nécessaire pour acheminer l'eau produite dans le système d'injection d'eau (c*.-à-d.*, pompes de renfort à basse pression et filtres)

Résumé

ExxonMobil s'engage à adopter la méthode de réinjection de l'eau produite pour des opérations de routine, lorsque l'on aura démontré que les risques associés sont acceptables.

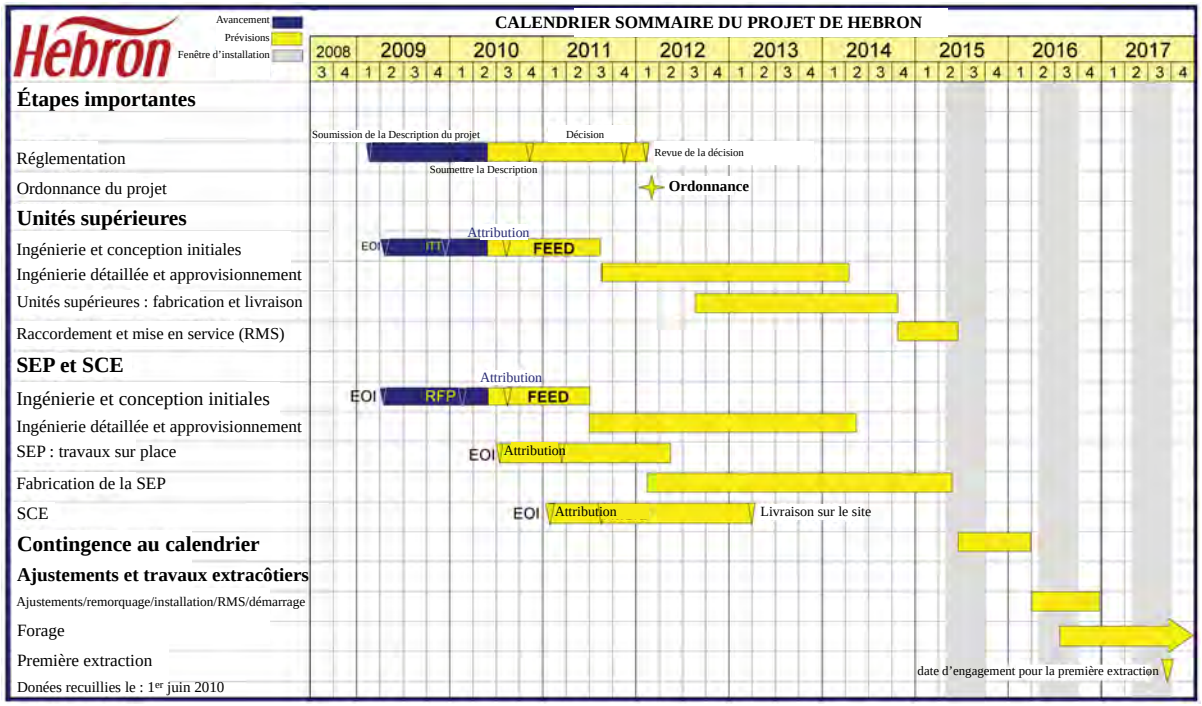
La stratégie de gestion de l'eau produite consistera à recourir au rejet de l'eau produite dans l'océan lors de la mise en route en utilisant la meilleure technologie de traitement commerciale disponible et éprouvée à ce jour. Hebron passera à la réinjection de l'eau produite dans des opérations de routine si les essais et les études démontrent que les risques et les

répercussions de la réinjection de l'eau produite sont connus et acceptables. On verra à préserver l'option de retourner au rejet dans l'océan si des complications imprévues se présentent dans le cadre de la réinjection de l'eau produite (ex.: perte en matière de récupération du pétrole; acidification, écaillage ou colmatage du réservoir).

Le système d'injection d'eau d'Hebron sera conçu pour que l'injection se fasse aux pressions prévues et requises pour la réinjection de l'eau produite, et comprendra un investissement préalable destiné à l'établissement potentiel de la réinjection de l'eau produite (espace et connexions pour des équipements additionnels de réinjection de l'eau produite). Une étude sera réalisée de façon consécutive à la mise en route et un plan d'essais sera élaboré pour aborder les incertitudes.

2.7 Échéancier du projet

L'échéancier global de développement du projet est présenté à la figure 2-10 Le projet Hebron s'est engagé à obtenir la première venue d'huile avant la fin 2017.



Remarques:
* DA – Demande de développement qui comprend : plan de développement, plan de prestations, CSR / énoncé d'impact socio-économique et autres documents à l'appui, tel que déterminé par l'OCTLHE

** Ceci est l'échéancier initial de développement (cas de base) et n'inclut pas de forages ou d'aménagements supplémentaires pour de futurs développements

Figure 2-10 Échéancier de développement du projet Hebron

2.8 Projet Hebron: Construction et Installation

Autant que possible, l'ensemble des activités de construction sur terre sont prévues à l'endroit des installations existantes établies à Bull Arm et Trinity Bay ou à l'endroit d'installations établies ailleurs dans la province de Terre-Neuve-et-Labrador. Aucune nouvelle installation n'est prévue sur terre; toutefois certaines des installations existantes (à Bull Arm ou ailleurs) pourraient nécessiter une remise à neuf ou un agrandissement.

Le site de Bull Arm sera utilisé pour les activités suivantes: construction de la SEP, fabrication des modules d'unités supérieures sélectionnées, intégration de tous les modules d'unités supérieures, assemblage des unités supérieures avec la SEP ainsi que le raccordement et la mise en service de la plate-forme assemblée. Des travaux de préparation du site à Bull Arm seront requis en guide de préparation pour la construction de la SEP et la fabrication/intégration des unités supérieures. Le début des travaux est prévu en 2011. Le début de la construction de la SEP est planifié pour 2012.

Une estimation de la durée des activités associées à la construction de la structure à embase-poids (SEP), à la fabrication des installations en surface, à l'intégration des installations en surface, au remorquage et à la mise en service extracôtière est présentée au tableau 2-4. Les durées suivantes, relatives aux activités du projet, sont des délais estimatifs. Certaines de ces activités peuvent avoir lieu simultanément ou en se chevauchant.

Tableau 2-4 Durées maximales estimées du projet Hebron

Préparation de la cale sèche et construction du mur de protection	6 à 18 mois
Construction « au sec » de la SEP	12 à 18 mois
Construction «mouillée » de la SEP	12 à 18 mois
Fabrication des unités supérieures	18 à 24 mois
Intégration « au sec » des unités supérieures	7 à 12 mois
Assemblage «mouillé » des unités supérieures	1 à 2 mois
Activités de branchement et de mise en service à la suite de l'assemblage (mais préalable au remorquage vers le champ)	1 à 2 mois
Remorquage vers le site	10 à 14 jours
Installation	3 à 6 mois
Installation du SCE	3 à 6 mois
Raccordement final et mise en service	3 à 9 mois

2.8.1 Anse de Great Mosquito: Construction de la cale sèche

La cale sèche existante de Bull Arm sera rétablie à l'anse Great Mosquito avant le début des travaux de construction de la SEP. Le concept actuel a pour but d'une digue en pierre (ou merlon de protection) avec un noyau central imperméable composé d'un coulis de ciment passant de l'autre côté de l'anse pour former la paroi du bassin. Les façades extérieures de la cale-sèche seront protégées par une couche de pierre concassée (ex : conglomérats de carrière et grès). On estime que le mur de protection pourra

atteindre une longueur de 500 m et que l'aire de la cale sèche variera entre 35 000 et 40 000 m^2. Les configurations et dessins exacts seront déterminés lors des étapes initiales d'ingénierie et de conception.

Une fois le mur de protection en place, la cale sèche sera vidée de son eau, les routes d'accès seront reconstruites ou remplacées et l'infrastructure de soutien (bureaux, grues, zones de dépôt) sera mise en place. D'autres infrastructures, à l'extérieur de la cale sèche elle-même, seront également remises à neuf ou construites pour supporter la construction de la SEP.

Une liste des activités marines potentielles et des émissions et rejets potentiels, liés à la construction de la cale sèche, est présentée au tableau 2-5.

Tableau 2-5 Activités potentielles et rejets/émissions potentielles de déchets pendant la construction de la cale sèche

Activités potentielles	Éventuels impacts sur l'environnement Impacts-rejets-émissions-déchets
Construction du mur de protection (*ex.* pose de palplanches, remblayage)	• Émissions atmosphériques • Eau de vidange et de ballast • Ruissellement sur le site à terre • Élimination et rejet de l'eau de pluie, l'eau potable, l'eau de protection incendie et l'eau industrielle (procédé) • Augmentation des solides en suspension • Perturbation du substrat • Perte d'habitats et d'organismes de la zone subtidale • Contamination potentielle le de la colonne d'eau • Sédimentation • Élimination des déchets de construction, solides, dangereux, domestiques et sanitaires • Lumières • Bruit (incluant sous l'eau) • Impacts physiques potentiels (*ex.*, démolition à l'explosif)
Explosions dans l'eau	
Vidange de la cale sèche et préparation de la zone de cale sèche	
Production de béton (centrale à béton flottante)	
Circulation de bateaux (*ex.*, ravitaillement, soutien à la traction, remorquage, aide à la plongée, barges, bacs de passagers vers et depuis le site en eau profonde)	
Éclairage	
Émissions atmosphériques	
Zone de sécurité	
Relevés (*ex.*, géophysiques, géologiques, géotechniques, environnementales, véhicules télécommandés (ROV), plongée)	
Enlèvement du mur de protection et évacuation des débris (démolition, dragage et disposition en mer)	
Remorquage de la SEP de Bull Arm au site en eau profonde	
Dragage du mur de protection et éventuellement de parties de l'itinéraire de remorquage vers le site en eau profonde (une élimination en mer des débris peut s'avérer nécessaire)[A]	
Ballastage de la SEP et déballastage (seulement l'eau de mer)	
[A] En attente d'exigences à être déterminées par reconnaissance bathymétrique	

La conception de la digue de protection et le choix des méthodes de construction sont en cours d'examen. On étudie des méthodes de construction alternatives qui peuvent éliminer ou réduire le dynamitage et le dragage sous-marin durant la construction

Le dragage et l'évacuation dans l'océan des déblais et/ou de la digue de protection peuvent s'avérer nécessaires en relation avec l'enlèvement partiel

de la digue de protection et pour assurer une profondeur de navigation adéquate lors du remorquage de la SEP vers le site en eau profonde. Le dragage des zones peu profondes à proximité du quai des installations en surface, identifié par une bathymétrie détaillée, peut s'avérer nécessaire, en fonction des navires affrétés pour charger les installations en surface.

Le site de rejet à l'anse Great Mosquito n'est pas connu à ce moment. Des travaux sont en cours pour identifier la zone la moins susceptible de perturber l'habitat et qui est en mesure de recevoir le volume de déblais à évacuer. D'après un examen préliminaire de la bathymétrie et des informations relatives à l'habitat du poisson dans l'anse Great Mosquito, une zone probable serait située à environ 40 à 45 m de profondeur dans le secteur sud de l'anse Great Mosquito. EMCP consultera le MPO et les autres autorités fédérales au sujet du choix de la zone d'évacuation des déblais. En outre, les exigences de Transports Canada concernant la navigabilité des voies d'eau seront prises en compte dans le processus de sélection.

2.8.2 Construction de la structure à embase-poids dans la cale sèche

La construction « au sec » de la SEP dans la cale sèche peut comprendre les éléments suivants : jupes, dalle de base avec son équipement mécanique et toit en porte-à-faux de la dalle de base; coffrage classique et glissant des murs en porte-à-faux, notamment, des parois des cellules de stockage et des murs de protection contre la glace avec leur équipement mécanique. La construction se poursuivra jusqu'à une hauteur suffisante pour permettre la mise à l'eau depuis la cale sèche et pour assurer une stabilité de flottaison durant l'opération. Après l'inondation de la cale sèche, la digue de protection sera enlevée et la SEP, partiellement construite, sera remorquée vers le site en eau profonde.

La première étape de construction de la SEP consiste en l'installation des jupes. La base de la dalle la SEP sera constitué de cloisons en béton ou en acier, appelées jupes. Le but des jupes est de pouvoir assister le phénomène résistance au glissement de la SEP et de fournir un dispositif de retenue des matériaux de coulis de ciment devant être coulés au moment du positionnement de la plate-forme d'Hebron sera positionnée au large. La construction de la dalle de base commencera une fois que les jupes seront mises en place.

Des gaines de post-tension, ancrages et autres encastrements seront installés simultanément aux barres d'armature au fur et à mesure de l'avancement des travaux de béton. Pour la construction de la dalle de base, on utilisera des méthodes conventionnelles.

Les murs de béton armé situés au-dessus de la dalle de base, incluant les murs de protection contre la glace et les cuves de stockage du pétrole brut seront construits par filage. Le filage (coffrage glissant) est un procédé de coulage de béton à haute résistance, renforcé avec de l'acier (barres d'armature), dans un coffrage ou un moule qui se déplace verticalement à l'aide de vérins hydrauliques ou de vis. Les vérins sont espacés à des intervalles égaux afin de soulever progressivement le coffrage à une vitesse

prédéterminée. Dans le cas d'une SEP, pour laquelle on exige une cavité dans la structure en béton, les coffrages internes et externes sont utilisés afin de créer la cavité et les murs de béton. Les barres d'armature sont attachées ensemble, à la verticale et à l'horizontale, à l'intérieur des murs afin de les renforcer au fur et à mesure que le béton est coulé. Des gaines de post-tension sont également placées dans les coffrages et cette armature est tendue dès que le béton atteint une résistance suffisante. Lors de la monté du coffrage, la partie du béton préalablement coulée se durcit et sert de support suffisamment solide pour supporter le poids du béton qui coulé au-dessus. Le coulage se poursuit jusqu'à ce que la hauteur désirée soit atteinte.

Certaines des activités impliquées dans le processus de filage sont présentées ci-après:

- Coulage et compactage de béton en couches contrôlées
- Installation de barres d'armature, de gaines de post-tension et d'ancrages
- Installation des pièces d'équipement mécanique encastrées (ex :, pénétrations de tuyauterie, instrumentation)
- Installation de plaques d'enrobage et de bouchons, de manchons et regards
- Réparation des surfaces de béton défectueuses
- Prise du béton moulé
- Contrôle et vérification des dimensions et mesure du produit fini (as-built);
- Contrôle de la qualité du génie civil et mécanique

Les jupes seront installées dans la cale sèche, suivies de la dalle de base avec ses équipements mécaniques, du toit (de la dalle de base) en porte-à-faux, des murs de cellules de stockage et des murs de protection contre la glace. L'équipement mécanique et marin se fera dans les niveaux inférieurs de la SEP, avec l'installation de dispositifs d'accès permanents et temporaires, de ballastage, d'injection de coulis, de sécurité, de dispositifs électriques et d'instrumentation, de protection contre la corrosion et de structures pour le remorquage et l'amarrage en mer. Une fois les murs terminés, les cadres conducteurs seront soulevés et mis en place dans la SEP.

Lorsque la construction de la dalle de base, du toit en porte-à-faux et des parties inférieures des murs de la SEP seront construits, le bassin de moulage sera dégagé de l'infrastructure et rempli d'eau de mer jusqu'au niveau de l'anse de Great Mosquito. Le mur de protection sera enlevé (probablement par une drague à benne preneuse ou une pelle à benne traînante, en retirant les palplanches) afin de créer un passage pour la sortie de la SEP. La SEP sera remorquée et amarrée au site en eau profonde où la construction se poursuivra.

Quelques-unes des étapes de la construction typiques d'une SEP typique sont illustrées en figure 2-11.

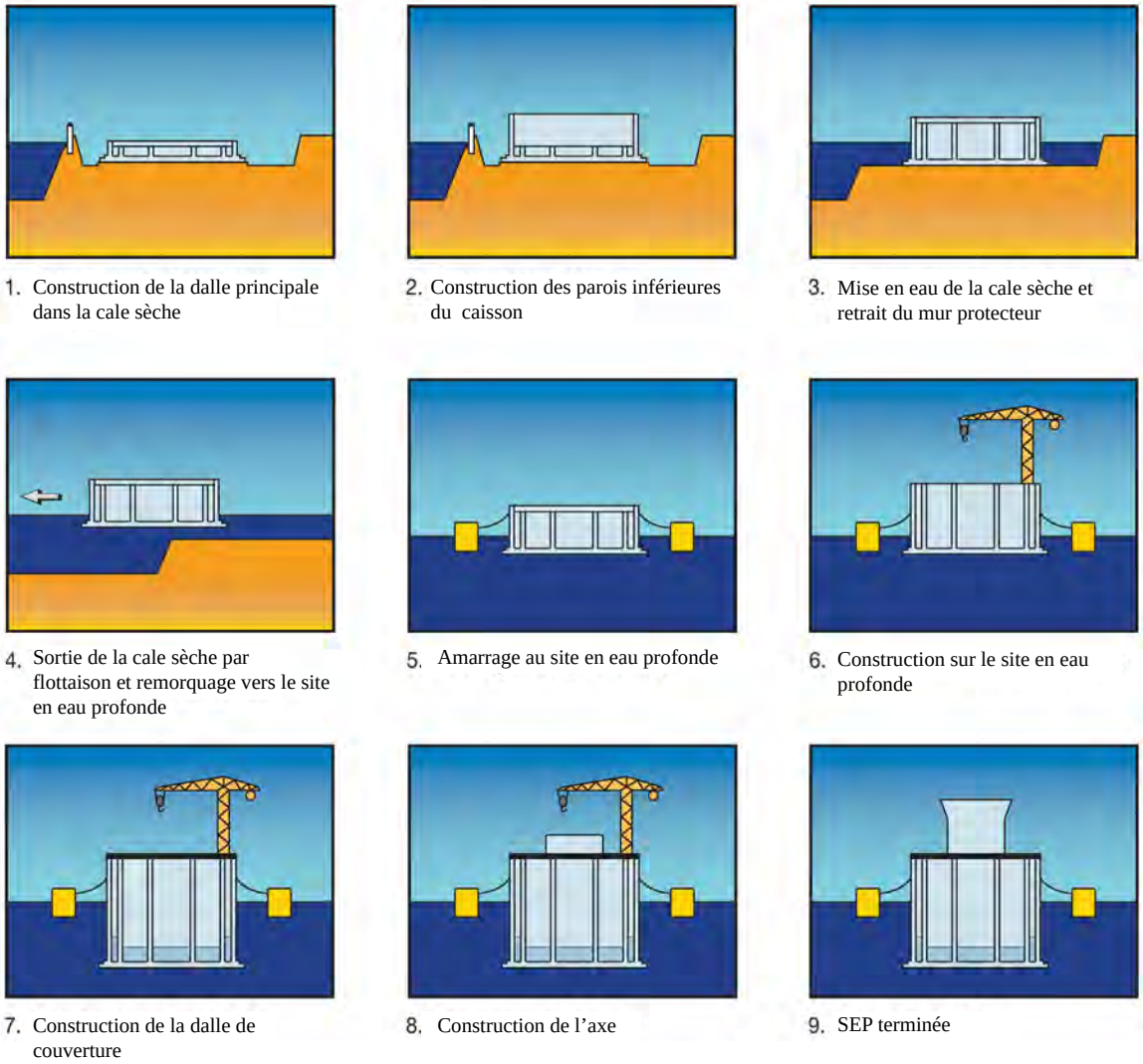


Figure 2-11 Schéma de construction d'une structure à embase-poids

2.8.3 Construction sur le site en eau profonde

Une fois la SEP amarrée au site en eau profonde, le coffrage par glissement des parois des cellules de stockage des murs de protection contre la glace, ainsi que les finitions mécaniques continuent jusqu'à la pleine hauteur du caisson. Une fois la dalle de toit construite, le coffrage par glissement et la construction classique du reste de l'axe continuent jusqu'à la pleine hauteur de la SEP.

La construction des parois du caisson et de l'axe central par filage sera terminée lorsque la SEP sera sécurisée sur le site en eau profonde de Bull Arm. Les amarrages d'eau profonde existants seront utilisés mais il est possible que des amarrages supplémentaires soient nécessaires. Le besoin d'amarrages supplémentaires sera déterminé au stade de l'ingénierie de base. Si des amarrages supplémentaires s'avèrent nécessaires au site en eau profonde, ces derniers seront probablement construits à terre En ce qui a trait aux amarrages additionnels à Bull Arm, le projet Hebron consultera, Transports Canada, le MPO ou les autres autorités fédérales, selon le cas. Le

plan de protection de l'environnement pour Bull Arm (EMCP, 2011) comprend des mesures d'atténuation pour toute construction ayant lieu à terre.

Au quai des installations en surface, des amarrages temporaires sous l'eau (ou des ancres) peuvent s'avérer nécessaires pour positionner le navire de chargement lourd pour le remorquage des installations en surface. Les détails concernant le besoin d'amarrage ou le type d'amarrage pouvant être requis ne sont pas connus pour le moment, car le projet est présentement à l'étape de conception. Toutefois, la stratégie DPP d'Hebron traite de toutes les activités éventuelles à Bull Arm, et tout effet sur l'habitat du poisson sur ce site sera inclus dans le plan de compensation pour la perte de l'habitat du poisson, s'il est justifié.

Le procédé de construction de la SEP sera semblable au filage effectué dans la cale sèche et nécessitera un certain nombre de barges d'assistance. La hauteur des murs sera augmentée jusqu'au maximum, ce qui nécessitera la présence d'une centrale à béton flottante, de barges de travail et d'autres navires d'assistance sur le site. Une fois que les murs du caisson auront atteint leur hauteur maximale et que l'équipement mécanique du caisson sera terminé, la dalle de toiture en béton sera construite. Par la suite, l'axe de support central sera construit et cet axe supportera les installations des unités supérieures.

Il se pourrait que des améliorations à la jetée de Back Cove, où se trouve la gare maritime pour transporter les travailleurs jusqu'à la structure à embase-poids (SEP) en eau profonde, soient nécessaires. Les détails concernant ces améliorations ne sont pas connus pour le moment, mais elles incluront probablement un remplacement temporaire de la jetée. À mesure que de nouvelles informations deviendront disponibles durant la phase d'ingénierie de base, EMCP consultera le MPO au sujet des activités de construction. Des modifications à la conception ou des mesures d'atténuation seront envisagées pour réduire les impacts potentiels sur le ruisseau qui coule dans l'anse. Les améliorations, qui sont proposées actuellement, ne devraient pas s'étendre au-delà des limites de la zone de couverture de la structure du quai.

Des barges d'assistance et de transport sont nécessaires sur le site de construction flottante. Une ou deux barges seront utilisées pour loger les bureaux du chantier, les armoires à outils et autres bâtiments de soutien. Une autre barge portera la centrale à béton flottante. Enfin, une série de barges de transport sera utilisée pour amener le béton, le granulat, les barres d'armature, l'enrobage d'acier et l'équipement mécanique vers le site en eau profonde. Ces barges seront amarrées les unes aux autres et à la structure par une série de points d'attache qui se déplacent progressivement vers le haut de la structure au fur et à mesure de la construction. Des remorqueurs déplaceront les barges de transport vers et depuis le site en eau profonde. Des bacs ou de grands bateaux de relève seront utilisés pour transporter le personnel de la côte jusqu'au site en eau profonde et inversement. Une conduite flottante d'approvisionnement en eau sera installée de la côte jusqu'au site en eau profonde. Un câble sous-marin fournira l'électricité et les communications.

La centrale à béton flottante sera conçue pour prévenir le rejet d'eau de lavage non traitée et de rebuts de béton dans l'environnement. L'eau de lavage sera retenue et dirigée vers des bassins de décantation.

Une fois les parois verticales du caisson construites, le ballast solide permanent sera mis en place. Une portion du ballast sera peut être placée entre le mur externe de protection contre la glace et les parois des cuves internes de stockage d'huile. Une autre portion pourra être placée au fond des cellules de stockage elles-mêmes. Le ballast solide est apporté sur le site par des barges de transport en vrac. Une série de convoyeurs (ou un système de pompage) est utilisé pour transborder et déposer le ballast dans les cellules. À l'intérieur des cellules de stockage, les matériaux seront nivelés et recouverts d'une dalle de béton non structurale. Une fois terminée, la SEP ballastée fera l'objet de tests de submersion et sera préparée pour l'assemblement avec les unités supérieures.

Une liste des activités marines potentielles prévues sur le site de construction en eau profonde et des émissions/rejets qui leur sont associés est présentée ci-après au tableau 2-6.

Tableau 2-6 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la construction sur le site en eau profonde

Activités potentielles	Interactions environnementales potentielles/Rejets/Émissions/jéchets
Rétablissement des amarrages sur le site en eau profonde de Bull Arm. Construction potentielle de nouveaux amarrages, probablement à terre	• Émissions atmosphériques • Eau de fond de cale et de ballast • Drainage du pont • Élimination et rejet de l'eau de pluie, l'eau potable, l'eau de protection incendie et l'eau industrielle (procédé) • Solides en suspension • Bruit (y compris sous la surface de l'eau) • Sédimentation • Rejets associés à la centrale à béton flottante • Élimination des déchets de construction, solides, dangereux, domestiques et sanitaires • Perturbation du fond marin • Lumières • Rejets liés au raccordement et à la mise en service
Ballastage et/ou déballastage de la SEP	
Reconnaissances (ex. : géophysique, géologique, géotechnique, environnementale, ROV, plongée)	
Génération d'électricité	
Filage (fonctionnement de la centrale à béton flottante)	
Ravitaillement en carburant des navires et/ou des générateurs et autres équipements	
Améliorations apportées à la gare maritime de Back Cove (pour transporter les travailleurs jusqu'à la SEP dans le site en eau profonde)	
Opération des traversiers de passagers, des navires, barges et ROV de ravitaillement, d'assistance, de sauvegarde, d'amarrage et de remorquage et éventuellement de l'hélicoptère pendant la mise en service de l'héliport	
Assemblement des unités supérieures et de la SEP	
Raccordement et mise en service des unités supérieures	
Équipement mécanique et mise en service de la SEP	
Remorquage de la plate-forme (SEP et unités supérieures) vers leur emplacement extracôtier (un dragage de dégagement pourrait être nécessaire en fonction du résultat des études futures)	
Éclairage	

Activités potentielles	Interactions environnementales potentielles/Rejets/Émissions/jéchets
Émissions d'air	
Zone de sécurité	

2.8.4 Fabrication et assemblage des unités supérieures

On prévoit construire l'héliport, les stations de canots de sauvetage et le support de torche à Terre-Neuve-et-Labrador. On y construira également d'autres modules sous réserve des capacités et des ressources disponibles. Le module UPM, quant à lui, fera l'objet d'un appel d'offre international.

La conception des unités supérieures est basée sur le concept d'un pont intégré (le MUT). Le MUT réduit le nombre de connexions électriques, de tuyaux et d'appareils entre les modules et maximise la période initiale de mise en service sur le site de fabrication. Le grand MUT contiendra les dispositifs de traitement et de service, le poste de coupure, les salles d'instrumentation, les ateliers, etc. Un espace est réservé sur le pont intégré pour l'installation des modules restants des unités supérieures.

Tous les modules seront assemblés et intégrés à Bull Arm sur le quai d'intégration des parties utiles en surface. Les différentes étapes d'assemblage, d'intégration et du remorquage pour l'assemblage des unités supérieures sont illustrées à la figure 2-12.

2.8.5 Assemblage mise en service des unités supérieures

Tous les modules sont reçus, assemblés et intégrés sur le quai d'assemblage à Bull Arm. Le recours à une conception de l'UPM intégré minimisera l'étendue de raccordement physique nécessaire durant l'intégration avec les autres modules. On s'attend à ce que la mise en service des modules individuels soit déjà à un stade très avancé préalablement à l'intégration.

Avant l'assemblage, la SEP complétée sera ballastée à l'aide d'une combinaison de ballast solide et d'eau de mer jusqu'à la profondeur nécessaire pour conserver un franc-bord suffisant. Les installations de surface seront transportées sur des barges vers la SEP en position catamaran. Lorsque les installations de surface seront parvenues à l'emplacement désiré, la SEP sera délestée jusqu'à ce qu'à ce qu'elle soit connectée aux installations de surface. Le raccordement et la mise en service se poursuivront après l'assemblage.

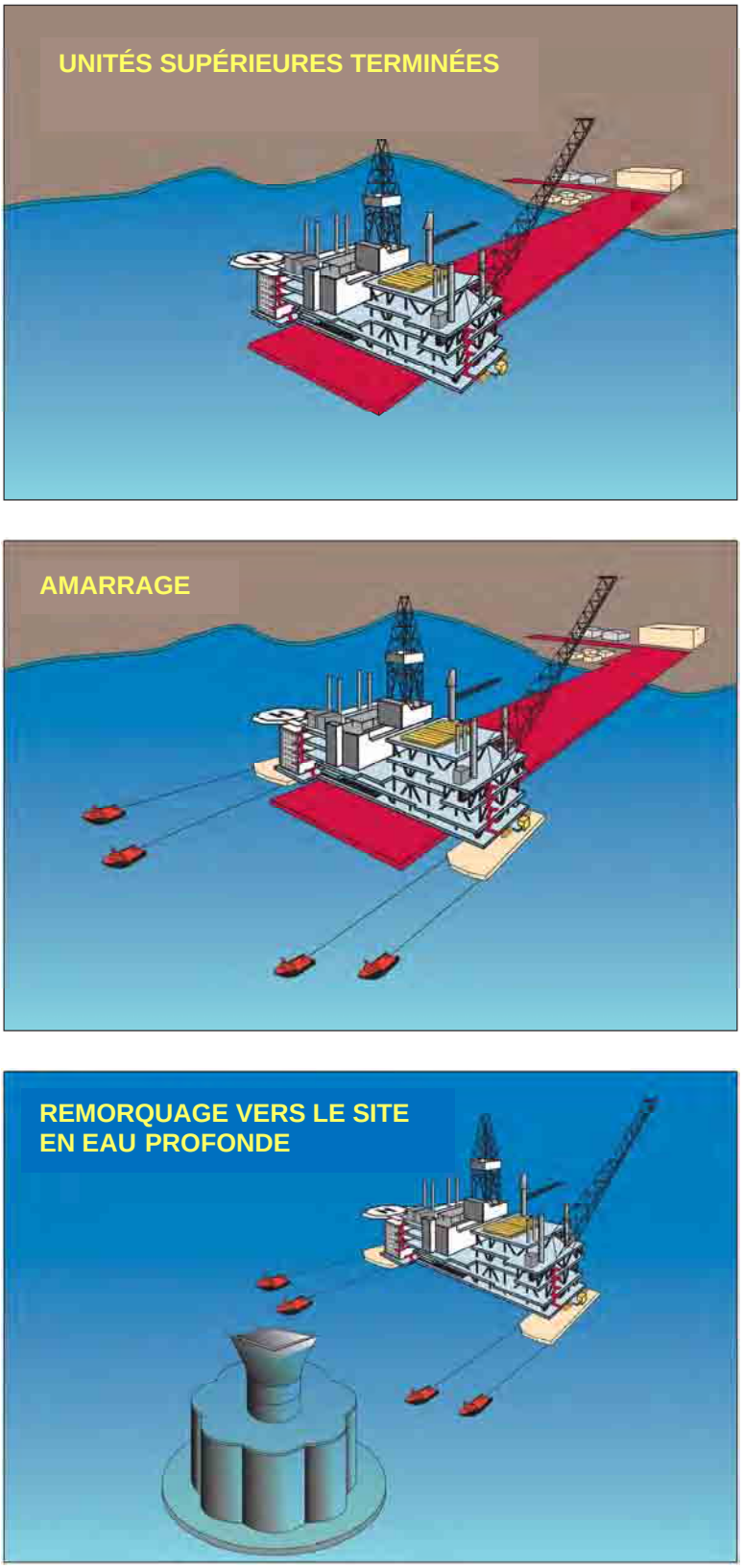


Figure 2-12 Exemple d'intégration des unités supérieures de Hebron à la structure à embase-poids

La fabrication des unités supérieures prendra approximativement 30 mois à l'endroit d'un bon nombre d'installations de fabrication, d'assemblage et d'intégration des modules effectués sur le quai d'intégration des installations en surface de Bull Arm. Les préparatifs de raccordement, de mise en service et de remorquage vers le champ continuent au cours des 1-2 mois suivants l'assemblage.

2.8.6 Préparation du site extracôtier

Des relevés d'ingénierie et d'environnement en bateau peuvent être exigées avant l'installation en mer de la plate-forme. Les reconnaissances géophysiques, géologiques et géotechniques peuvent nécessiter l'usage de techniques et de matériels sismiques, de faisceaux multiples, d'échosondeur, de sonar à balayage latéral et/ou de profileur sous-marin. En attendant davantage d'ingénierie et de conception, il se peut que toutes ces reconnaissances ne soient pas requises et que certaines soient effectuées au cours d'étapes subséquentes du projet.

Les reconnaissances environnementales peuvent comporter des études météorologiques, océanographiques, le prélèvement d'échantillons de poissons et de sédiments, des reconnaissances d'habitat par véhicule télécommandé et des reconnaissances d'icebergs.

2.8.7 Remorquage de la plate-forme et installation en mer

Une fois complétée, la plate-forme de Hebron (SEP et unités supérieures) sera remorquée vers son site permanent à 340 km au large. La période comprise entre mai et septembre est une fenêtre météorologique idéale pour un remorquage à partir du site en eau profonde jusqu'au champ d'Hebron. Pour le remorquage, la SEP sera délestée afin de conserver un franc-bord suffisant.

Après le déballastage de la SEP permettant d'assurer un espace libre suffisant sous la quille, la plate-forme d'Hebron lâchera ses amarres du site en eau profonde et le remorquage commencera à l'aide de navires de remorquage de première cote (puissants remorqueurs) dans une configuration semblable à celle utilisée pour le remorquage d'Hibernia. Pendant le remorquage, des remorqueurs devanceront la plate-forme tandis que d'autres la suivront en cas de secours (au besoin). Le remorquage de la plate-forme devrait prendre entre 10 et 14 jours de déplacement.

La plate-forme Hebron sera mise en place sur le site des Grands Bancs. La pénétration de la jupe dans le plancher océanique peut être facilitée par l'utilisation d'un dispositif d'évacuation permettant de libérer l'air et l'eau emprisonnés dans les compartiments de la jupe. Des ballasts d'eau de mer seront ajoutés à la plate-forme et il faudra peut-être injecter du coulis autour de la plate-forme Hebron afin d'augmenter l'uniformité de pression de portance de la fondation et d'améliorer la stabilité de la plate-forme *in situ*. Le raccordement final et la mise en service peuvent prendre entre trois et neuf mois.

Les activités potentielles pouvant être liées à la préparation du site extracôtier, au remorquage et à l'installation de la plate-forme et les éventuels impacts sur l'environnement sont indiqués au tableau 2-7.

Tableau 2-7 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant le remorquage de la plate-forme d'Hebron et son installation

Activités potentielles	Éventuels impacts sur l'environnement Impacts-rejets-émissions-déchets
Reconnaissance de profondeurs du fond (*ex.*, risques géologiques, sonar à balayage latéral, plongée, ROV, etc., avant l'installation de la plate-forme, du SCE et des centres de forage prévus dans le futur)	• Émissions atmosphériques • Eau de fond de cale et de ballast • Drainage du pont • Élimination et rejet de l'eau de pluie, l'eau potable, l'eau de protection incendie, l'eau de refroidissement et l'eau industrielle • Solides en suspension élevés • Bruit en mer et sous la surface de l'eau • Pertes éventuelles en habitats et organismes benthiques • Perturbation éventuelle du fond marin • Impacts potentiels sur la colonne d'eau • Perturbation des habitats de poissons • Sédimentation • Lumières • Rejets liés au raccordement et à la mise en service
Installation d'amarres temporaires	
Remorquage et installation au large	
Possible dragage d'un espace libre	
Nivelage du fond marin pour l'installation de la plate-forme	
Mise en place de la plate-forme à son site extracôtier	
Injection de coulis sous la base	
Possible ballastage solide extracôtier	
Mise en place d'une protection contre l'affouillement des rochers au fond de la mer autour de l'emplacement définitif de la plate-forme	
Opération des hélicoptères et des navires et barges de ravitaillement, d'assistance, de sauvegarde et de remorquage	
Raccordement, essais de production et mise en service	
Tests hydrostatiques (SCE et conduites de déchargement)	
Possible torchère pendant les essais de production	
Éclairage	
Émissions d'air	
Zone de sécurité	

2.8.8 Construction et installation du système de chargement extracôtier

Les conduites de déchargement et les tubes goulottesdu SEC seront mis en place au lieu de leur destination, à environ 2 km de la plate-forme, soit avant, soit après l'installation de la plate-forme. Les méthodes utilisées pour l'installation du SCE dépendront de la conception finale du SCE. Les conduites de déchargement du SEC devraient être mises en place en ayant recours aux techniques classiques de pose de conduites; aucun creusement ni enfouissement n'est prévu. Les bases du système de chargement extracôtier (SCE) peuvent être ancrées au fond de la mer par des piles (pieux) ou par d'autres moyens appropriés afin de stabiliser la connexion des tubes goulottes du SCE. Il sera peut-être nécessaire de procéder à un déversement de roches et/ou d'utiliser des lits en béton à des fins d'isolation et de stabilité. Des navires d'assistance (de plongée, d'approvisionnement) seront potentiellement utiles.

Les activités potentielles qui peuvent être liées au SCE, sa construction et son installation et les impacts éventuels sur l'environnement sont présentées au tableau 2-8.

2.9 Opérations du projet Hebron

Les opérations du projet Hebron seront gérées par EMCP à titre d'opérateur, employant du personnel interne et faisant appel à des services externes. Le projet sera dirigé et les décisions opérationnelles seront prises aux bureaux à St. John's (Terre-Neuve-Labrador).

Tableau 2-8 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la construction et l'installation du complexe de chargement extracôtier

Activités potentielles	Éventuels impacts sur l'environnement Impacts-rejets-émissions-déchets
Reconnaissances de profondeur du fond (*ex.*, sonar à balayage latéral, plongée, ROV) avant l'installation de la plate-forme, du SCE	• Émissions atmosphériques • Eau de fond de cale et de ballast • Solides en suspension élevés • Bruit en mer et sous la surface de l'eau • Pertes éventuelles en habitats et organismes benthiques • Perturbation éventuelle du fond marin • Contamination éventuelle de la colonne d'eau • Sédimentation • Élimination des déchets de construction, solides, dangereux, domestiques et sanitaires • Lumières
Opération des hélicoptères et des navires et barges de ravitaillement, d'assistance, de sauvegarde et de remorquage ou de navires spécialisés dans la pose de conduites	
Ancrage des bases du SCE au fond de la mer par des pieux	
Installation du SCE (peut être dans une tranchée pour protéger les conduites de déchargement; peut être installé avec des bateaux de plongée)	
Mise en place d'une isolation et stabilisation (lits de rochers ou de béton) sur le fond marin par-dessus les conduites de déchargement du SCE	
Installation de tubes prolongateurs du SCE	
Installation des raccords à la plate-forme	
Intégration de programmes d'essais entre les tubes prolongateurs du SCE et les bases du SCE et entre les tubes prolongateurs du SCE et l'équipement de chargement des pétroliers	
Essais hydrostatiques (SCE et pipelines)	
Possible utilisation d'inhibiteurs de corrosion ou de biocides (SCE ou conduites d'écoulement)	
Éclairage	
Émissions d'air	
Zone de sécurité	

2.9.1 Opérations de production et d'entretien

Les activités potentielles qui peuvent être liées aux opérations de production et d'entretien et les impacts potentiels sur l'environnement sont présentées au tableau 2-9.

2.9.2 Assistance opérationnelle

L'organisation à terre comprendra l'ingénierie, l'assistance technique, la sureté, sécurité, santé et l'environnement, la logistique, le personnel financier et administratif. L'assistance à terre pour les manœuvres dans le port, les entrepôts, les opérations d'hélicoptères et le transbordement de produits sera effectuée sur les chantiers existants à Terre-Neuve et au Labrador. Le projet Hebron fera en sorte d'optimiser les opérations existantes à EMCP par le partage des ressources, contrats, lorsque réalisable.

Tableau 2-9 Activités potentielles et rejets, émissions et déchets éventuels durant la production

Activités potentielles	Éventuels impacts sur l'environnement Impacts-rejets-émissions-déchets
Opération de la plate-forme et du SCE	• Émissions atmosphériques; • Eau de fond de cale et de ballast; • Changements de la qualité de l'eau dans le milieu de réception; • Drainage du pont ; • Élimination et rejet de l'eau de pluie, l'eau potable, l'eau de protection incendie, l'eau de refroidissement et l'eau industrielle; • Élimination des fluides et déblais de forage (boue à base d'eau / boue synthétique); • Rejet de l'eau de production ; • Eau de mer et eau de lutte contre les incendies; • Rejets d'eau de déplacement de stockage; • Fluides de traitement de puits • Niveaux élevés des solides en suspension; • Bruit (y compris sous la surface de l'eau); • Pertes éventuelles en habitats et organismes benthiques ; • Perturbation possible du fond marin; • Possible perte en habitats de poissons; • Lumières; • Zone de sécurité.
Activités de maintenance	
Génération d'électricité et torchère	
Activités opérationnelles normales de la plate-forme et du SCE	
Opération des dispositifs d'eau de mer (refroidissement, lutte contre les incendies)	
Opération du dispositif de l'eau de déplacement de stockage d'huile	
Exigences en eau (eau potable, eau de lutte contre le feu, eau de refroidissement et eau industrielle)	
Déchets produits (déchets domestiques, déchets de construction, dangereux, ,déchets sanitaires)[A]	
Opération d'eau de production Dispositif de traitement et élimination [B]	
Dispositif de protection contre la corrosion	
Utilisation d'inhibiteurs de corrosion ou de biocides (*ex.,* hypochlorite) [C]	
Élimination des eaux ménagères et eaux usées	
Gestion et stockage des produits chimiques et carburants	
Opération des hélicoptères et des navires, barges et VT de ravitaillement, d'assistance, de sauvegarde et de remorquage	
Déchargement de l'huile produite	
Reconditionnements des puits (*ex.*, forage, complétion, essais)	
Préparation et stockage des fluides de forage	
Gestion des fluides et déblais de forage (reconditionnement, rejet ou injection)[D]	
Gestion et stockage des fluides du BOP et des fluides de traitement de puits	
Cimentation et conditionnement de puits	
Opération de puits possible(s) de refoulement	
Dispositifs de traitement de l'huile	
Dispositif d'injection d'eau de mer (pour maintenir la pression du réservoir)	
Dispositifs d'injection de gaz	
Ascension artificielle dans le puits (poussée de gaz, pompes électriques submersibles ou une combinaison des deux)	
Traitement de l'eau huileuse [E]	
Gestion du sable produit [F]	
Dispositif de ventilation et de torchère [G]	
Activités de plongée	

	Activités potentielles	Éventuels impacts sur l'environnement Impacts-rejets-émissions-déchets
A	Les déchets dangereux et non dangereux seront gérés adéquatement afin d'éviter les interactions avec le milieu marin	
B	L'eau de production sera rejetée en conformité avec les *lignes directrices relatives au traitement des déchets dans la zone extracôtière* (OWTB)	
C	L'operateur évaluera l'usage de biocides autres que le chlore. Le rejet depuis le dispositif d'hypochlorite sera traité pour satisfaire à la limite approuvée par l'officier en chef pour la protection de la nature de l'OCTLHE	
D	Les déblais de forage seront rejetés par-dessus bord en conformité avec les *OWTB*; les déblais de forage seront réinjectés dans un trou de puits désigné à cet effet	
E	Les rejets opérationnels seront traités avant d'être rejetés par-dessus bord en conformité avec les OWTB	
F	Les conceptions actuelles de forage sont orientées sur la prévention du sable produit vers les unités supérieures (contrôle du sable de fond de trou). La production de particules fines est possible. La gestion du sable des unités supérieures sera concentrée sur le traitement de ces fines. Dans l'éventualité peu probable d'une défaillance du système de contrôle du sable de fond de trou, une gestion du sable produit sera requise (événement rare)	
G	De petites quantités de gaz carburant seront utilisées pour les veilleuses de torchères et peuvent aussi être utilisées pour balayer les conduites du dispositif de torche ou brûler l'excès de gaz	

2.9.3 Soutien logistique et autres assistances

Les quatre domaines essentiels de soutien logistique requis pendant l'opération et la maintenance du projet sont l'assistance de la base côtière, les mouvements de personnel, l'assistance des navires et la gestion de la glace. Lorsque c'est réalisable, l'opérateur prendra en considération les possibles synergies avec les opérateurs présents à Grand Banks. Le projet sera également aidé par le personnel de réponse en cas de fuite d'huile.

Assistance de la base à terre: La base marine côtière et les entrepôts occupant des installations existantes à St. John's, et dans les zones avoisinantes capables de fournir une assistance aux activités du projet, seront utilisées. Les installations portuaires existantes sont capables de servir à de multiples opérations, comprenant le quayage, des bureaux, des grues, du stockage en vrac, du stockage de matières consommables (carburant, eau) et des capacités de livraison.

Mouvements du personnel: les hélicoptères constituent la méthode principale de transfert du personnel entre St. John's et la plate-forme extracôtière. Le personnel peut aussi être transféré par les navires de ravitaillement, s'il s'avère nécessaire (*ex.*, délais dus aux conditions météorologiques ou logistiques). L'opérateur considérera et discutera de la mise en commun possible de services avec d'autres opérateurs sur Grand Banks en vue d'optimiser les configurations de la flotte de toutes les opérations et fournir le service le plus sûr, efficace et rentable. Il y a eu 280 vols de rotation d'équipage pendant les opérations d'Hibernia en 2008.

Navires d'assistance: Des navires d'assistance et de sauvegarde seront requis pour servir aux besoins opérationnels de la plate-forme et des unités de forage du champ de Hebron. On aura également besoin de navires de ravitaillement pour amener les composantes du programme de suivi des effets environnementaux et pour l'assistance, la formation et l'entraînement de l'équipe de réponse en case de fuite d'huile. L'opérateur réfléchira et discutera des possibles synergies avec les autres opérateurs sur Grand

Banks, là où c'est réalisable, en vue d'optimiser les configurations de la flotte de toutes les opérations et fournir le service le plus sûr, le plus efficace et le plus rentable. Comme pour les opérations actuelles, les navires associés au projet Hebron opéreront dans des corridors de navigation établis entre St. John's et la zone extracôtière du projet. Pour donner une estimation de la fréquence de bateaux qui pourrait s'appliquer au projet Hebron, il y avait 122 bateaux partant de St. John's vers Hibernia en 2008.

Gestion de la glace: Le plan de gestion de la glace de Grand Banks a été développé par les opérateurs existants et le projet Hebron a l'intention de participer à ce programme. Des systèmes fiables de détection, suivi et gestion des icebergs et de la banquise comprenant des techniques de remorquage, ont été développés pour la zone de Grand Banks.

2.9.4 Communications

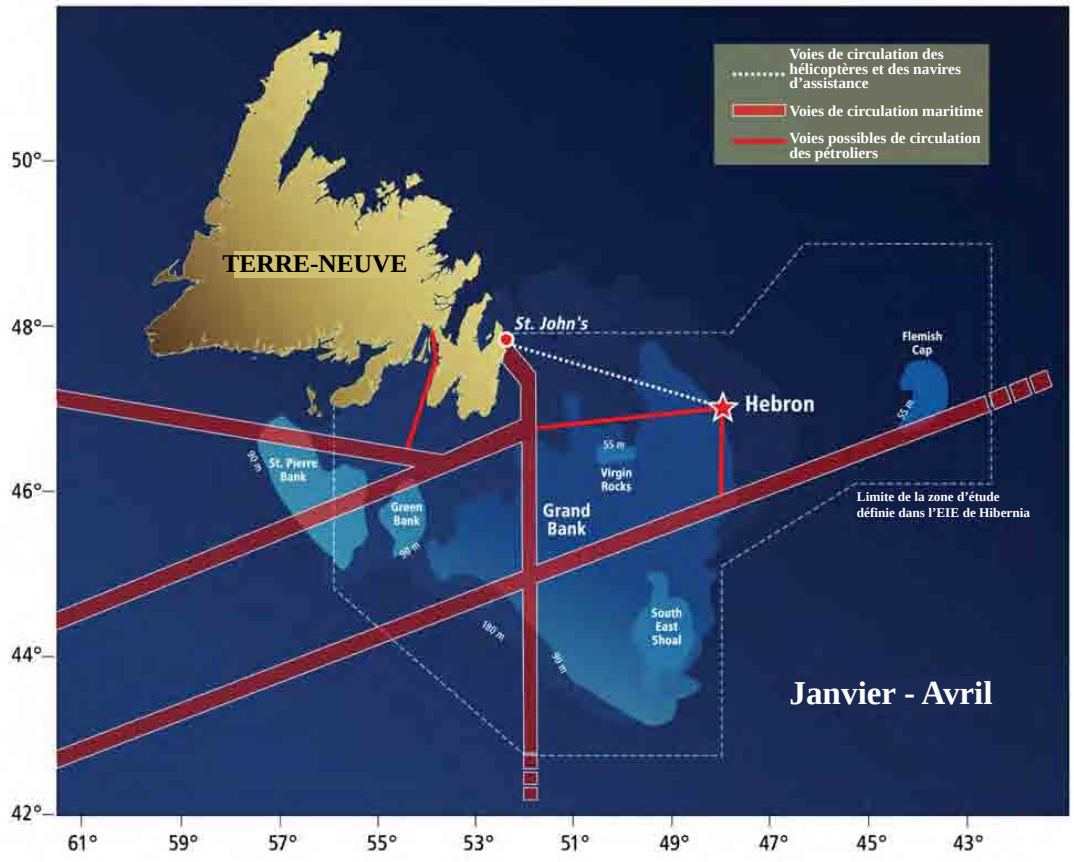
Les systèmes extracôtiers de télécommunications assistant le projet to Hebron peuvent comporter les dispositifs suivants:

- Des dispositifs d'autocommutateur privé (PABX) et de téléphone d'urgence
- Système de sonorisation et d'alarme générale
- Systèmes radio– réseau partagé sur la plate-forme, systèmes marin et aéronautique
- Système de console radio
- Tour d'antenne radio
- Système par satellite en bande C
- Terminal satellite Inmarsat A
- Système mondial de détresse et de sécurité en mer (SMDSM)
- Système radio de canots de sauvetage
- Radar Racon
- Système radio des grues
- Système de suivi radar Metocean et gestion de la glace
- Radar de navigation et d'évitement de collision
- Système GPS différentiel
- Système de télémesure des pétroliers
- Télévision en circuit fermé
- Système de téléphone inter- et intra-plate-forme
- Radio micro-ondes vers Hibernia
- Réseau LAN/WAN de communications de données inter- et intra-plate-forme
- Système de divertissement
- Système de sécurité
- Système de télémédecine
- Les systèmes supplémentaires de télécommunication qui pourraient être nécessaires seront étudiés pendant les phases d'ingénierie de base et de conception détaillée

Ces systèmes doivent fonctionner dans des conditions lointaines, dans des conditions météorologiques et atmosphériques variées prévues pour Grand Banks. Les systèmes doivent être complètement disponibles et fonctionner pendant les conditions normales, pendant toute situation d'urgence à la plate-forme et lors de coupures de courant. Pour remplir ces conditions, une alimentation électrique continue devra être incorporée. Les composantes à terre qui s'y rapportent doivent aussi incorporer la même disponibilité et les mêmes standards de fonctionnement.

2.9.5 Expédition et transport

Le pétrole brut provenant de la plate-forme de Hebron sera transporté vers le terminal de transbordement pétrolier de Terre-Neuve ou directement vers le marché. En supposant une production de pointe de 24 000 m^3/jour, on estime que Hebron aura besoin d'un pétrolier chargeant tous les six jours, ce qui fait un total d'environ 60 chargements de pétrolier par an. En se basant sur ces estimations, la flotte existante de pétroliers (trois pétroliers) actuellement en service à Hibernia et Terra Nova sera utilisée et il ne serait pas prévu d'utiliser des navires supplémentaires. Les pétroliers suivront les voies internationales de circulation existantes (telles que montrées à la figure 2-13) et les voies de circulation établies lors de leur transit vers le terminal de transbordement à Placentia Bay.



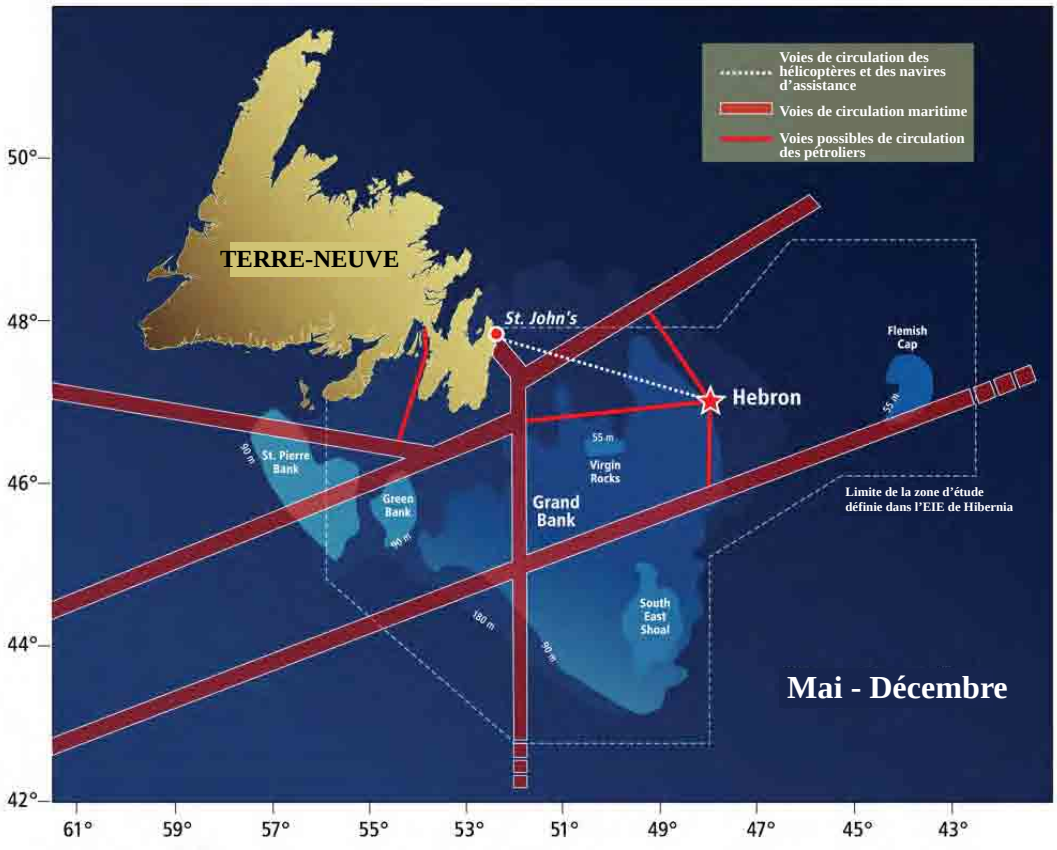


Figure 2-13 Itinéraires de transport s'appliquant au champ de Hebron

2.9.6 Reconnaissances et travaux sur le terrain

2.9.6.1 Reconnaissances sismiques

Les reconnaissances sismiques sont une technique utilisée pour cartographier les couches de roches et leurs propriétés par la propagation du son et la cartographie liée à l'écho (incluant la cartographie sismique). Le but d'une campagne de reconnaissance sismique est d'obtenir une image de la géologie souterraine et des structures où des réserves d'hydrocarbures pourraient s'accumuler (ex. : couches et structures souterraines).

Les reconnaissances sismiques sont effectuées par un navire spécialisé tirant une grappe de canons à air comprimé submergés (source sonore) qui produisent de courtes explosions d'énergie sonore. L'impulsion de pression acoustique traverse le fond de la mer et renvoie les réflexions des diverses couches du fond marin. Des assemblages d'hydrophones sont tirés en flûtes marines derrière un navire pour enregistrer les ondes soniques réfléchies.

Il peut y avoir entre six et dix flûtes marines tirées durant les reconnaissances 3D typiques. Pendant une reconnaissance 2D, une seule flûte marine est tirée. Chaque flûte contient une grappe dense de groupes d'hydrophones qui collectent et transmettent aux enregistreurs les échos du son provenant des couches réfléchissantes. Les profondeurs des couches réfléchissantes sont calculées à partir du temps mis par le son pour atteindre les hydrophones via

le réflecteur; Ceci est connu sous le nom de temps de propagation double. Les données de positionnement et de temps de retour du signal sont collectées sur un maillage et analysées pour développer une image de la stratification géologique au-dessous du fond marin, permettant d'identifier les éventuels pièges d'hydrocarbures. Une campagne 2D couvre généralement une plus grande zone qu'une campagne 3D, qui tire plus de flûtes sur un maillage plus fin qu'une campagne 2D. Les reconnaissances sismiques typiques sont capables de cartographier des couches de roches jusqu'à 10 km de profondeur (CEF, 1998).

Les canons à air sismiques dégagent l'essentiel de l'énergie sonore de manière concentrée, verticalement et vers le bas. Le bruit associé aux canons à air peut varier d'environ 215 à 235 dB re 1 µPa-m pour un seul canon à air et ou entre 235 et 260 dB re 1 µPa-m pour une grappe de canons (Richardson *et al.,* 1995). Les niveaux de source sonore en dehors des côtés du dispositif (horizontal) sont généralement plus bas.

Les grappes et hydrophones sont généralement tirés à plusieurs mètres sous la surface de l'eau. Une campagne de reconnaissance sismique typique dure plusieurs semaines et couvre une étendue d'environ 555 à 1 110 km. Le navire tirant la grappe de canons fait généralement 60 à 90 m de long et se déplace dans l'eau à des vitesses habituellement dans l'intervalle de 8 à 10 km/h (4,5 à 5,5 nœuds).

En général, la fréquence de sortie d'un canon dépend de son volume: les gros canons à air génèrent des impulsions à basse fréquence. Cependant, en raison de la nature pulsative de la source, les canons à air engendrent inévitablement une énergie sonore à hautes fréquences, supérieures à 200 Hz, bien que l'énergie de sortie à ces fréquences soit réellement moindre qu'aux basses fréquences.

2.9.6.2 Reconnaissances de risques géologiques

Des reconnaissances de site de puits ou de risques géologiques peuvent être utilisées pour identifier et éviter les zones instables *(ex.*, dépôts de gaz peu profond) ou les dangers (*ex.*, naufrages) avant le forage. La reconnaissance de site de puits peut utiliser une combinaison de vidéo et d'une petite grappe acoustique et/ou d'un sonar au-dessus de l'emplacement du puits. Bien que l'on dispose d'une gamme variée de sources sismiques pour une telle reconnaissance de site de puits et de risque géologique, une source typique consiste en une grappe de quatre canons à manchons en échelle de 160 pouces-carrés d'un niveau de source estimé à 238 dB re 1µPa @ 1m (de zéro à la crête) tirée à une profondeur de 3 mètres. Cela revient à 244 dB re 1µPa @ 1m (crête à crête).

2.9.6.3 Reconnaissances géotechniques

Les programmes géotechniques sont les relevés concernant la mesure des propriétés physiques du fond marin et du sol. Les reconnaissances du fond marin utilisant les méthodes géophysiques et géotechniques sont employées pour déterminer la nature du plancher marin et des sédiments sous-jacents.

Ces reconnaissances contribuent au positionnement des puits, des pipelines et des installations de production.

Les propriétés d'un substrat ont souvent besoin d'être caractérisées avant l'installation de tout équipement sur ce substrat (comme la plate-forme et les lignes d'écoulement). Les études géotechniques qui ont principalement pour objet la collecte physique d'échantillons de sédiments peuvent également comprendre la collecte de données géophysiques (c.-à-d., par sonar à balayage latéral), telle que décrite à la section 2.9.6.1. Les méthodes de collecte d'échantillons de sédiments comprennent des trous de sonde forés et des échantillons localisés. Les trous de sonde sont forés à chacun des sites potentiels à une profondeur spécifiée, qui est propre au programme et assujettie aux exigences relatives aux données.

En raison de la nature peu profonde de la plupart des trous de sonde, ils sont généralement situés entièrement dans des sols (non consolidés : sables, limons et argiles) et ne pénètrent pas dans les formations pétrolifères. Les déblais de forage seront évacués sur le fond marin. Un trou de sonde produit généralement 1 m^3 de déblais de forage.

Les préoccupations majeures associées au forage dans le milieu marin sont l'envasement de la colonne d'eau et la mortalité par étouffement ou la modification de la qualité de l'habitat des espèces marines. Le bruit associé au forage est également une préoccupation potentielle pour la faune marine, particulièrement les mammifères marins. Les oiseaux peuvent, en outre, être attirés par les lumières de la plate-forme de forage.

2.9.6.4 Reconnaissances de profils sismiques de puits

Des profils sismiques de puits (PSP) peuvent également être effectués lors des activités de forage et de production à l'aide d'une grappe de canons à air. Les PSP constituent un ensemble de mesures du trou du puits (sismogrammes) enregistrés par des géophones à l'intérieur du trou du puits utilisant des sources sonores à la surface, près du puits. Un PSP sert à corréler les données de puits avec les données sismiques de surface afin d'obtenir des images de plus grande résolution que celles des images sismiques de surface et pour collecter des données à l'avance par rapport à l'outil de forage. La grappe est semblable à celle employée par les campagnes sismiques 2D ou 3D mais généralement plus petite et déployée sur une aire plus petite et sur une période de temps plus courte, souvent seulement 12 à 36 heures, parfois jusqu'à plusieurs jours. On utilise comme source sonore un canon à air semblable à celui employé lors d'une campagne sismique de surface.

Une colonne d'outils d'enregistrement est placée dans le trou du puits et ancrée à des points successifs de façon à couvrir l'ensemble de la profondeur d'enregistrement. Dans le cas d'un PSP parfaitement vertical, une grappe de source sismique est déployée sur le côté de la plate-forme de forage. La source est activée (normalement trois à cinq fois) pour créer une onde sonique qui est captée par les géophones de la colonne d'enregistrement.

On effectue généralement un seul PSP parfaitement vertical sur chaque puits lorsqu'on a atteint la profondeur finale. Un opérateur peut décider d'effectuer deux PSP verticaux par puits, quand les parties intermédiaires et inférieures du puits ont été forées. Un opérateur peut également décider d'effectuer un PSP à déport croissant en même temps que le PSP parfaitement vertical dans la partie intermédiaire du trou. Un PSP à déport croissant est un type de PSP dans lequel la source est déportée progressivement plus loin à la surface alors que les capteurs sont maintenus à un endroit fixe, fournissant effectivement un mini-profil sismique 2D qui peut présenter une plus grande résolution que les données de sismique de surface et fournir une couverture plus continue qu'un PSP vertical. Des PSP à déport croissant en 3D, qui utilisent un maillage en surface d'emplacements de sources, produisent des images 3D dans des zones où les données de sismique de surface ne fournissent pas d'image convenable en raison d'effets de surface ou d'obstacles en surface. Si on utilise un PSP à déport croissant, les deux grappes de source ne doivent pas être activées en même temps.

2.9.6.5 Reconnaissances environnementales

Les reconnaissances environnementales sont celles qui concernent l'étude des éléments physiques, chimiques et biologiques du site. Elles peuvent impliquer la collecte de données sur la glace et les icebergs, le temps, la faune et la flore, les sédiments ou l'eau. Les méthodes de collecte des données comprennent l'observation directe, la station météorologique sur le site, le prélèvement d'échantillons de carottes ou de sédiments récents ou l'échantillonnage de poissons par diverses méthodes. Les reconnaissances environnementales incluent également les programmes de suivi des effets sur l'environnement.

2.10 Démantèlement et abandon

L'opérateur démantèle et abandonne les installations de production de Hebron en conformité avec les exigences de la réglementation en vigueur au moment de la fin de vie du projet. L'infrastructure de la plate-forme de Hebron sera démantelée et les puits seront condamnés et abandonnés. La structure de la plate-forme d'Hebron sera conçue pour être démontée à la fin de son existence utile.

2.11 Possibilités d'expansion

Un développement futur des ressources est anticipé au sein des quatre licences de découvertes importantes et/ou sur des zones adjacentes que les promoteurs du projet pourraient acquérir. Ces développements d'expansion peuvent être produits depuis la plate-forme ou par raccordement en utilisant des conduites d'écoulement sous-marines. Ces développements peuvent nécessiter l'ajout d'un ou de plusieurs centre(s) de forage creusé(s) dans la zone du projet. Des tubes en «J» et/ou des tubes prolongateurs seront incorporés dans la conception de la SEP pour satisfaire cette option de rattachement et permettre le raccordement. Les centres de forage creusés

seront situés dans la zone du projet Hebron selon les besoins pendant la durée du projet.

Pour tout centre de forage creusé qui serait construit, son emplacement final sera ajusté en fonction des études futures d'ingénierie, de sismique, de géotechnique et de risques géologiques.

Les configurations conceptuelles de puits et de conduites d'écoulement décrites ci-dessous sont préliminaires et sujettes à révision ultérieure avant que la conception finale soit déterminée. Ces projets d'expansion éventuels peuvent comprendre, notamment, les activités suivantes:

- La construction, l'installation, l'opération, la maintenance, la modification, et l'abandon-démantèlement de jusqu'à quatre centres de forage creusés (jusqu'à une taille d'environ 70 m x 70 m x 10 m) qui contiennent l'équipement nécessaire pour soutenir l'extraction des ressources pétrolières
  - Chacun des centres de forage excavé pourrait contenir un certain nombre de puits d'injection ou de production
  - Excavation éventuelle utilisant des méthodes de construction éprouvées pour les Grands Bancs
  - Évacuation des déblais de dragage du centre de forage excavé dans une zone ou plusieurs zones approuvées
- Construction, installation, protection, exploitation, maintenance, modification, abandon et déclassement des conduites d'écoulement/ ombilicales sous-marines et de l'équipement associé (conduites d'écoulement d'eau, de gaz et de pétrole comprises) raccordés à la plate-forme Hebron:
  - Ceci inclut toute excavation associée au fond marin, excavation recouvrement et/ou dépôt de sol
  - Les matelas de béton mis en place sur les conduites d'écoulement peuvent être installés par un bâtiment de soutien des opérations de plongée ou par un autre navire occasionnel
  - Les raccordements au puits peuvent être exécutés par un navire d'installation ou par une unité mobile de forage en mer (UMFM) (appuyée par un engin télécommandé) durant le programme de construction sous-marine
  - Les têtes de production, les gabarits et les collecteurs seront installés par le navire d'installation tandis que les raccordements des collecteurs au pipeline seront installés par les plongeurs et/ou par l'engin télécommandé (ROV)
- Besoin possible d'équipement supplémentaire pour les installations en surface situées sur la plate-forme Hebron afin de fournir une capacité de traitement additionnelle
- Forage, complétion et reconditionnements des puits en mer; ces activités peuvent être entreprises à partir d'une ou plusieurs unités mobiles de forage en mer (UMFM)
- Études géophysiques (levés sismiques (2D/3D/4D), géorisques / sites de puits sondages de PSV) et/ou géotechniques

- Activités de soutien, notamment, les levés au moyen d'engin télécommandé (ROV), les programmes de plongée et les ppérations des embarcations de soutien associées aux activités ci-dessus comprenant, entre autres, les navires pour les excavations du centre de forage excavé, les plates-formes de forage extracôtier, les navires de ravitaillement, les navires de réserve et les hélicoptères

Il est prévu de construire les centres de forage creusés à l'aide de méthodes établies et ces derniers seront conçus de la même manière que ceux qui sont déjà en place à Grand Banks. Chacun des centres de forage creusés pourrait contenir un bon nombre de puits d'injection ou de production. L'installation de l'infrastructure sous-marine serait réalisée par un navire d'installation, des plongeurs et/ou un ROV. Si nécessaire, des matelas de béton seront placés au-dessus des conduites d'écoulement près de la plate-forme de Hebron et installés par un navire d'assistance de plongée ou un autre navire selon les disponibilités. Des mesures de protection des conduites d'écoulement contre l'affouillement par les icebergs seront définies et mises en place au besoin.

TABLE DES MATIERES

3 CADRE PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT 3-1

3.1 Environnement côtier (zone de Bull Arm) 3-1
3.1.1 Environnement atmosphérique 3-1
3.1.1.1 Climatologie du vent 3-1
3.1.1.2 Température 3-6
3.1.1.3 Systèmes tropicaux 3-7
3.1.2 Environnement océanique 3-10
3.1.2.1 Bathymétrie 3-10
3.1.2.2 Houle 3-12
3.1.2.3 Tsunamis 3-17
3.1.2.4 Courants 3-18
3.1.2.5 Marées et vagues de tempêtes 3-20
3.1.2.6 Propriétés physiques et chimiques 3-21
3.1.3 Vent et vagues extrêmes 3-24
3.1.3.1 Vent 3-24
3.1.3.2 Vagues 3-26
3.1.3.3 lyse des températures extrêmes 3-28
3.1.4 Glace de mer et icebergs 3-29
3.1.4.1 Type de glace 3-30
3.1.4.2 Conditions des icebergs dans la baie de la Trinité 3-32
3.1.4.3 Répartition des icebergs par année 3-32
3.1.4.4 Répartition des icebergs par mois 3-33
3.1.4.5 Répartition de taille des icebergs 3-33
3.1.5 Géologie de la zone de Bull Arm (Anse Mosquito) 3-34
3.1.5.1 Géologie de surface 3-35
3.1.5.2 Données géotechniques 3-36

3.2 Zone extracôtière 3-37
3.2.1 Milieu atmosphérique 3-37
3.2.1.1 Climatologie 3-37
3.2.1.2 Climatologie du vent 3-38
3.2.1.3 Température de l'air et de la mer 3-41
3.2.1.4 Précipitations 3-44
3.2.1.5 Verglas 3-45
3.2.1.6 Visibilité 3-47
3.2.1.7 Systèmes tropicaux 3-48
3.2.2 Milieu océanique 3-53
3.2.2.1 Bathymétrie 3-53
3.2.2.2 Houle 3-53
3.2.2.3 Vents et vagues extrêmes 3-64
3.2.2.4 Tsunamis 3-70
3.2.2.5 Courants 3-70
3.2.2.6 Marées et vagues de tempêtes 3-74
3.2.2.7 Propriétés physiques et chimiques 3-74
3.2.3 Banquise et icebergs 3-77

3.2.3.1 Banquise 3-81
3.2.3.2 Mouvement de la banquise 3-90
3.2.3.3 Concentrations 3-93
3.2.3.4 Taille des floes 3-94
3.2.3.5 Déformation et épaisseur 3-96
3.2.3.6 Icebergs 3-97
3.2.4 Conditions géotechniques et géologiques 3-104
3.2.4.1 Stratigraphie régionale peu profonde 3-104
3.2.4.2 Géologie peu profonde de la zone extracôtière du projet Hebron 3-105
3.2.4.3 Géologie superficielle de la zone extracôtière du projet 3-107
3.2.4.4 Données géotechniques provenant de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron 3-110
3.2.4.5 Entraves d'origine humaine 3-111
3.2.5 Données sur l'affouillement par la glace dans la zone d'étude extracôtière d'Hebron 3-112
3.2.6 Changement du climat 3-117
3.2.6.1 Montée du niveau de la mer 3-117
3.2.6.2 Houle 3-118
3.2.6.3 Températures de surface de la mer 3-119
3.2.6.4 Glace de mer et icebergs 3-119
3.2.6.5 Résumé 3-120

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 3-1 Point du maillage climatologique de la base de données MSC50 (M6012874) 3-2
Figure 3-2 Rose des vents annuelle pour le point de maillage M12874 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005 3-3
Figure 3-3 Rose des vents annuelle pour la station météorologique de Bull Arm, janvier 1995 à mai 1997 3-3
Figure 3-4 Fréquence annuelle en pourcentages des vitesses du vent pour le point de maillage 12874 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005 3-5
Figure 3-5 Trajets des tempêtes des systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 47,8°N 53,9°O, de 1950 à 2009 3-8
Figure 3-6 Bathymétrie à Bull Arm (A) et à l'entrée de la baie de la Trinité (B), Terre-Neuve 3-11
Figure 3-7 Comparaison de la houle et du vent, juillet 1995, bouée houlographe et station météorologique d'Oceans à Bull Arm et point de maillage M12874 de la base de données MSC50 dans la baie de la Trinité 3-14
Figure 3-8 Comparaison de la houle et du vent, décembre 1995, bouée houlographe et station météorologique d'Oceans à Bull Arm et point de maillage M12874 de la base de données MSC50 dans la baie de la Trinité 3-15
Figure 3-9 Vagues à Bull Arm et dans la baie de la Trinité, 1995-1996: hauteur mensuelle significative des vagues 3-16
Figure 3-10 Houle à Bull Arm et dans la baie de la Trinité, 1995-1996: période mensuelle des vagues de pointe 3-16
Figure 3-11 Tremblements de terre au Canada ou proches du Canada, de 1627 à 2007 3-17
Figure 3-12 Emplacements des mesures de température et de salinité pour Bull Arm 3-22
Figure 3-13 Fréquence de présence de banquise dans la baie de la Trinité 3-30
Figure 3-14 Épaisseur déduite de la banquise à l'embouchure et au fond de la baie de la Trinité 3-31
Figure 3-15 Répartition des icebergs dans la baie de la Trinité par année 3-32

Figure 3-16 Répartition mensuelle des icebergs dans la baie de la Trinité 3-33
Figure 3-17 Répartition de la taille des icebergs pour la baie de la Trinité 3-34
Figure 3-18 Rose des vents annuelle pour le point de maillage M10632 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005 3-40
Figure 3-19 Pourcentages de fréquence annuelle des vitesses du vent pour le point de maillage M10632 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005 3-40
Figure 3-20 Température mensuelle moyenne de l'air et de la surface de l'eau (base de données ICOADS) 3-42
Figure 3-21 Pourcentages de fréquence de conditions potentielles d'embruns verglaçants 3-47
Figure 3-22 Pourcentages de périodes de visibilité annuelle et mensuelle, source: base de données ICOADS (1950 à 2006) 3-48
Figure 3-23 Trajets des tempêtes des systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 46,5°N 48,5°O, de 1950 à 2009 3-52
Figure 3-24 Bathymétrie de la zone extracôtière du projet 3-54
Figure 3-25 Point de maillage climatologique M10834 de la base de données MSC50 sur les Grands Bancs 3-54
Figure 3-26 Fréquence saisonnière de la hauteur significative des vagues par direction pour le point de maillage M10834 de la base de données MSC50 3-57
Figure 3-27 Comparaison des hauteurs significatives des vagues : simulation rétrospective au point de maillage M10834 de la base de données MSC50 et mesures effectuées à Hibernia, à Terra Nova et à White Rose. 3-63
Figure 3-28 Courbes de température et de salinité pour les Grands Bancs Nord Est 3-75
Figure 3-29 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 31 mars 2008 3-79
Figure 3-30 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 7 avril 2008 3-79
Figure 3-31 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 14 avril 2008 3-80
Figure 3-32 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 21 avril 2008 3-80
Figure 3-33 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 15 janvier 1971 à 2000 3-83
Figure 3-34 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 12 février 1971 à 2000 3-84
Figure 3-35 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 19 mars 1971 à 2000 3-85
Figure 3-36 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 16 avril 1971 à 2000 3-86
Figure 3-37 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 14 mai 1971 à 2000 3-87
Figure 3-38 Historique de la couverture de glace accumulée par saison pour la région des Grands Bancs de 1970/71 à 2008/09 3-88
Figure 3-39 Total accumulé de la couverture des glaces historiques pour la période de janvier à mai 3-89
Figure 3-40 Incursions hebdomadaires de banquise à moins de 28 km de l'endroit de la plate-forme d'Hebron 3-90
Figure 3-41 Dépassement en pourcentage de la vitesse moyenne journalière de dérive et répartition de la direction de la dérive 3-91
Figure 3-42 Trajectoires de flotteur Argo, 2002 à 2010 3-92
Figure 3-43 Vitesses de dérive des bouées 3-92
Figure 3-44 Dérive des bouées 3-93
Figure 3-45 Valeurs centrales de la concentration médiane des glaces pendant 30 ans au sud du 49 N, dans les Grands Bancs 3-93
Figure 3-46 Couverture historique des glaces hebdomadaires pour la zone de la plate-forme Hebron 3-95

Figure 3-47 Nombres maximum et moyen annuels d'icebergs observés 3-98
Figure 3-48 Graphiques d'anomalies des vecteurs vent de mars à mai 3-100
Figure 3-49 Cartes quotidiennes des icebergs à partir de mai 2005 3-101
Figure 3-50 Nombre moyen d'icebergs au sud du 48°N par mois 3-101
Figure 3-51 Dépassement de vitesse et distribution de la direction de la vitesse 3-102
Figure 3-52 Distribution de taille des icebergs basée sur 498 observations 3-103
Figure 3-53 Géologie superficielle d'Hebron d'après la Commission Géologique du Canada (Atlantique) 3-109
Figure 3-54 Mosaïque de sonar à balayage latéral d'Hebron 3-110
Figure 3-55 Image en relief ombré des données bathymétriques multifaisceaux de l'affouillement 00-18 3-112
Figure 3-56 Plan de situation d'échouages d'icebergs sur les Grands Bancs de Terre-Neuve et zones 3-114
Figure 3-57 Affouillements d'icebergs dans la zone d'étude extracôtière d'Hebron 3-115

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 Sources de données pour le point de maillage M12874 et les autres points d'observation 3-4
Tableau 3-2 Statistiques de vitesses moyennes du vent 3-4
Tableau 3-3 Statistiques de vitesses maximales du vent 3-6
Tableau 3-4 Statistiques de températures de l'air à Bull Arm 3-7
Tableau 3-5 Systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 47,8°N 53,9°O, 1950 à 2009 3-9
Tableau 3-6 Statistiques de hauteurs moyennes mensuelles significatives des vagues (m) pour la base de données MSC50 3-12
Tableau 3-7 Statistiques de hauteurs maximales significatives des vagues (m) pour la base de données MSC50 3-13
Tableau 3-8 Courants océaniques pour des profondeurs de 5 à 75 m du 9 février 1991 au 13 mars 1991, près du site de construction de la structure à embase-poids d'Hibernia 3-19
Tableau 3-9 Spécifications environnementales du projet de développement d'Hibernia: profils de courants extrêmes centenaires pour les sites en eau profonde de Bull Arm 3-19
Tableau 3-10 Niveaux des marées et houles moyennes et extrêmes à Bull Arm 3-21
Tableau 3-11 Statistiques de température et salinité 3-22
Tableau 3-12 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 heure (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-25
Tableau 3-13 Estimations de vitesses extrêmes du vent de 10 minutes (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-25
Tableau 3-14 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 minute (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-25
Tableau 3-15 Estimations de hauteurs extrêmes significatives de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-26
Tableau 3-16 Estimations de hauteurs maximales de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-27
Tableau 3-17 Estimations de périodes de pointe extrêmes associées pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans 3-27
Tableau 3-18 Hauteurs de vagues extrêmes centenaires sur les sites en eau profonde (site de construction de la SEP d'Hibernia) et Bull Arm 3-28
Tableau 3-19 Estimations de températures minimales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10 et 25 ans 3-28

Tableau 3-20 Estimations de températures maximales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10 et 25 ans 3-29
Tableau 3-21 Fréquence de présence de la glace de mer 3-29
Tableau 3-22 Épaisseur de la glace déduite du type de glace moyenne 3-30
Tableau 3-23 Taille des icebergs 3-33
Tableau 3-24 Classification de la taille des icebergs 3-34
Tableau 3-25 Statistiques de vitesses moyennes du vent 3-38
Tableau 3-26 Statistiques de vitesses maximales du vent 3-41
Tableau 3-27 Statistiques de température de l'air (°C) d'après la base de données ICOADS 3-42
Tableau 3-28 Statistiques de température de la surface de la mer d'après la base de données ICOADS 3-43
Tableau 3-29 Statistiques de température mensuelle de l'air pour le champ de Terra Nova situé à 46,4°N, 48,4°O 3-43
Tableau 3-30 Répartition des pourcentages de fréquence (%) des précipitations 3-44
Tableau 3-31 Pourcentages de fréquence des conditions potentielles d'embruns verglaçants 3-46
Tableau 3-32 Systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 46,58°N 48,5°O, de 1950 à 2009 3-50
Tableau 3-33 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe au point de maillage M10834 de la base de données MSC50 3-55
Tableau 3-34 Hauteur significative annuelle de vague vs. période de vague de pointe au point de maillage M10834 de la base de données MSC50 3-56
Tableau 3-35 Statistiques de vagues extrêmes 3-58
Tableau 3-36 Facteurs directionnels de pondération de la hauteur des vagues 3-59
Tableau 3-37 Sources des mesures de vagues sélectionnées dans les Grands Bancs 3-59
Tableau 3-38 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à Hibernia, de janvier 1980 à décembre 1988, et de janvier 1998 à décembre 1999 3-60
Tableau 3-39 Hauteur significative annuelle de vagues et période de vagues de pointe à Hibernia, de janvier 1980 à décembre 1988, et de janvier 1998 à décembre 1999 3-61
Tableau 3-40 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à Terra Nova, de juillet 1999 à septembre 2009 3-61
Tableau 3-41 Hauteur significative annuelle de vagues en fonction de la période de vagues de pointe à Terra Nova, de juillet 1999 à septembre 2009 3-62
Tableau 3-42 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à White Rose, d'octobre 2003 à août 2007 3-62
Tableau 3-43 Hauteur significative annuelle de vagues en fonction de la période de vagues de pointe à White Rose, d'octobre 2003 à août 2007 3-63
Tableau 3-44 Lieux d'observation des vagues 3-64
Tableau 3-45 Statistiques combinées des hauteurs de vagues significatives (m) pour le jeu de données MSC50 3-64
Tableau 3-46 Nombre de tempêtes s'accordant au mieux à l'analyse des valeurs extrêmes des vents et des vagues au point de maillage 10632 3-65
Tableau 3-47 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 heure (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage M10632 3-66
Tableau 3-48 Estimations de vitesses extrêmes du vent de10 minutes (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632 3-66
Tableau 3-49 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 minute (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632 3-67

Tableau 3-50 Estimations de hauteurs extrêmes significatives de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632 3-68
Tableau 3-51 Estimations de températures minimales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10, 25, 50 et 100 ans 3-69
Tableau 3-52 Estimations de températures maximales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10, 25, 50 et 100 ans 3-69
Tableau 3-53 Courants moyens sur les Grands Bancs 3-71
Tableau 3-54 Courants mesurés dans la zone du projet Hebron du 6 janvier au 23 avril 1999 3-72
Tableau 3-55 Statistiques de vitesses extrêmes de courant 3-72
Tableau 3-56 Vitesses extrêmes de courants pour des intervalles de récurrence de 1 à 100 ans pour les zones des projets Hebron et Terra Nova 3-73
Tableau 3-57 Niveaux de marées et vagues de tempêtes extrêmes à Terra Nova 3-74
Tableau 3-58 Statistiques de température et salinité pour les Grands Bancs Nord-Est 3-76
Tableau 3-59 Caractérisation de la banquise par type, épaisseur et âge 3-81

3 CADRE PHYSIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

3.1 Environnement côtier (zone de Bull Arm)

Le lieu de construction de la structure à embase-poids (SEP) d'Hebron est situé à Bull Arm dans la baie de la Trinité. Bull Arm fait environ 16 km de long sur une largeur moyenne de 1,6 km et est situé à l'extrémité nord-ouest de l'entrée de la baie de la Trinité à l'isthme qui relie la péninsule d'Avalon au corps principal de l'île de Terre-Neuve. La baie de la Trinité est une grande baie sur la côte nord-est de Terre-Neuve large d'environ 100 km et orientée vers le nord-est.

Les zones côtières à l'est de Terre-Neuve sont dominées par la branche interne du courant du Labrador coulant vers le sud à des vitesses généralement de 0,72 km/h (20 cm/s) (Petrie and Anderson 1983; Petrie 1991; Narayanan *et al.* 1996). La combinaison de la dérive littorale, des courants de marée et des courants de retour résulte en écoulements vers le sud le long des promontoires et autres côtes qui peuvent parfois être considérablement plus gros que les écoulements moyens.

La circulation locale peut être nettement différente dans les baies littorales majeures de celle sur la côte externe. Les vitesses moyennes de courants sont inférieures dans la baie de la Trinité (Yao 1986) et la baie de Conception (deYoung *et al.* 1993; deYoung and Sanderson 1995) à celles le long des côtes externes. Les vitesses d'écoulement sont contrôlées par la topographie locale sous l'eau dans l'essentiel de la région; la forme du bassin joue aussi un rôle important. Les écoulements tidaux dans les baies sont également faibles, avec des vitesses typiques de quelques centimètres par seconde ou moins. L'exposition aux vagues océaniques est largement réduite dans les plus grandes baies et dans les aires abritées par des îles extracôtières, ce qui résulte en types de plages très différents.

L'environnement littoral est aussi affecté saisonnièrement par la banquise par des affouillements du fond durant la débâcle. La couverture de glace terrestre peut aussi protéger la ligne de côte de la houle et des courants forts dans des endroits plus abrités. La banquise recouvre souvent le littoral de la mi-mars à fin avril se déplaçant rapidement le long des littoraux extracôtiers exposés en raison des vents et des courants locaux et demeurant dans les grandes baies pour des périodes de longue durée. On peut trouver plus de détails sur l'environnement physique littoral de la baie de la Trinité dans ExxonMobil Canada Properties (EMCP 2010).

3.1.1 Environnement atmosphérique

3.1.1.1 Climatologie du vent

La côte est de Terre-Neuve est affectée d'une manière prédominante d'un écoulement sud-ouest à ouest tout au long de l'année. Toutefois, la topographie locale a une large influence sur la direction et la vitesse du vent à

Bull Arm dans la baie de la Trinité. La station climatologique de la base de données MSC50 la plus proche de Bull Arm est le point de maillage M12874 (47.7°N, 53.8°W) (figure 3-1).

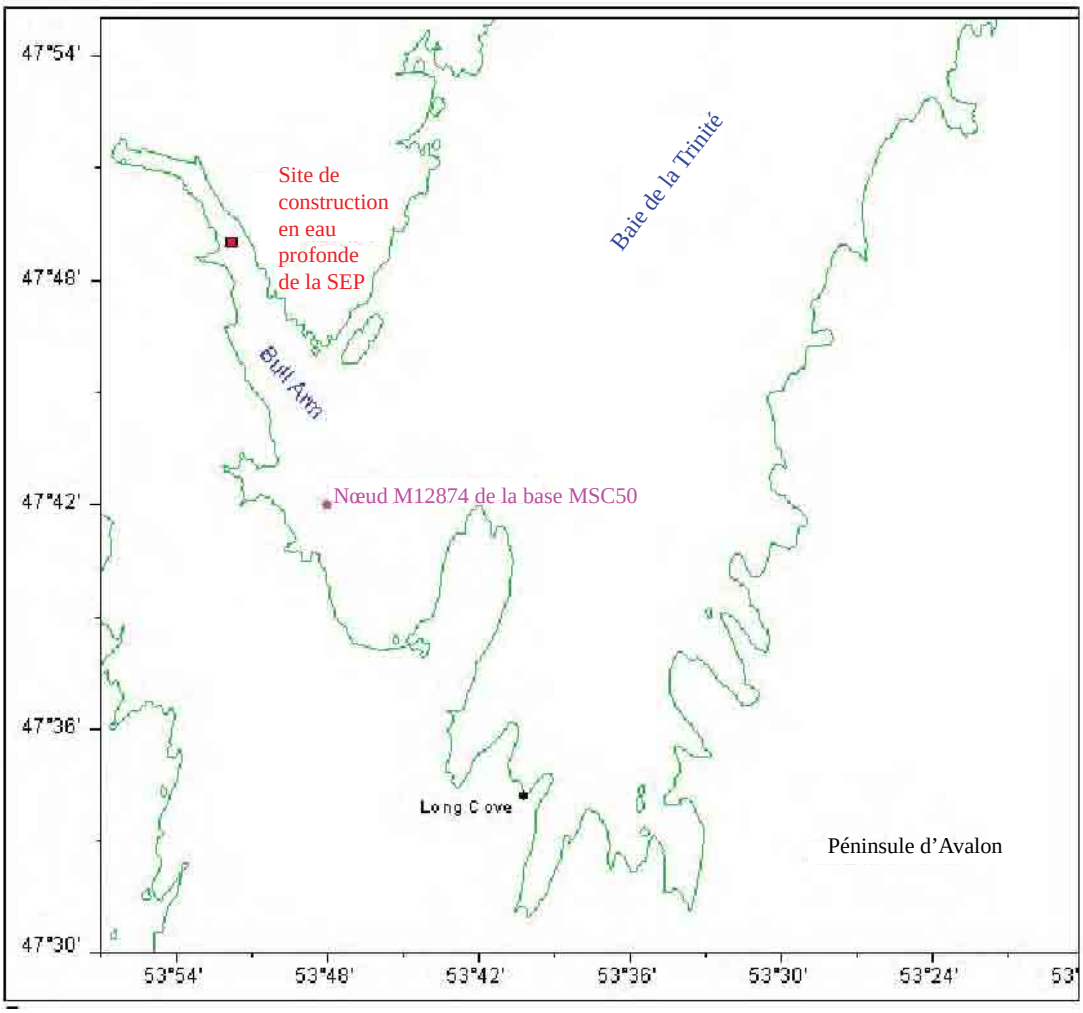


Figure 3-1 Point du maillage climatologique de la base de données MSC50 (M6012874)

Les roses des vents de la vitesse annuelle du vent au point de maillage M12874 (figure 3-2) et à la station météorologique de Bull Arm (figure 3-3) soulignent les différences entre les vents climatologiques et ceux mesurés à l'intérieur de l'anse Mosquito. Le sens généralement ouest à sud-ouest typique de la climatologie de la région est plus dirigé vers le nord-ouest en raison des effets de la topographie. On peut trouver plus de détails sur les sources des données utilisées dans la climatologie littorale du vent dans EMCP (2010).

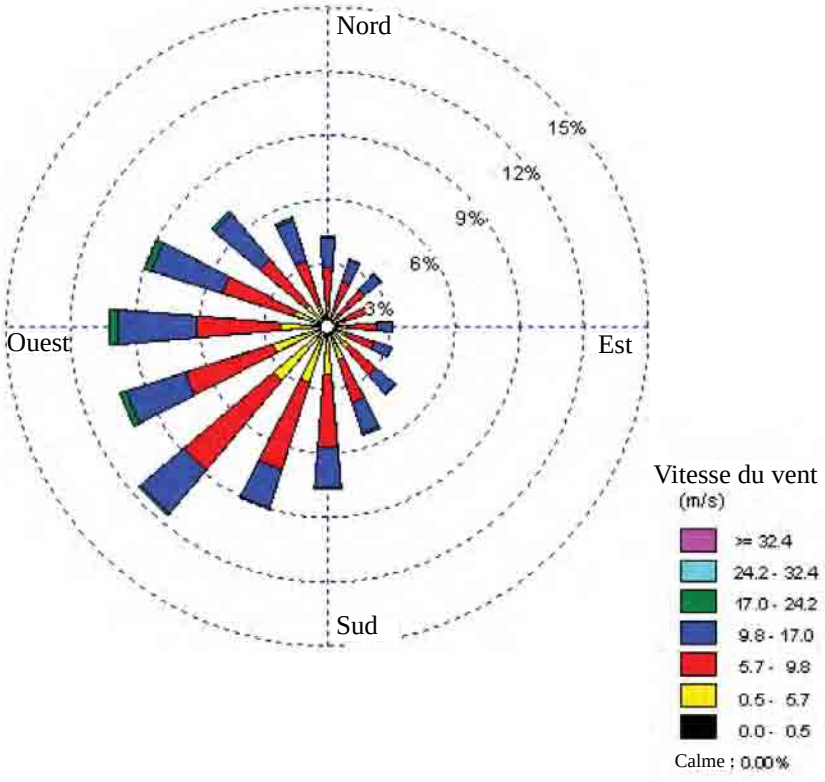


Figure 3-2 Rose des vents annuelle pour le point de maillage M12874 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005

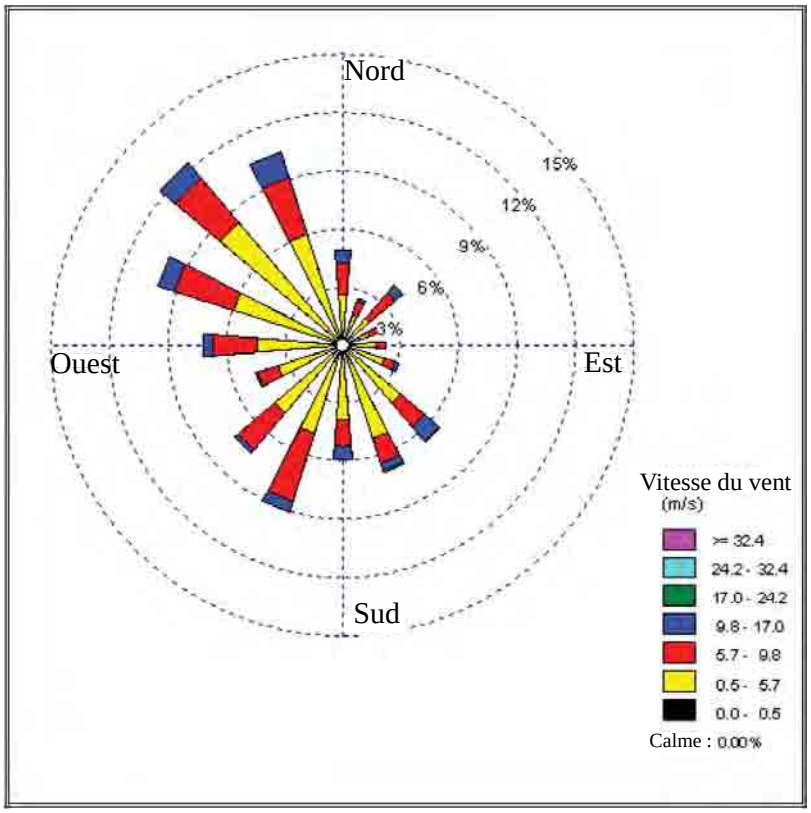


Figure 3-3 Rose des vents annuelle pour la station météorologique de Bull Arm, janvier 1995 à mai 1997

Les sources de données pour le point de maillage M12874 et les autres points d'observation sont présentés au tableau 3-1.

Tableau 3-1 Sources de données pour le point de maillage M12874 et les autres points d'observation

Source	Période	Emplacement	Élévation (m)	Profondeur (m)
M12874	1er janvier 1954 au 31 décembre 2005	47,70° N; -53,80° O		140,89
Environnement Canada Bull Arm	8 juin 1994 au 28 mai 1997	47,82° N; -53,90° O	13,7	
Oceans Bull Arm (vents)	26 janvier 1995 au 27 mai 1997	47,82° N; -51,86° O	10,0	
Oceans Bull Arm (vagues)	15 mai 1995 au 31 janvier 1996	47,82° N; -51,86° O		155,00
Argentia, NL	1er janvier 1953 au 25 mai 1970	47,30° N; -54,00° O	13,7	
	1er mai 1976 au 31 octobre 1986	47,30° N; -54,00° O	15,5	
	1er janvier 1987 au 26 juillet 2006	47,30° N; -54,00° O	15,0	
Arnold's Cove, NL	1er juillet 1971 au 1er juillet 1993	47,78° N; -54,00° O	15,2	

Les systèmes de basses pressions croisant la zone sont plus intenses durant les mois d'hiver. Par conséquent, les vitesses moyennes du vent tendent à être maximales pendant l'hiver. Les vitesses moyennes du vent au point de maillage M12874 et dans les bases de données d'observation connaissent des pointes pendant les mois d'hiver (tableau 3-2); Les vitesses du vent mesurées à Bull Arm sont inférieures à celles des autres stations avoisinantes. Ces vitesses du vent inférieures sont probablement dues aux effets de la topographie locale; cependant, elles peuvent aussi être un artefact de la base de données plus petite. La plus petite différence de vitesse du vent pendant les mois d'hiver indiquerait que la topographie est la cause principale de la faiblesse des vents, particulièrement durant les vents sud-ouest dominants en été. Les vitesses du vent en pourcentage se produisant dans chaque catégorie sont présentées dans la figure 3-4, qui montre que des vents modérés prédominent au point de maillage M12874 et qu'il y a rarement de vitesses du vent supérieures à fortes.

Tableau 3-2 Statistiques de vitesses moyennes du vent

Mois	Point de maillage 12874 de la base de données MSC50	Environnement Bull Arm Canada	Oceans Bull Arm	Argentia	Anse d'Arnold
Janvier	10,6	7,7	6,7	7,9	6,9
Février	9,9	7,5	5,7	7,5	6,8
Mars	9,2	7,1	5,7	7,0	6,4
Avril	8,0	6,3	5,3	6,3	5,4
Mai	6,4	5,9	4,5	5,5	4,8
Juin	5,7	5,8	4,0	5,5	4,8

Mois	Point de maillage 12874 de la base de données MSC50	Environnement Bull Arm Canada	Oceans Bull Arm	Argentia	Anse d'Arnold
Juillet	5,4	6,0	4,0	5,2	4,6
Août	6,0	5,6	3,4	5,4	4,8
Septembre	7,3	6,2	4,7	5,8	5,2
Octobre	8,6	6,5	4,5	6,6	5,9
Novembre	9,5	7,4	5,2	7,1	6,6
Décembre	10,4	7,1	5,7	7,8	7,2

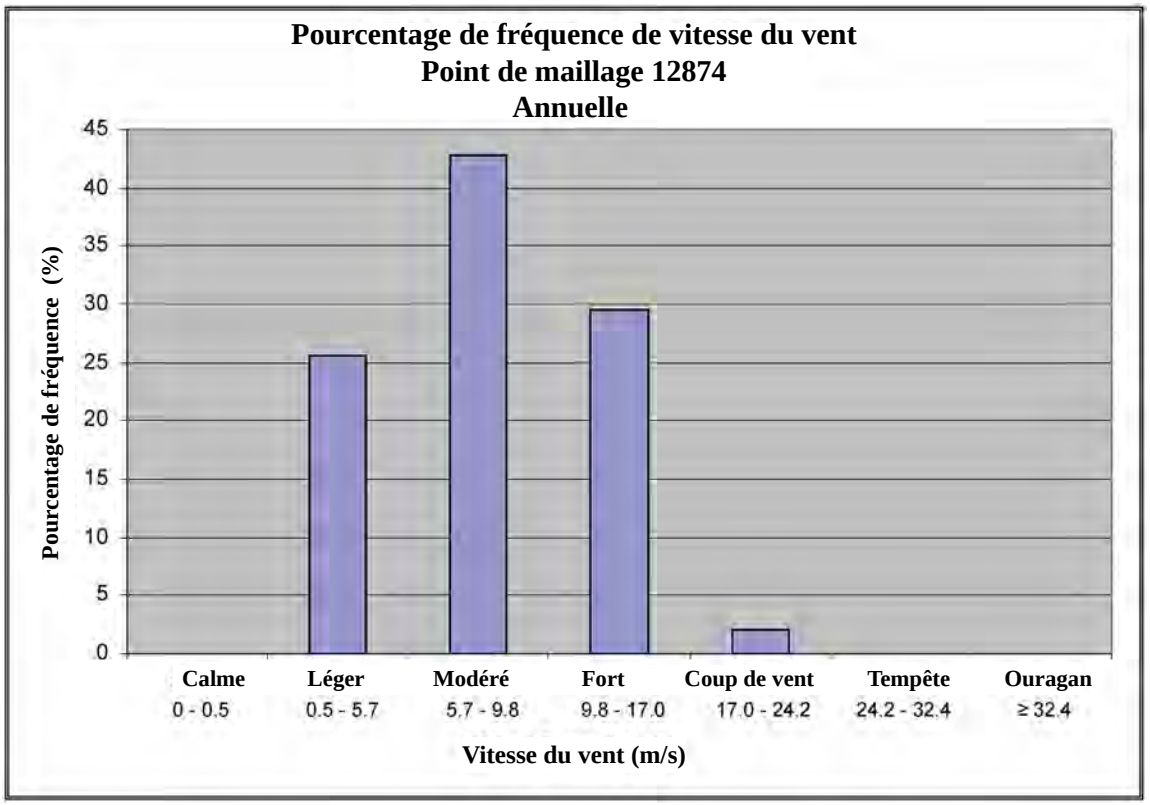


Figure 3-4 Fréquence annuelle en pourcentages des vitesses du vent pour le point de maillage 12874 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005

D'intenses systèmes de basse pression à moyenne latitude se produisent fréquemment du début de l'automne à la fin du printemps. De plus, des restes de systèmes tropicaux sont passés près de Terre-Neuve entre le printemps et la fin de l'automne. Ainsi, tandis que les vitesses moyennes du vent ont tendance à avoir des pics pendant les mois d'hiver, des vitesses de vent maximales peuvent survenir à tout moment au cours de l'année. Les vitesses maximales mensuelles du vent, pour chacune des bases de données, sont présentées au tableau 3-3.

Tableau 3-3 Statistiques de vitesses maximales du vent

Mois	Point de maillage 12874 de la base de données MSC50 (m/s)	Environnement Bull Arm Canada (m/s)	Oceans Bull Arm (m/s)	Argentia (m/s)	Anse d'Arnold (m/s)
Janvier	27,6	24,7	19,6	30,3	25,6
Février	26,8	27,8	19,6	30,8	25,0
Mars	25,7	22,6	20,6	24,2	22,2
Avril	20,5	17,5	16,5	25,8	22,0
Mai	19,5	19,6	15,4	23,4	19,2
Juin	19,6	16,5	14,4	20,6	18,9
Juillet	21,6	17,0	16,0	21,7	18,3
Août	22,1	17,5	11,3	22,2	23,4
Septembre	25,2	21,1	16,5	24,7	18,3
Octobre	26,3	18,5	15,4	28,6	22,8
Novembre	24,0	21,1	17,5	28,0	23,4
Décembre	24,5	27,3	19,0	30,0	25,8

La vitesse du vent la plus élevée de 27,8 m/s a été enregistrée à Bull Arm le 14 février 1995. Durant cet événement, un système de basse pression à moyenne latitude faisant route vers l'est a traversé Terre-Neuve, puis s'est rapidement amplifié en passant au-dessus des eaux froides de l'océan Atlantique Nord. Au cours de ce même événement, la station météorologique Oceans Bull Arm rapportait une vitesse du vent de 15,9 m/s. Malheureusement, la bouée houlographe de Bull Arm était hors service lors de cet événement.

Des systèmes de tempêtes s'amplifiant rapidement, connus sous le nom de bombes météorologiques, croisent fréquemment Terre-Neuve. Ces tempêtes subissent généralement un creusement explosif dans les eaux chaudes au large de Cap Hatteras et se déplacent vers le nord-est à travers les Grands Bancs. Certaines de ces tempêtes traversent l'île de Terre-Neuve. Lors d'un tel événement, le 22 février 1967, les vitesses du vent à Argentia ont connu des pointes à 25,0 m/s en provenance de l'ouest-sud-ouest tandis que les vitesses du vent au point de maillage M12874 de la base de données MSC50 ont enregistré des pointes à 24,4 m/s.

3.1.1.2 Température

L'influence modératrice de l'océan sert à limiter à la fois la variation de températures diurnes et annuelles le long de la côte de Terre-Neuve. Les variations de températures diurnes sont très faibles en raison des cycles jour-nuit. Les changements de températures courts et aléatoires sont principalement dus à un changement de masses d'air suivant le passage d'un front froid ou chaud. En général, les contrastes de températures des masses d'air à travers les zones de front sont plus grands durant l'hiver qu'en été.

Les températures de l'air et de la surface de la mer pour la zone ont été extraites de la station météorologique Bull Arms. Les statistiques de

températures présentées au tableau 3-4 montrent que l'atmosphère est la plus froide en janvier et février et la plus chaude en août.

Les statistiques de températures mensuelles moyennes et journalières maximales et minimales sont également présentées. Les températures moyennes pour chaque mois sont la moyenne de toutes les températures enregistrées au site pendant ce mois. Les températures maximales et minimales sont les températures respectivement les plus élevées et les plus basses enregistrées durant le mois sur l'ensemble de la base de données. Le maximum journalier moyen est la moyenne de toutes les températures maximales enregistrées durant le mois indiqué tandis que le minimum journalier moyen est la moyenne de toutes les températures minimales enregistrées durant le mois indiqué.

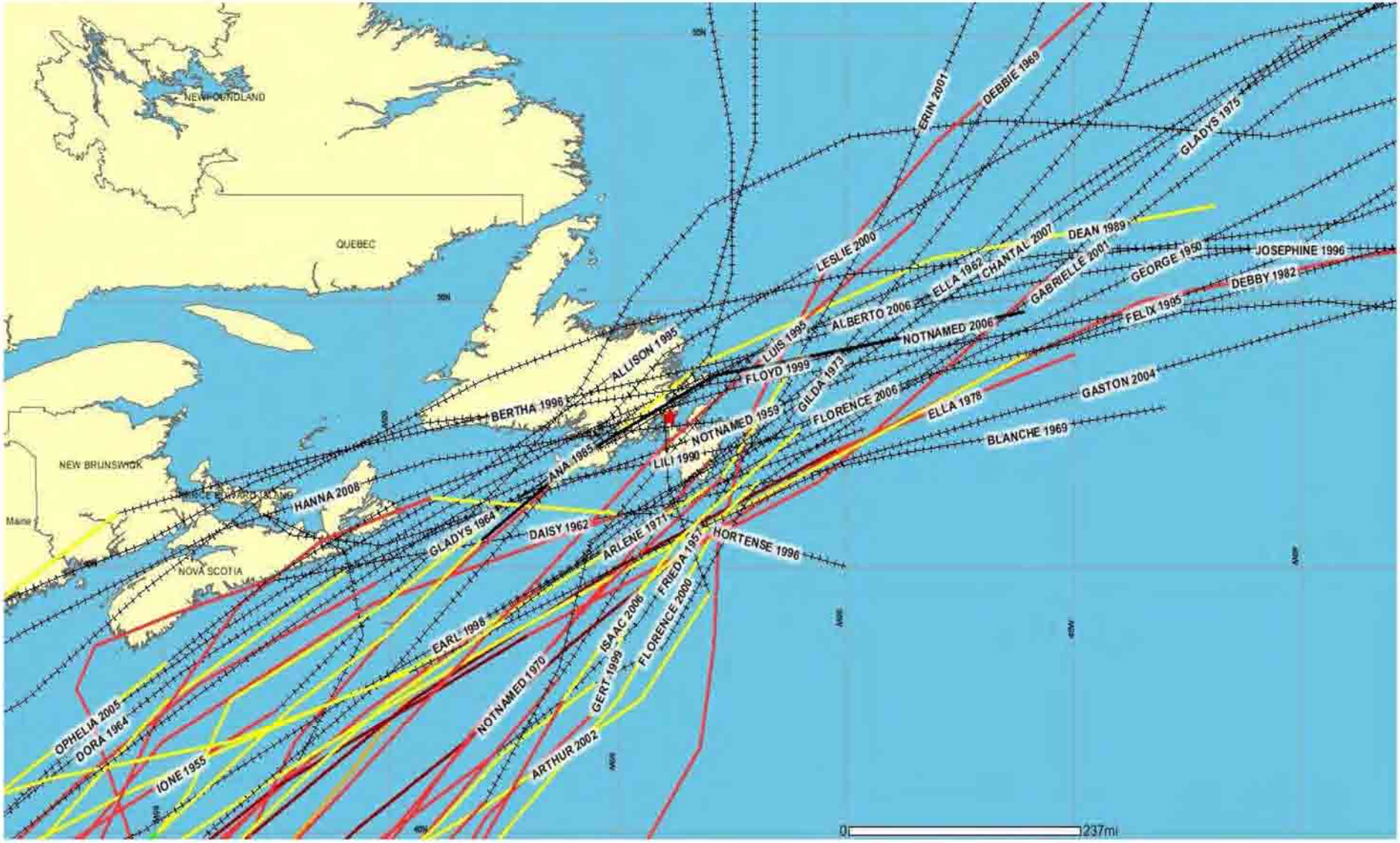
Tableau 3-4 Statistiques de températures de l'air à Bull Arm

Mois	Moyenne (°C)	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ecart-type (°C)	Maximum journalier moyen (°C)	Minimum journalier moyen (°C)
Janvier	-4,7	9,0	-16,0	5,09	-1,2	-7,5
Février	-4,6	11,2	-16,6	5,43	-0,7	-8,1
Mars	-3,3	8,7	-17,1	4,94	0,11	-7,37
Avril	2,2	14,46	-11,31	3.09	5	-0,29
Mai	5,02	14,8	-2,03	2,50	8,45	2,49
Juin	9,13	21,36	0,05	3,16	13,43	5,62
Juillet	13,92	23,57	5,33	3,17	17,56	11,25
Août	15,33	27,64	6,89	3,39	19,4	12,21
Septembre	12,01	22,64	2,84	3,34	15,14	9,16
Octobre	8,03	16,54	0,25	2,90	10,31	5,98
Novembre	3,59	14,24	-7,99	3,83	6,6	1,34
Décembre	-0,6	12,7	-14,0	4,78	2,3	-3,17
Source: Station météorologique d'Oceans Ltd. de Bull Arm 01/95-04/97						

3.1.1.3 Systèmes tropicaux

Au cours de la période de 59 ans allant de 1950 à 2009, 60 systèmes tropicaux sont passés à moins de 278 km de Bull Arm. Les trajets suivis au-dessus de la baie de la Trinité sont montrés sur la figure 3-5 et les noms de chaque ouragan sont donnés dans le tableau 3-5.

On doit noter que les valeurs présentées au tableau 3-5 sont les vitesses moyennes maximales du vent, pendant une minute, se produisant dans le système tropical au niveau de référence de 10 m au moment où il passe.



Source : Administration océanique et atmosphérique nationale (NOAA) Centre des archives des services côtiers de la NOAA, document non daté

Figure 3-5 Trajets des tempêtes des systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 47,8°N 53,9°O, de 1950 à 2009

Tableau 3-5 Systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 47,8°N 53,9°O, 1950 à 2009

Année	Mois	Jour	Heure	Nom	Lat.	Long.	Vent (m/s)	Pression (mb)	Catégorie
1950	8	22	0600Z	Able	49,8	-56,8	12,9	-	Dépression tropicale
1950	10	5	1200Z	George	47,0	-51,9	30,9	-	Extratropical
1952	9	8	0600Z	Baker	45,6	-51,7	33,4	-	Catégorie 1
1953	10	8	1800Z	Sans nom	49,1	-57,0	30,9	-	Extratropical
1954	9	3	0600Z	Dolly	45,8	-51,9	28,3	-	Extratropical
1955	9	22	0000Z	Oione	48,4	-55,8	23,1	-	Extratropical
1957	9	27	0600Z	Frieda	46,3	-52,8	18,0	-	Extratropical
1958	9	29	1800Z	Helene	49,0	-56,6	33,4	968	Extratropical
1959	6	21	1200Z	Pas de nom	47,3	-53,7	23,1	-	Extratropical
1962	9	2	1200Z	Alma	42,2	-61,0	7,7	-	Extratropical
1962	10	9	0000Z	Daisy	45,5	-57,7	25,7	-	Extratropical
1962	10	22	1200Z	Ella	46,7	-53,4	30,9	-	Extratropical
1964	9	15	1800Z	Dora	47,6	-55,6	28,3	-	Extratropical
1964	9	24	1800Z	Gladys	44,7	-60,3	30,9	990	Extratropical
1969	8	12	1800Z	Blanche	46,0	-54,9	30,9	-	Extratropical
1969	8	24	1200Z	Debbie	48,0	-52,0	36,0	-	Catégorie 1
1970	10	17	1800Z	Pas de nom	42,5	-57,5	36,0	980	Catégorie 1
1971	7	7	1800Z	Arlène	46,5	-53,0	23,1	-	Extratropical
1973	10	28	0600Z	Gilda	47,5	-51,5	28,3	968	Extratropical
1975	10	3	1200Z	Gladys	46,6	-50,6	43,7	960	Catégorie 2
1977	9	30	0000Z	Dorothy	47,0	-51,0	25,7	995	Extratropical
1978	9	5	0000Z	Ella	45,0	-55,0	54,0	960	Catégorie 3
1979	10	25	0600Z	Subtropical 1	47,5	-58,4	25,7	982	Subtropical
1982	6	20	1200Z	Subtropical 1	44,5	-60,0	30,9	984	Subtropical
1982	9	19	0000Z	Debby	45,3	-53,5	46,3	970	Catégorie 2
1984	9	2	0000Z	Cesar	44,9	-53,3	23,1	998	Tempête tropicale
1985	7	19	0600Z	Ana	46,0	-57,6	28,3	996	Extratropical
1989	8	8	1800Z	Dean	48,8	-53,2	23,1	995	Tempête tropicale
1990	10	15	0600Z	Lili	46,6	-56,4	20,6	994	Extratropical
1991	8	21	0600Z	Bob	50,9	-54,9	20,6	1008	Extratropical
1995	6	9	0600Z	Allison	48,1	-55,9	20,6	996	Extratropical
1995	8	22	1200Z	Félix	46,8	-50,8	25,7	985	Tempête tropicale
1995	9	11	0600Z	Luis	47,1	-54,2	41,2	963	Catégorie 1
1996	7	15	0600Z	Bertha	49,0	-52,0	23,1	996	Extratropical
1996	9	16	0000Z	Hortense	46,0	-54,0	20,6	998	Extratropical
1996	10	10	1200Z	Joséphine	49,5	-55,0	23,1	983	Extratropical
1998	8	30	1200Z	Bonnie	44,5	-53,5	23,1	1000	Tempête tropicale
1998	9	6	0000Z	Earl	47,0	-54,0	25,7	979	Extratropical
1999	9	19	0600Z	Floyd	48,5	-52,5	18,0	994	Extratropical
1999	9	23	0600Z	Gert	44,6	-54,5	30,9	968	Tempête tropicale
2000	9	17	1200Z	Florence	42,5	-55,0	25,7	1000	Tempête tropicale

Année	Mois	Jour	Heure	Nom	Lat.	Long.	Vent (m/s)	Pression (mb)	Catégorie
2000	9	25	1200Z	Helene	44,0	-55,5	28,3	988	Tempête tropicale
2000	10	8	1800Z	Leslie	49,0	-54,0	18,0	1005	Extratropical
2000	10	20	0000Z	Michael	48,0	-56,5	38,6	966	Extratropical
2001	9	15	0000Z	Erin	46,7	-52,7	30,9	981	Tempête tropicale
2001	9	19	1800Z	Gabrielle	46,5	-52,0	30,9	986	Extratropical
2002	7	17	1200Z	Arthur	48,0	-54,0	20,6	1002	Extratropical
2002	9	12	1800Z	Gustav	50,1	-55,5	30,9	967	Extratropical
2004	9	1	1800Z	Gaston	45,0	-55,0	23,1	998	Extratropical
2005	7	30	1200Z	Franklin	45,8	-51,7	20,6	1005	Extratropical
2005	9	19	0000Z	Ophélia	48,4	-52,3	23,1	1000	Extratropical
2005	10	26	1200Z	Wilma	45,0	-55,0	25,7	986	Extratropical
2006	6	16	1200Z	Alberto	47,4	-55,0	23,1	985	Extratropical
2006	7	19	0000Z	Pas de nom	48,6	-52,9	12,9	1012	Dépression tropicale
2006	7	22	0600Z	Beryl	47,2	-60,0	18,0	1003	Extratropical
2006	9	13	1800Z	Florence	46,4	-54,0	36,0	963	Extratropical
2006	10	2	1800Z	Isaac	45,5	-53,7	28,3	995	Tempête tropicale
2007	8	1	1200Z	Chantal	46,0	-54,5	28,3	990	Extratropical
2008	9	8	0600Z	Hanna	47,5	-55,4	20,6	996	Extratropical
2009	8	24	0600Z	Bill	48,0	-53,0	30,9	980	Tempête tropicale

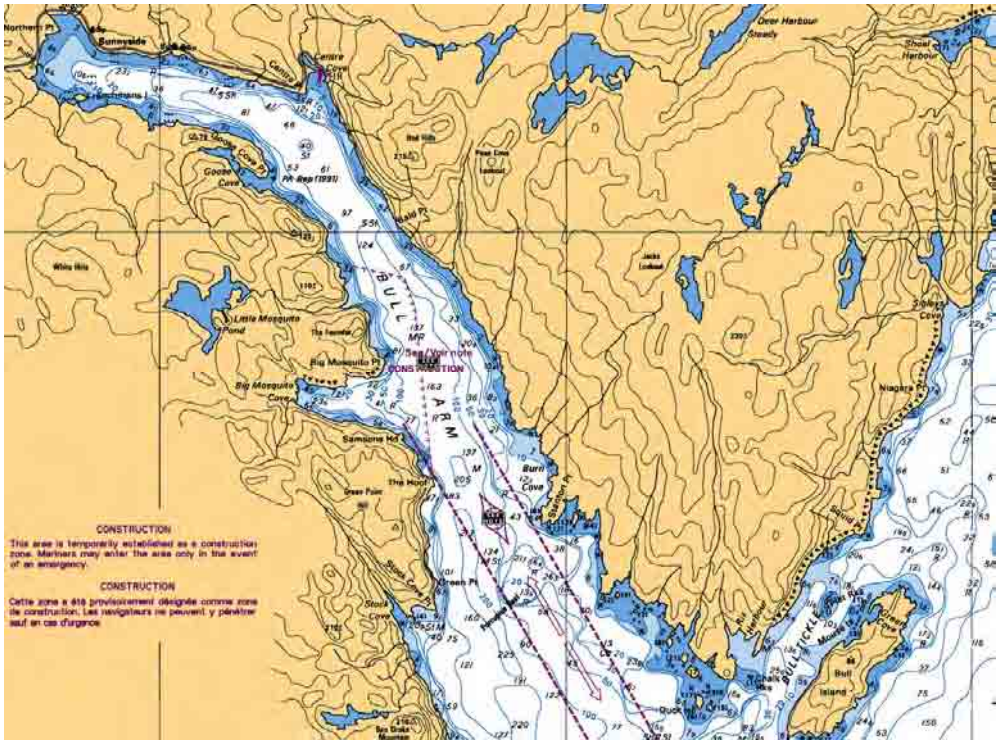
Ces systèmes conservent encore parfois leurs caractéristiques tropicales lorsqu'ils atteignent Terre-Neuve. Le 11 septembre 1995, l'ouragan Luis atteignit la terre en temps que catégorie 1 près d'Argentia avec des vents maximaux soutenus de 41,2 m/s et une pression centrale de 963 mb. L'ouragan Luis se déplaça alors vers le nord-est à travers la baie de Verde Peninsula et dans l'Atlantique. Les vitesses du vent à Argentia eurent des pointes à 18,6 m/s, tandis que les vitesses du vent au point de maillage M12874 de la base de données MSC50 eurent des pointes à 25,2 m/s quand ce système passa. Au cours de ce même événement, les vitesses du vent enregistrées à la station météorologique à Bull Arm n'étaient que de 8,7 m/s. Cela peut s'expliquer par un certain nombre de facteurs, notamment les effets locaux et la distance séparant le site du centre de la tempête. La bouée holographe, mesurant la hauteur significative des vagues, a enregistré, peu après le passage de la tempête, des vagues d'une hauteur maximale de près de 0,5 m.

3.1.2 Environnement océanique

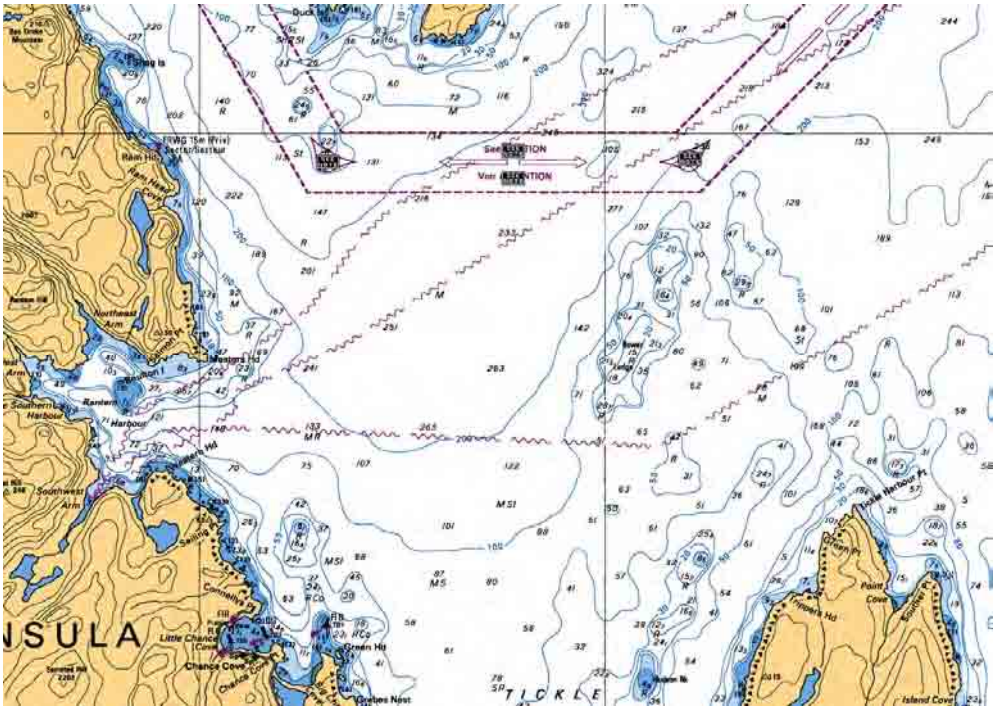
3.1.2.1 Bathymétrie

La bathymétrie à l'intérieur de Bull Arm et à l'entrée de la baie de la Trinité (Services hydrographiques du Canada (SHC) 1997) est illustrée sur la figure 3-6. La fourchette de profondeurs dans cette zone est d'1 à 2 m prés de la côte et entre 260 et 300 m à l'entrée de la baie de la Trinité. Bull Arm possède un chenal central profond atteignant des profondeurs de plus de 200 m lorsqu'il rejoint la baie de la Trinité.

A



B



Source: SHC, 1997, diagramme No 485101
Remarque: profondeurs en mètres. Échelle 1:60 000

Figure 3-6 Bathymétrie à Bull Arm (A) et à l'entrée de la baie de la Trinité (B), Terre-Neuve

3.1.2.2 Houle

Les deux sources principales de données pour l'environnement littoral comportent les vagues mesurées dans Bull Arm sur un intervalle de neuf mois pour la période de construction de la SEP d'Hibernia et la simulation rétrospective des vagues sur plusieurs années au point de maillage M12874 de la base de données MSC50 pour un endroit en dehors de Bull Arm[1]. Le point du maillage MSC50 serait influencé par l'énergie de la houle se propageant vers le nord-est dans la baie de la Trinité. En raison de son orientation par rapport à la baie de Trinité, Bull Arm connaîtrait peu d'énergie de houle. Il faut toutefois faire preuve de prudence en utilisant ce point de maillage en raison de sa proximité des terres et de la résolution du modèle MSC50.

Les vagues de la base de données MSC50 furent départagées à l'aide d'un spectre de Pierson-Moskowitz en divisions primaire et secondaire, pour lesquelles le découpage primaire est représentatif des vagues de vent et le découpage secondaire est représentatif de la houle.

Afin de fournir des statistiques représentatives des conditions dans Bull Arm, les statistiques de hauteurs de vagues furent calculées en utilisant la variance totale du découpage primaire et comparées aux statistiques générées en utilisant l'énergie spectrale totale. Les résultats présentés aux tableaux 3-6 et 3-7 montrent peu de différences entre l'ensemble de la mer et les vagues de vent seules, indiquant qu'en fait seule une faible énergie de houle se propage dans la baie de la Trinité. Alors que ces résultats devraient donner de meilleures indications sur les conditions dans Bull Arm, les statistiques générées sont légèrement plus élevées que celles de Bull Arm. Ces différences peuvent être attribuées aux différences de fetch ayant un effet limitant entre la baie de la Trinité et Bull Arm.

Tableau 3-6 Statistiques de hauteurs moyennes mensuelles significatives des vagues (m) pour la base de données MSC50

Mois	Point de maillage M12874 de la base de données MSC50 Ensemble de la mer	Point de maillage M12874 de la base de données MSC50 Vagues de vent	Bouée houlographe d'Oceans
Janvier	0,64	0,60	0,17
Février	0,57	0,54	0,21
Mars	0,52	0,49	Pas de mesure
Avril	0,41	0,39	Pas de mesure
Mai	0,29	0,26	0,14
Juin	0,23	0,21	0,15
Juillet	0,21	0,19	0,09
Août	0,25	0,23	0,05
Septembre	0,36	0,33	0,11
Octobre	0,47	0,44	0,12
Novembre	0,55	0,52	0,14
Décembre	0,62	0,58	0,14

[1] Profondeurs de l'eau: Point de maillage M12874 de la base de données MSC50 de la baie de la Trinité : 141 m; Bouée houlographe de Bull Arm: 153 m et (redéployée) 155 m.

Tableau 3-7 Statistiques de hauteurs maximales significatives des vagues (m) pour la base de données MSC50

Mois	Point de maillage M12874 de la base de données MSC50 Ensemble de la mer	Point de maillage M12874 de la base de données MSC50 Vagues de vent	Bouée houlographe d'Oceans
Janvier	1,90	1,88	1,37
Février	1,53	1,52	1,22
Mars	1,71	1,62	Pas de mesure
Avril	1,48	1,46	Pas de mesure
Mai	1,52	1,50	0,76
Juin	1,29	1,28	1,69*
Juillet	1,21	1,17	0,49
Août	1,22	1,18	0,22
Septembre	1,41	1,37	0,53
Octobre	1,58	1,57	0,66
Novembre	1,53	1,48	1,21
Décembre	1,92	1,91	1,17

Les hauteurs significatives de vagues (Hs) à l'entrée de la baie de la Trinité ont des pointes pendant les mois d'hiver avec une hauteur moyenne mensuelle significative de vagues de 0,64 m en janvier au point de maillage M12874. Les hauteurs significatives de vagues les plus basses ont lieu durant l'été avec juillet qui présente une hauteur moyenne mensuelle significative de vagues de seulement 0,21 m (tableau 3-5).

Les hauteurs maximales significatives combinées de vagues connaissent aussi des pointes pendant les mois d'hiver, bien que des hauteurs significatives de vagues de 1,2 m puissent toutefois se produire à tout moment au cours de l'année par suite de systèmes tropicaux passant dans la zone. Un contrôle de qualité fut effectué sur le jeu de données de bouées houlographes d'Oceans Ltd. et de nombreux pics furent supprimés du jeu de données.

Les roses des vents au point de maillage M12874 de la base de données MSC50 et les statistiques de hauteurs de vagues sont fournies dans EMCP (2010).

Les valeurs de Hs varient de conditions presque calmes jusqu'à 1,9 m, les vagues les plus grandes se produisant en janvier et décembre. Plus d'un tiers de l'ensemble des vagues (38 pour cent) sont inférieures ou égales à 0,3. Durant les mois d'été, les vagues viennent plus fréquemment du sud-sud-ouest. En automne, ce sont les vagues d'ouest qui se propagent plus fréquemment dans la zone. La période de vagues de pointe (Tp) varie de juste au-dessous de 4 s en moyenne jusqu'à 25 s, la majeure partie des périodes (81 pour cent) étant comprise entre 2 et 4 s.

Comme cela a été présenté dans le paragraphe précédent, on dispose de mesures de bouées houlographes sur un intervalle de neuf mois en 1995-1996 correspondant à la période de construction de la SEP d'Hibernia.

En guise de comparaison, des graphes temps-série pour les deux mois de juillet et décembre 1995 sont présentés sur les figures 3-7 et 3-8, (pour faciliter la comparaison, les directions du vent et des vagues sont toutes les deux indiquées dans le sens de leur provenance) qui montrent la hauteur des vagues, la période des vagues et, pour aider à l'interprétation de l'influence de la direction, la vitesse du vent et la direction du vent. La direction fournie par les données MSC50 se superpose en bleu sur le groupe de points de direction du vent. Tandis que les conditions de vagues sont clairement moindres à Bull Arm comparé au point de mesure de la baie de la Trinité (baie de Tickle), les hauteurs de vagues ont des magnitudes comparables pendant les épisodes de vents de sud-est modérés ou forts, par exemple les 7 et 9-10 décembre.

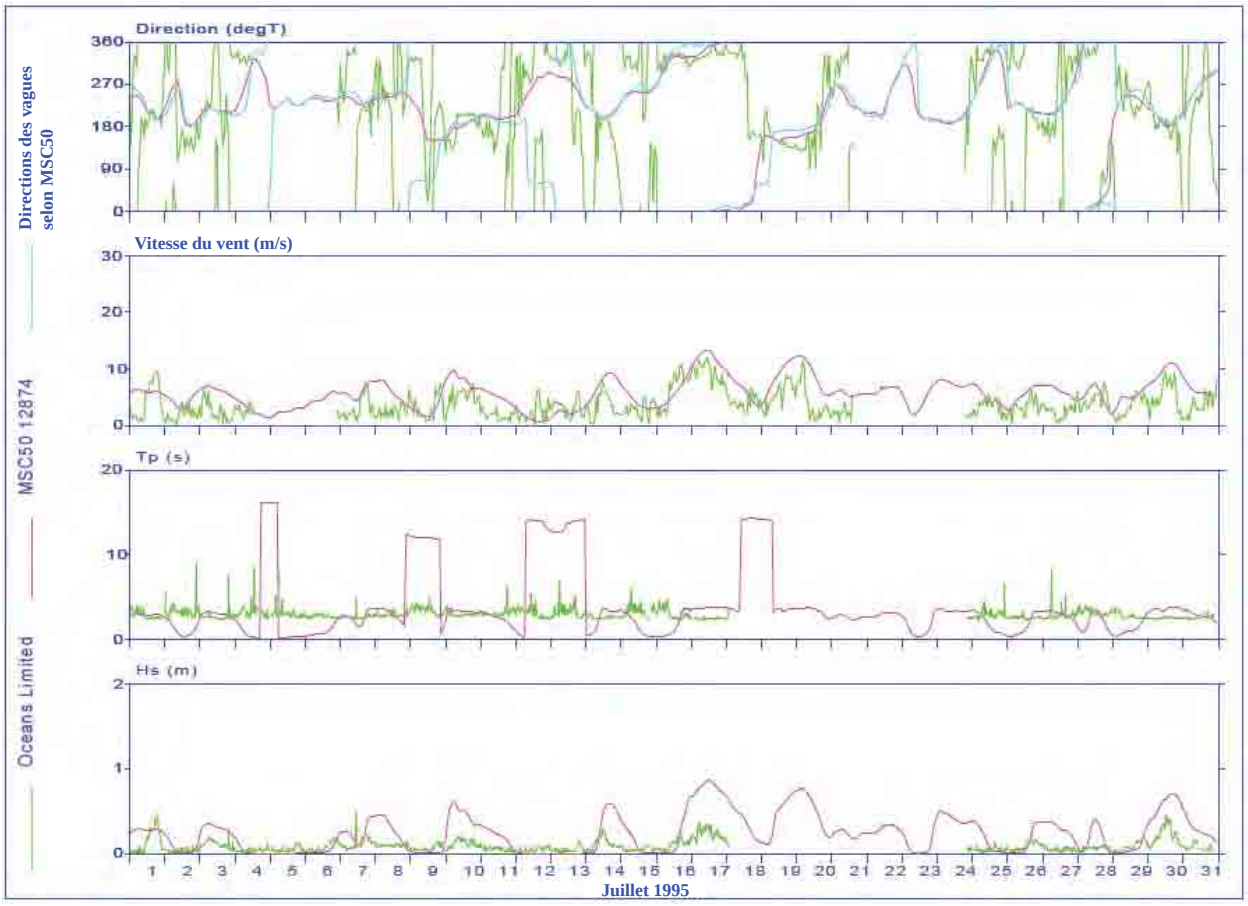


Figure 3-7 Comparaison de la houle et du vent, juillet 1995, bouée houlographe et station météorologique d'Oceans à Bull Arm et point de maillage M12874 de la base de données MSC50 dans la baie de la Trinité

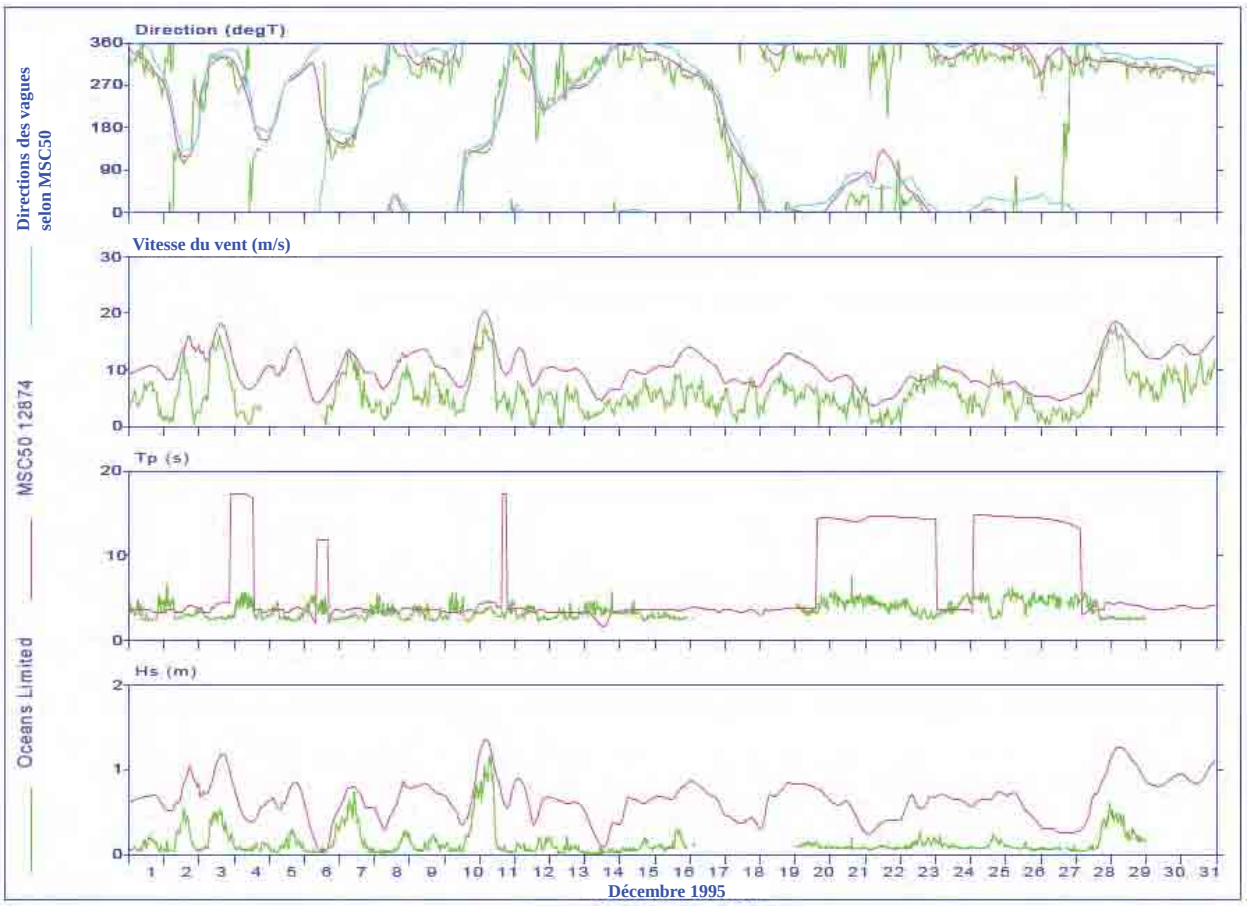


Figure 3-8 Comparaison de la houle et du vent, décembre 1995, bouée houlographe et station météorologique d'Oceans à Bull Arm et point de maillage M12874 de la base de données MSC50 dans la baie de la Trinité

Les Hs mensuelles moyennes et maximales sont montrées sur la figure 3-9. Les hauteurs de vagues moyennes sont plus grandes sur tous les mois pour la source de données MSC50. De décembre à janvier, les vagues de Bull Arm sont légèrement plus grandes que celles de la baie de la Trinité; de juin jusqu'à octobre, les hauteurs de vagues de la baie de Trinité sont plus grandes et en mai et juin les valeurs maximales de Hs sont les mêmes.

Les périodes de vagues de pointe mensuelles médianes et maximales sont montrées sur la figure 3-10. Les périodes de vagues médianes sont généralement inferieures à 4 s aux deux sites. Les périodes de vagues maximales pour la baie de la Trinité et au point de maillage M12874 des données MSC50 sont régulièrement plus grandes que celles de Bull Arm. Il fallait s'y attendre; vue la situation du point de maillage, il devrait être exposé à des houles de plus longue période venant du fin fond de la baie de la Trinité.

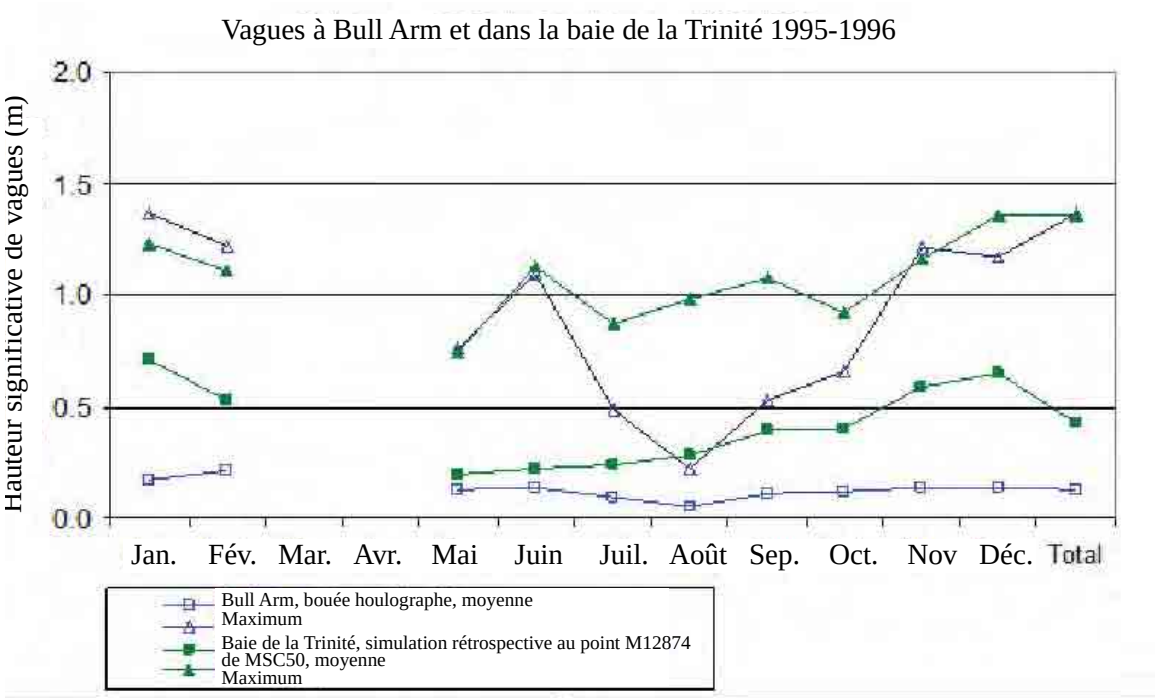


Figure 3-9 Vagues à Bull Arm et dans la baie de la Trinité, 1995-1996: hauteur mensuelle significative des vagues

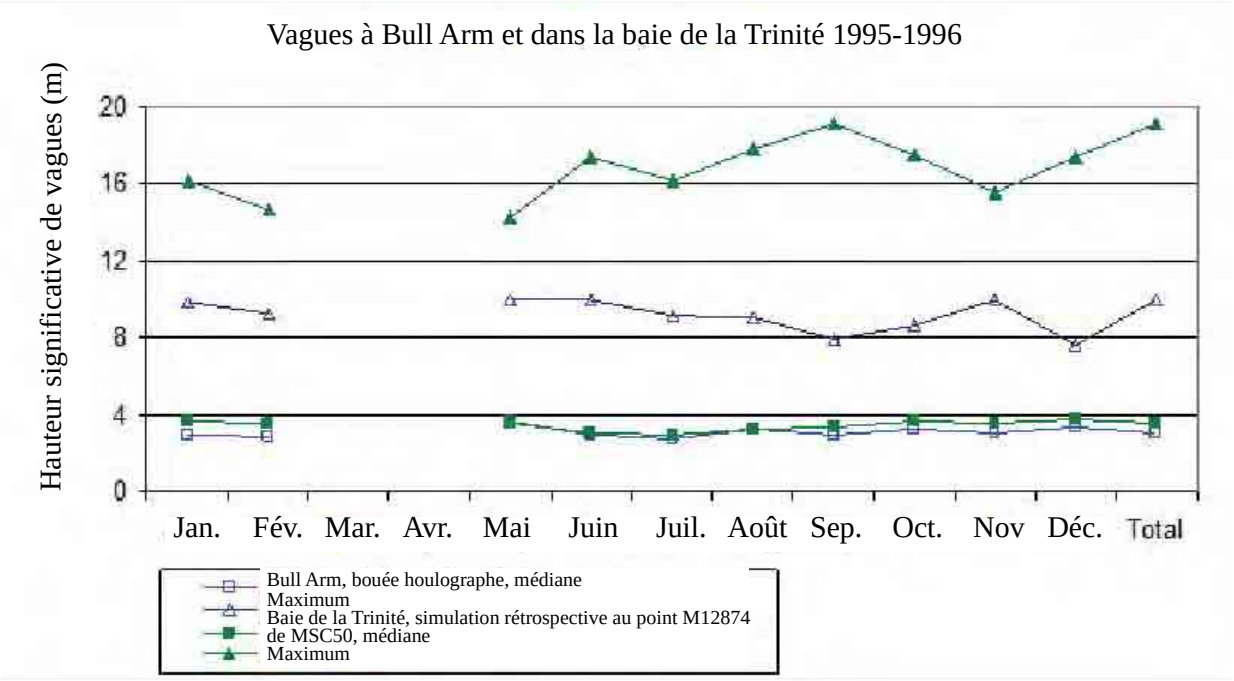
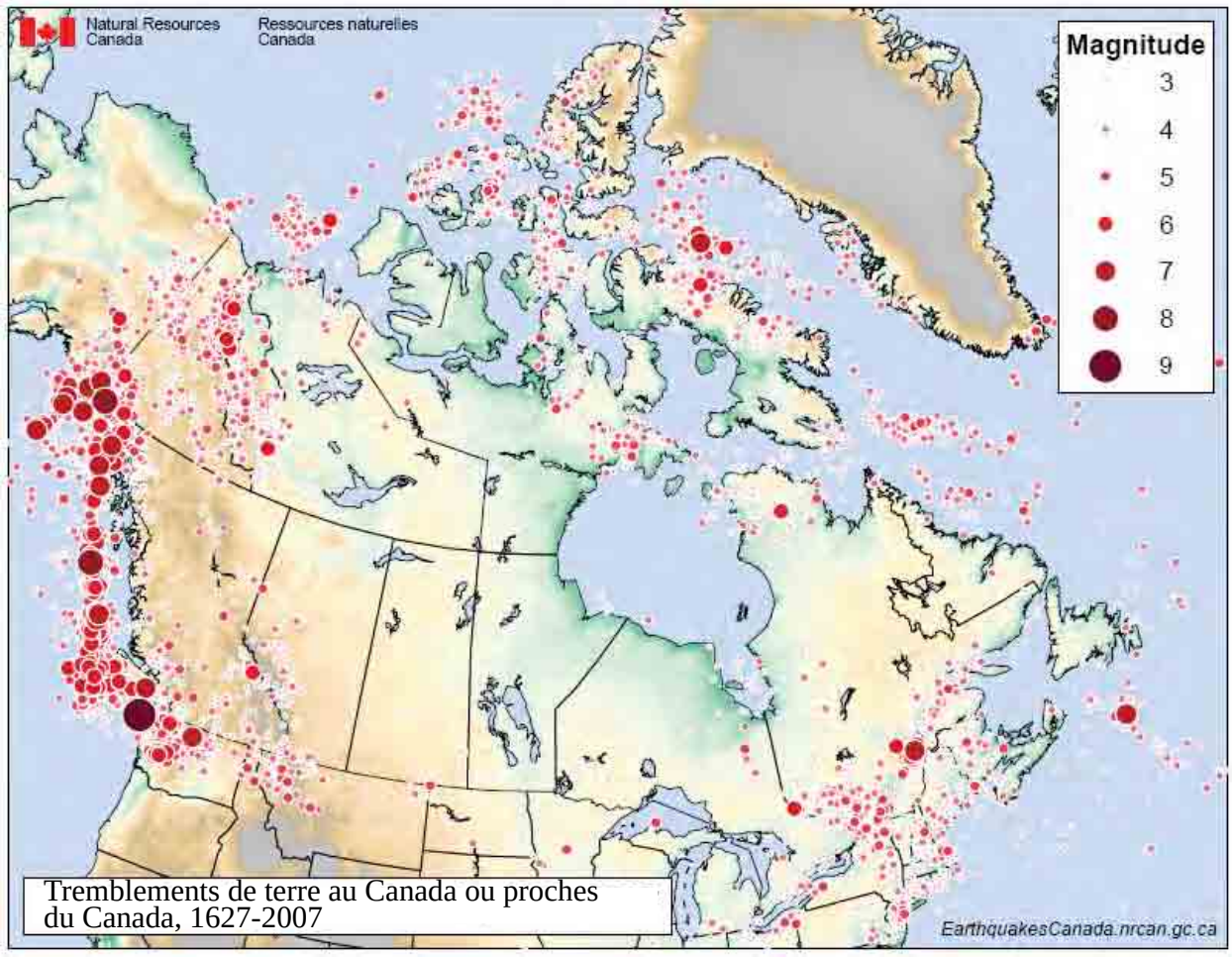


Figure 3-10 Houle à Bull Arm et dans la baie de la Trinité, 1995-1996: période mensuelle des vagues de pointe

3.1.2.3 Tsunamis

Les tsunamis générés par des tremblements de terre ont généralement pour origine des sources dites de champ lointain; ils sont parfois appelés télétsunamis. Les tsunamis résultant de la déformation du fond marin causée par un tremblement de terre peuvent voyager loin tandis que les tsunamis générés par d'autres mécanismes se dissipent généralement rapidement, affectant seulement des zones proches de la source. Les tremblements de terre ne génèrent pas nécessairement des tsunamis (Pêches et Océans Canada (DFO) 2008a).

On a trouvé qu'une magnitude de tremblement de terre d'environ 6,5 est nécessaire pour induire des décalages et des longueurs de rupture suffisants pour engendrer des vagues de tsunamis importantes (par exemple Gonzalez *et al.* 2007). Comme il est montré sur la figure 3-11, la région de Terre-Neuve est géologiquement stable, pour laquelle l'activité sismique la plus grande mesurée entraîne seulement de petits tremblements de terre typiquement de magnitude 3 ou 4.



Source: Tremblements de terre au Canada ou proches du Canada, 1627-2007. D'après le site internet des Ressources Naturelles du Canada à http://earthquakescanada.nrcan.gc.ca/historic_eq/images/caneqmap_e.pdf

Figure 3-11 Tremblements de terre au Canada ou proches du Canada, de 1627 à 2007

Il y a eu un tsunami confirmé près de Terre-Neuve le 18 novembre 1929. Un tremblement de terre de magnitude 7,2 se produisit à environ 250 km au sud de Terre-Neuve le long de la bordure sud des Grands Bancs, à 17 h 02 heure locale. *« Le tremblement de terre a déclenché un large glissement sous-marin (un volume estimé à 200 km cubes de matériaux a été déplacé sur la pente laurentienne) qui a rompu 12 câbles transatlantiques en de multiples endroits et généré un tsunami. Le tsunami a été enregistré tout au long de la côte est jusqu'à la Caroline du Sud vers le sud et à travers l'Océan Atlantique jusqu'au Portugal».* Environ deux heures et demi après le tremblement de terre, les vagues de tsunami frappèrent la péninsule Burin de trois coups principaux, entraînant une montée locale du niveau de la mer d'entre 2 et 7 m, avec des hauteurs d'eau de jusqu'à 13 m dans certaines baies de Burin. Le tsunami fit 28 victimes et détruisit ou déplaça de nombreux bâtiments. On ne trouve pas de document sur ses effets sur la baie de la Trinité mais le 20 novembre: *« le tsunami se réfracta dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour de la péninsule d'Avalon pour arriver dans la zone de Bonavista autour de 1h30 du matin, heure standard de Terre-Neuve »*. *« Il semble que le port de Bonavista fut complètement vidé de son eau et, quand elle retourna, elle inonda alors une partie de la communauté »* (Natural Resources Canada 2008; NOAA 2009).

Les enregistrements d'événements d'inondations côtières à Terre-Neuve et au Labrador de 1755 à 1992 n'indiquent pas d'inondation dans la baie de la Trinité (Newfoundland and Labrador Heritage 2000). Le risque de tsunami pour le site de construction de Bull Arm est relativement faible. Cela est dû au fait que les activités s'effectueront dans une période de courte durée, environ quatre années, tandis que l'étude des tsunamis observés semble indiquer une période de récurrence de l'ordre 50 à 100 ans pour Terre-Neuve, probablement plus longue pour Bull Arm, et encore plus longue pour un tsunami destructeur comme celui de 1929. Bull Arm est aussi très abrité de l'océan ouvert.

3.1.2.4 Courants

Les études et données sur les courants océaniques dans Bull Arm sont en nombre limité. Des données furent collectées à la fin des années 80 et début des années 90 pour aider à la construction du projet de développement d'Hibernia. Des études ont également été conduites dans la baie de la Trinité, essentiellement en relation avec les pêcheries commerciales dans la zone. Seaconsult Marine Research Ltd. mena un programme de collecte de données océanographiques en appui du projet de développement d'Hibernia.

L'étude réalisée par Seaconsult (1991) rapporte des données de courants pour des profondeurs de 5 à 75 m du 9 février 1991 au 13 mars 1991 près du site de construction de la SEP d'Hibernia (47°49'N, 53°53'O). Ces données de courants océaniques sont présentées au tableau 3-8. Le courant moyen maximal de 0,074 m/s se produisit à la surface; cependant, le courant maximal global de 0,399 m/s fut observé à 47 m. La direction la plus fréquente est nord-ouest à toutes les profondeurs excepté à la surface, où l'écoulement peut être ralenti localement par la force du vent.

Tableau 3-8 Courants océaniques pour des profondeurs de 5 à 75 m du 9 février 1991 au 13 mars 1991, près du site de construction de la structure à embase-poids d'Hibernia

Profondeur (m)	Moyenne (m/s)	Maximum (m/s)	Écart-type	Direction la plus fréquente
5	0,074	0,313	0,054	S (150-165)
15	0,039	0,216	0,03	NO (330-345)
25	0,03	0,188	0,022	NO (330-345)
36	0,029	0,178	0,031	NO (300-315)
47	0,037	0,399	0,042	NO (300-315)
55	0,033	0,192	0,031	NO, N (330-345)
66	0,037	0,245	0,032	NO (315-330)
76	0,032	0,211	0,034	NO (330-345)
Source: Seaconsult 1991				

Le rapport réalisé par Topside Engineering (1992) présente les critères environnementaux de conception pour le projet de développement d'Hibernia. Les profils de courants extrêmes centenaires au site en eau profonde et à l'embouchure de l'anse Great Mosquito dans Bull Arm sont montrés au tableau 3-9. Les courants extrêmes estimés sont tous plus forts que les courants mesurés rapportés par Seaconsult (1991) (variation comprise entre 1 m/s de 5 à 80 m et 0,4 m/s à la surface).

Tableau 3-9 Spécifications environnementales du projet de développement d'Hibernia: profils de courants extrêmes centenaires pour les sites en eau profonde de Bull Arm

Profondeur (m)	Courant maximal probable dans la direction sous le vent (m/s)	
	Situation: 47°49'23"N 53°52'37"O (site en eau profonde)	Situation: 47°48'42"N 53°52'24"O (anse Great Mosquito)
Surface	0,6	0,4
5	1,0	0,8
10	1,0	0,8
20	1,0	0,8
30	1,0	0,8
40	1,0	0,8
50	1,0	0,8
60	1,0	0,8
70	1,0	0,8
80	1,0	0,7
90	0,9	0,7
100	0,9	0,5
Source: Topside Engineering 1992		

Les études de courants océaniques pour la baie de la Trinité sont résumées par Dalley et al. (2002), dans laquelle ils citent plusieurs études. Bailey (1958) conclut que les courants moyens provenant de la branche interne du courant du Labrador entraient dans la baie du côté nord-ouest et en sortaient

par le côté sud-est. Yao (1986) trouva aussi que les courants entrant par l'angle nord-ouest sont par moments plus forts que les courants de surface qui sortent, produits par les vents dominants du sud-ouest soufflant en direction de la sortie de la baie et donc, malgré des vents extracôtiers continus, un courant effectif vers la baie résultant du courant du Labrador peut prévaloir.

3.1.2.5 Marées et vagues de tempêtes

Les niveaux des marées dans la baie de la Trinité ont été reportés par plusieurs sources pour différents endroits. Les prévisions de marées pour Heart's Content et Clarenville montrent une amplitude de marée d'environ 1,2 m (SHC 2008). Les observations à Long Cove (47°49'23"N, 53°52'37"O à la terminaison sud de la baie de la Trinité) sur une période d'un mois montrèrent une variation du niveau de l'eau attribuée à la force des marées d'environ 1,6 m (DFO 2009a). Le modèle WebTide de DFO (Dupont et al. 2002; DFO 2010a) fut employé à un endroit à l'entrée de la baie de la Trinité (47°42'00"N, 53°48'00"O) pour la période de 2000 à 2009 et on trouva une fourchette de marée résultante d'approximativement 1,26 m (variations de 0,067 m à 1,33 m).

Marex (1992) conduisit une étude sur les niveaux d'eau dans Bull Arm en utilisant des données collectées de janvier à août 1991. Les mesures furent effectuées avec un marégraphe à GULL, un site adjacent au monument de reconnaissance GULL situé sur un promontoire rocheux sur la côte sud de l'anse Great Mosquito. Cette étude définit le niveau moyen de l'eau (NME), les variations de niveau de l'eau associées aux marées astronomiques ainsi que les estimations de houles extrêmes probables (tableau 3-101).

La meilleure estimation pour la fourchette de variation des marées, la différence entre les niveaux de marées astronomiques les plus hauts et les plus bas, dans Bull Arm est de 1,71 m. Cette fourchette est relativement plus élevée que celles rapportées à d'autres endroits dans la baie de la Trinité, mais elle est en accord avec la géométrie resserrée de Bull Arm par rapport à la zone plus large de la baie de la Trinité.

Cette étude fournit également des estimations des niveaux extrêmes maximaux et extrêmes minimaux du niveau moyen de l'eau dans Bull Arm en combinant les valeurs extrêmes de la marée et de la houle. Ces estimations du niveau extrême de l'eau pour la période de 100 ans (tableau 3-10) comportent une majoration auxiliaire aux limites de confiance de 95 pour cent. Le niveau extrême maximal de l'eau estimé est de +1,52 m par rapport au niveau moyen de l'eau (NME) et comprend l'écart-type du NME, la marée (incluant les niveaux moyens de hautes eaux les plus élevés et les niveaux moyens de basses eaux les plus bas), la houle de 50 ans et l'écart-type sur la houle de 50 ans. Le niveau extrême minimal de l'eau est de -1,2 m par rapport au NME et comprend les mêmes paramètres que le niveau extrême maximal.

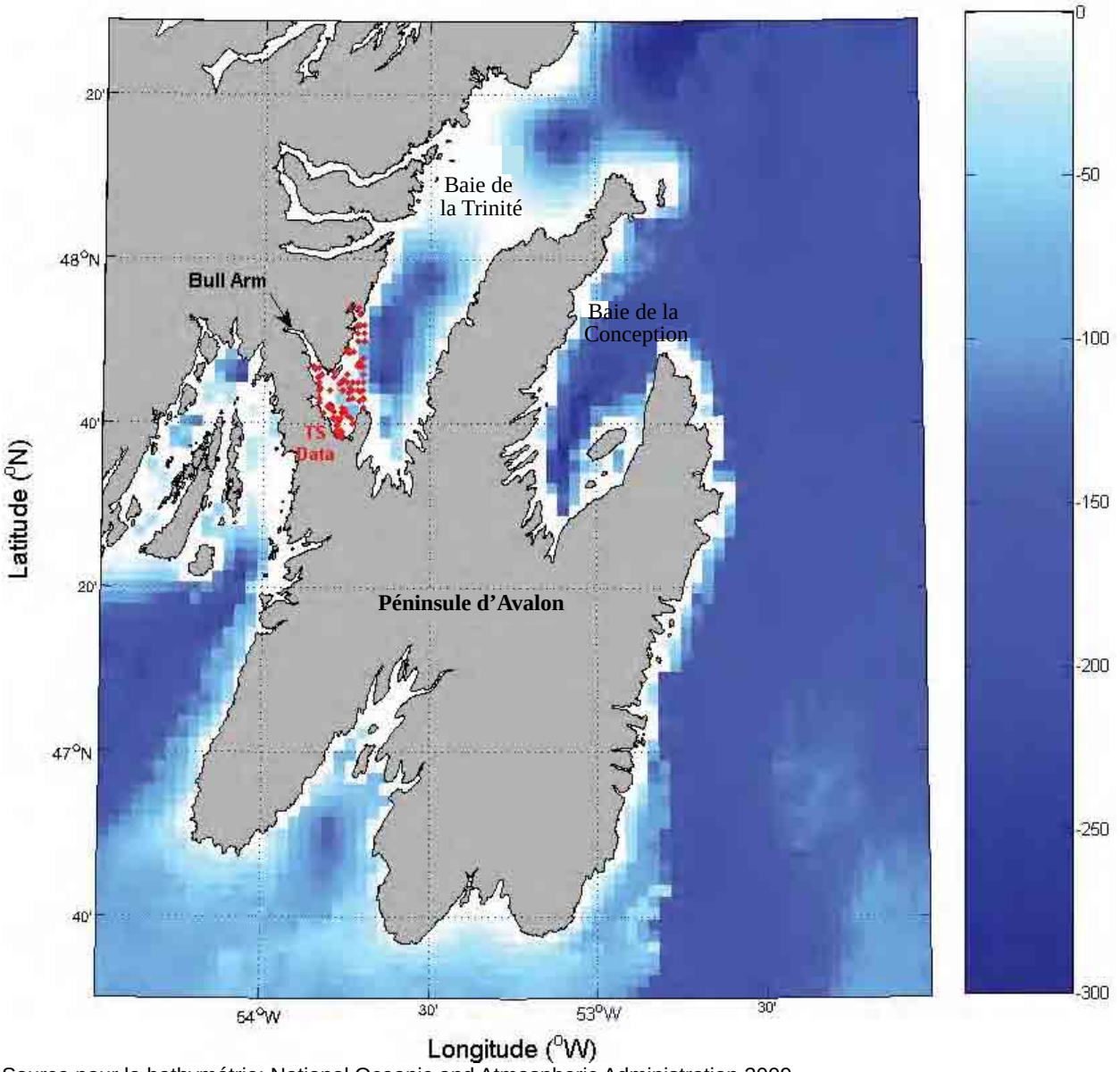
Tableau 3-10 Niveaux des marées et houles moyennes et extrêmes à Bull Arm

	Niveau (m)
Marée astronomique la plus haute	0,80
Niveau moyen de l'eau	0,00
Marée astronomique la plus basse	-0,91
Niveau extrême maximal du niveau moyen de l'eau (niveau centenaire total)	1,52
Niveau extrême minimal du niveau moyen de l'eau (niveau centenaire total)	-1,20
Amplitude moyenne positive de la houle (houle centenaire)	0,88
Amplitude moyenne négative de la houle (houle centenaire)	-0,54
Remarque: La borne repère GULL de Bull Arm, dans la baie de la Trinité est située à 3,2 m au-dessus du zéro des cartes du SHC et à 2,24 m au-dessus du niveau moyen de l'eau Source: Marex 1992	

3.1.2.6 Propriétés physiques et chimiques

Les données de température et de salinité furent extraites de la base de données hydrographiques de DFO (DFO 2009a). Les données sont de diverses provenances de 1910 à l'actuel, comprenant des bouteilles de prélèvement hydrographique, des profils de CTP, des moyennes spatiales et temporelles de données de Batfish remorqués et des données de bathythermographes non récupérables numériques ou mécaniques. Les données en temps quasi réel sont sous la forme de messages Bathy ou Tesac (codes des données océanographiques) de la base de données de l'IGOSS (Integrated Global Ocean Services System).

Les limites géographiques prises pour cette étude sont 47,6°N, 48°N, 53,85°O et 53,7°O. On dispose d'environ 4 074 mesures dans cette zone de la baie de la Trinité provenant de la base de données DFO. Les emplacements des mesures sont présentés à la figure 3-12 et les résultats au tableau 3-11. Les statistiques de données mensuelles sont fournies dans EMCP (2010). Il n'y a pas de données pour février et les données pour mars sont peu nombreuses.



Source pour la bathymétrie: National Oceanic and Atmospheric Administration 2009

Figure 3-12 Emplacements des mesures de température et de salinité pour Bull Arm

Tableau 3-11 Statistiques de température et salinité

Profondeur (m)	Température (°C)					Salinité (psu)				
	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures
Janvier										
0	0,42	1,73	1,05	0,49	8	31,51	31,97	31,75	0,16	8
20	-0,38	2,57	1,20	0,85	13	31,61	32,26	32,01	0,19	10
50	0,38	2,01	1,26	0,52	18	31,76	32,33	32,07	0,22	15
100	-0,05	1,22	0,96	0,42	8	32,20	32,59	32,46	0,14	6
200	-0,32	-0,32	-0,32	0,00	1	33,07	33,07	33,07	0,00	1

Profondeur (m)	Température (^{o}C)					Salinité (psu)				
	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures
Février – pas de données										
Mars										
0	0,00	0,71	0,23	0,33	4	31,67	31,67	31,67	0,00	1
20	0,70	0,70	0,70	0,00	1	31,69	31,69	31,69	0,00	1
50	-0,50	0,26	-0,12	0,54	2	31,89	31,89	31,89	0,00	1
100	-0,31	-0,31	-0,31	0,00	1	32,36	32,36	32,36	0,00	1
200	-	-	-	-	-	32,95	32,95	32,95	0,00	1
Avril										
0	0,40	3,25	2,10	1,02	12	29,30	31,87	30,16	1,48	3
20	-0,42	0,71	0,03	0,39	7	31,90	32,43	32,15	0,24	5
50	-0,97	1,10	-0,07	0,62	10	32,07	32,45	32,33	0,15	5
100	-1,00	0,00	-0,53	0,43	4	32,62	32,80	32,69	0,09	3
200	-0,64	0,90	0,13	1,09	2	33,12	33,12	33,12	0,00	1
Mai										
0	-0,10	5,60	2,83	1,84	17	30,53	31,63	31,32	0,53	4
20	-0,74	5,06	2,23	1,54	12	31,46	32,63	31,86	0,52	4
50	-0,92	2,49	0,27	1,16	13	32,24	32,70	32,43	0,19	5
100	-1,36	1,29	-0,33	0,94	7	32,66	32,66	32,66	0,00	1
200	-0,66	-0,66	-0,66	0,00	1	-	-	-	-	-
Juin										
0	-0,60	9,73	5,48	2,51	60	30,75	33,06	31,94	0,58	48
20	-1,07	9,96	3,55	2,85	73	31,34	32,78	32,10	0,39	60
50	-1,37	5,83	0,31	1,87	71	31,77	32,87	32,54	0,27	60
100	-1,36	-0,40	-1,08	0,31	9	32,61	32,71	32,66	0,07	2
200	-0,47	0,36	-0,03	0,42	3	33,31	33,31	33,31	0,00	2
Juillet										
0	-0,10	12,90	7,75	2,82	148	29,80	33,69	31,52	0,77	131
20	-0,73	10,79	3,94	2,63	166	31,09	32,78	31,95	0,39	150
50	-1,25	5,71	0,11	1,17	159	31,88	32,84	32,55	0,17	145
100	-0,80	-0,38	-0,55	0,19	4	32,56	32,69	32,63	0,07	3
140	0,04	0,04	0,04	0,00	1	33,12	33,12	33,12	0,00	1
Août										
0	0,88	14,77	10,23	3,10	110	29,81	33,12	31,29	0,64	108
20	-0,85	12,51	5,32	3,57	122	30,45	32,47	31,75	0,52	120
50	-1,19	3,95	0,74	1,47	119	31,67	32,88	32,41	0,24	117
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septembre										
0	9,25	14,10	11,00	1,55	27	30,96	31,58	31,29	0,19	18
20	3,05	14,03	9,72	2,87	24	30,97	32,57	31,49	0,33	22
50	-0,23	9,20	4,92	2,85	30	31,67	32,48	32,06	0,28	22
100	-1,11	0,25	-0,49	0,41	11	32,57	32,88	32,75	0,10	9
200	-0,15	0,00	-0,08	0,11	2	33,37	33,37	33,37	0,00	1

Profondeur (m)	Température (^{o}C)					Salinité (psu)				
	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Nb de mesures
Octobre										
0	7,15	11,80	8,42	1,69	27	31,08	31,43	31,30	0,11	21
20	6,23	11,74	8,06	1,84	20	31,12	31,78	31,49	0,18	16
50	1,86	11,37	4,97	3,07	12	31,16	32,30	31,99	0,43	7
100	-1,04	3,10	0,67	1,76	4	32,40	32,72	32,56	0,23	2
140	-0,41	-0,41	-0,41	0,00	1	32,71	32,71	32,71	0,00	1
Novembre										
0	2,89	7,17	5,27	2,01	6	30,55	32,25	31,35	0,85	3
20	1,65	7,85	4,48	2,58	7	32,12	32,27	32,20	0,11	2
50	1,07	3,52	2,26	1,18	5	32,32	32,33	32,33	0,01	2
100	-0,89	0,60	-0,45	0,70	4	32,68	32,68	32,68	0,00	1
200	-0,82	-0,82	-0,82	0,00	1	-	-	-	-	-
Décembre										
0	3,40	4,07	3,74	0,47	2	31,58	31,58	31,58	0,00	1
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	2,66	2,66	2,66	0,00	1	31,92	31,92	31,92	0,00	1
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-0,78	-0,78	-0,78	0,00	1	32,96	32,96	32,96	0,00	1

Source: DFO 2009a

En été, le système devient thermiquement stratifié avec le développement d'une couche superficielle distincte d'environ 60 m présentant des températures moyennes atteignant 14°C à 15°C et des salinités moyennes entre 31,3 et 32 psu. En novembre, le système revient à une couche presque homogène qui est plus froide et plus salée que lors des conditions estivales. En automne, les températures moyennes varient de 5,3°C (en novembre) pour la couche superficielle à -0.8°C (en décembre) et les salinités moyennes varient de 31,4 psu à la surface à 32,7 psu près du fond. Dans la couche plus profonde en-dessous de 60 m, les températures moyennes varient entre -0,32°C et 1°C et les salinités moyennes entre 32 et 33 psu.

3.1.3 Vent et vagues extrêmes

3.1.3.1 Vent

Les estimations de valeurs extrêmes du vent furent calculées en utilisant un programme du logiciel Osmosis d'Oceanweather pour les intervalles de récurrence de 1 an, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans. Les valeurs calculées annuelles et mensuelles pour 1 heure, 10 minutes et 1 minute sont présentées aux tableaux 3-12 à 3-14. L'analyse pris les valeurs moyennes horaires du vent pour la hauteur référence de 10 m au-dessus du niveau de la mer. Ces valeurs furent converties en valeurs pour 10 minutes et 1 minute en utilisant un rapport constant respectivement de 1,06 et 1,22 (US Geological Survey 1979). La vitesse extrême, annuelle et centenaire de vent d'une heure fut déterminée être de 28,3 m/s au point de maillage M12874.

Au niveau du mois, les vents extrêmes centenaires les plus forts d'une intensité de 27,7 m/s ont lieu en février.

Tableau 3-12 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 heure (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	19,1	23,7	24,9	25,8	26,7
Février	17,6	23,7	25,3	26,5	27,7
Mars	17,0	21,5	22,8	23,7	24,6
Avril	15,5	19,0	19,9	20,6	21,3
Mai	12,9	17,6	18,9	19,9	20,8
Juin	11,7	16,0	17,1	18,0	18,9
Juillet	9,8	15,5	17,0	18,2	19,3
Août	11,3	16,2	17,5	18,5	19,5
Septembre	13,2	20,7	22,8	24,3	25,8
Octobre	15,3	21,4	23,0	24,2	25,5
Novembre	17,3	21,4	22,5	23,4	24,2
Décembre	19,0	23,0	24,1	24,9	25,7
Annuelle	22,1	25,2	26,4	27,4	28,3

Tableau 3-13 Estimations de vitesses extrêmes du vent de 10 minutes (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	20,3	25,1	26,4	27,3	28,3
Février	18,7	25,1	26,8	28,1	29,4
Mars	18,0	22,8	24,1	25,1	26,1
Avril	16,4	20,1	21,1	21,8	22,6
Mai	13,7	18,7	20,1	21,1	22,1
Juin	12,3	16,9	18,2	19,1	20,0
Juillet	10,4	16,4	18,1	19,3	20,5
Août	11,9	17,2	18,6	19,6	20,7
Septembre	13,9	22,0	24,1	25,8	27,4
Octobre	16,3	22,7	24,4	25,7	27,0
Novembre	18,4	22,7	23,9	24,8	25,6
Décembre	20,1	24,4	25,5	26.4	27,3
Annuelle	23,4	26,7	28,0	29,0	29,9

Tableau 3-14 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 minute (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	23,4	28,9	30,4	31,5	32,6
Février	21,5	28,9	30,8	32,3	33,8
Mars	20,7	26,3	27,8	28,9	30,0

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Avril	18,9	23,1	24,3	25,1	26,0
Mai	15,8	21,5	23,1	24,2	25,4
Juin	14,2	19,5	20,9	22,0	23,0
Juillet	12,0	18,9	20,8	22,2	23,6
Août	13,7	19,7	21,4	22,6	23,8
Septembre	16,0	25,3	27,8	29,6	31,5
Octobre	18,7	26,1	28,1	29,6	31,0
Novembre	21,2	26,1	27,5	28,5	29,5
Décembre	23,1	28,0	29,4	30,4	31,4
Annuelle	26,9	30,8	32,3	33,4	34,5

3.1.3.2 Vagues

Les estimations des valeurs extrêmes annuelles et mensuelles de Hs pour les intervalles de récurrence de 1 an, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans sont présentées au tableau 3-15. La valeur extrême annuelle centenaire de Hs fut de 1,9 m au point de maillage M12874 (situé à l'extérieur du milieu côtier à 47,7°N 53,8°O; ce point de maillage est le point de maillage disponible le plus proche du milieu côtier de la base de données MSC50). Sur une base de temps mensuelles, la valeur extrême la plus élevée de Hs de 1,8 m est prévue se produire durant les mois de décembre et de janvier.

Tableau 3-15 Estimations de hauteurs extrêmes significatives de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8
Février	1,2	1,5	1,6	1,6	1,7
Mars	1,1	1,4	1,5	1,6	1,6
Avril	1,0	1,3	1,4	1,4	1,5
Mai	0,9	1,2	1,3	1,3	1,4
Juin	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2
Juillet	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1
Août	0,8	1,0	1,1	1,1	1,2
Septembre	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
Octobre	1,1	1,4	1,5	1,5	1,6
Novembre	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6
Décembre	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8
Annuelle	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9

Les hauteurs maximales de vagues individuelles et les périodes de pointe extrêmes associées sont présentées aux tableaux 3-16 et 3-17. Les hauteurs maximales de vagues individuelles et les périodes de pointe extrêmes associées sont à leur maximum pendant le mois de février.

Tableau 3-16 Estimations de hauteurs maximales de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	2,5	3,0	3,2	3,3	3,4
Février	2,3	2,9	3,1	3,2	3,4
Mars	2,2	2,8	3,0	3,2	3,3
Avril	2,0	2,5	2,7	2,9	3,0
Mai	1,7	2,3	2,5	2,7	2,8
Juin	1,5	1,9	2,1	2,2	2,3
Juillet	1,4	1,8	1,9	2,0	2,1
Août	1,5	1,9	2,0	2,1	2,2
Septembre	1,9	2,3	2,5	2,6	2,8
Octobre	2,1	2,7	2,9	3,0	3,2
Novembre	2,3	2,8	2,9	3,0	3,1
Décembre	2,5	3,0	3,2	3,3	3,4
Annuelle	2,8	3,2	3,4	3,5	3,6

Tableau 3-17 Estimations de périodes de pointe extrêmes associées pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans

Mois	Point de maillage M12874				
	1	10	25	50	100
Janvier	5,2	5,7	5,9	6,0	6,1
Février	4,4	4,8	4,9	5,0	5,1
Mars	4,3	4,7	4,8	4,9	5,0
Avril	4,2	4,6	4,7	4,8	4,8
Mai	3,9	4,5	4,6	4,8	4,9
Juin	3,7	4,2	4,4	4,5	4,6
Juillet	3,6	4,0	4,1	4,2	4,3
Août	3,9	4,4	4,5	4,6	4,7
Septembre	4,1	4,5	4,7	4,8	4,9
Octobre	4,3	4,7	4,9	4,9	5,1
Novembre	4,4	4,8	4,9	5,0	5,1
Décembre	4,5	4,9	5,1	5,2	5,3
Annuelle	4,8	5,2	5,3	5,4	5,5

Estimations supplémentaires relatives aux vagues

Le rapport des spécifications environnementales du projet de développement d'Hibernia présente les estimations des vagues extrêmes centenaires à deux sites en eau profonde de Bull Arm, qui se trouvaient près du site de construction de la SEP d'Hibernia (47°49'23"N, 53°52'37"O et 47°48'42"N, 53°52'37"O). Les résultats sont montrés ci-dessous dans le tableau 3-18. La valeur maximale de Hs est estimée à 2,6 m pour l'automne et l'hiver dans un intervalle de 100 ans. Cette valeur est environ 35 pour cent supérieure au maximum de 1,92 m pris dans l'intervalle de 50 ans de la simulation

rétrospective de la base de données MSC50. Les périodes de pointe centenaires pour Bull Arm telles qu'estimées ici sont inférieures aux valeurs maximales de Tp au point de maillage de la base de données MSC50; cela n'est pas surprenant étant donné les valeurs plus faible de fetch dans Bull Arm, comparées à celles prises dans la baie de la Trinité.

Tableau 3-18 Hauteurs de vagues extrêmes centenaires sur les sites en eau profonde (site de construction de la SEP d'Hibernia) et Bull Arm

	Situation : 47°49'23"N 53°52'37"O		Situation : 47°48'42"N 53°52'37"O	
	Octobre à février	Mars	Octobre à février	Mars
Hauteur extrême (m)	4,8	3,9	4,5	3,7
Période (s) associée(s) crête-à-crête	6,5	6,0	6,2	5,8
Hauteur significative (m)	2,6	2,1	2,4	2,0
Période(s) de pointe	6,5	6,0	6,2	5,8
Période (s) de passage à zéro	5,1	4,7	4,8	4,5
Période (s) moyenne(s)	5,4	5,0	5,2	4,8
Source : Topside Engineering 1992				

3.1.3.3 lyse des températures extrêmes

Pour l'analyse des températures minimales, on prit la température minimale journalière pour chaque jour dans la base de données. L'événement de température minimale la plus basse choisi fut -17,1°C qui se produisit le 10 mars 1997. Ces températures furent réparties selon une distribution de Gumbel et les estimations de valeurs extrêmes des températures minimales furent calculées pour des intervalles de récurrence de 2 ans, 10 ans et 25 ans. Ces valeurs sont données au tableau 3-19. L'intervalle de confiance de 95 pour cent est aussi fourni.

Tableau 3-19 Estimations de températures minimales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10 et 25 ans

Intervalle de récurrence (années)	Température minimale extrême (°C)	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de 95% (°C)	Limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95% (°C)
2	-12,63	-13,43	-11,84
10	-16,69	-18,68	-14,71
25	-18,74	-21,45	-16,02

Pour l'analyse des températures maximales, on prit la température maximale journalière pour chaque jour dans la base de données. L'événement de température maximale la plus haute choisi fut 27,6°C, qui se produisit le 7 août 1996. Ces températures furent réparties selon une distribution de Gumbel et les estimations de valeurs extrêmes des températures maximales furent calculées pour des intervalles de récurrence de 2 ans, 10 ans et 25 ans. Ces valeurs sont données dans le tableau 3-20. L'intervalle de confiance de 95 pour cent est aussi fourni.

Tableau 3-20 Estimations de températures maximales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10 et 25 ans

Intervalle de récurrence (années)	Température maximale extrême (°C)	Limite inférieure de l'intervalle de confiance de 95% (°C)	Limite supérieure de l'intervalle de confiance de 95% (°C)
2	20,17	19,27	21,06
10	24,76	22,51	27,01
25	27,08	24,00	30,15

3.1.4 Glace de mer et icebergs

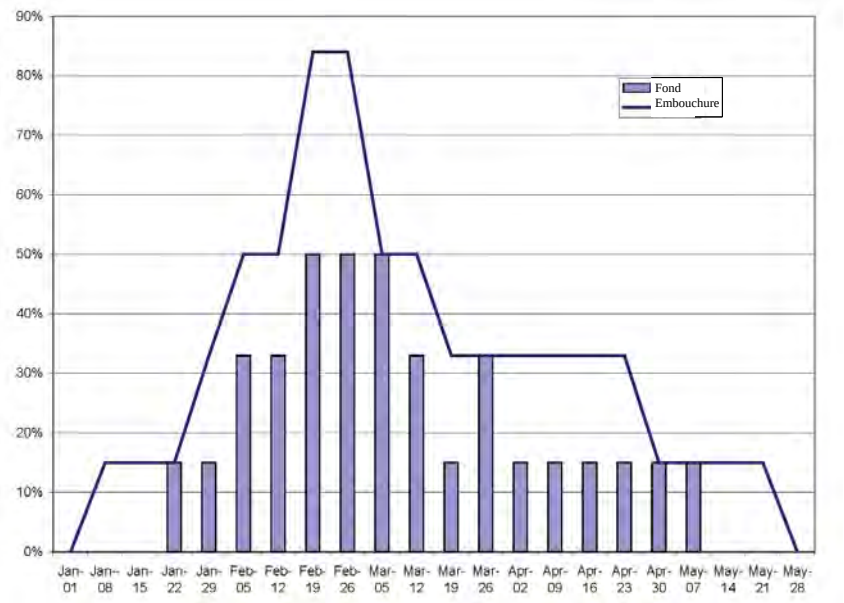
Comme pour les zones extracôtières, la présence de banquise dans la baie de la Trinité est variable d'année en année en se basant sur l'examen des cartes hebdomadaires du Service Canadien des Cartes (SCC) de 1983 à 2008 inclusivement (Environnement Canada, SCC 2010).

La fréquence de la présence de banquise dans la baie de la Trinité par semaine d'après Environnement Canada, SCC, Cartes des glaces de mer (2001) est montrée à la figure 3-21 et à la figure 3-13. Pour cette analyse, une revue la fréquence de banquises à l'embouchure de la baie (point le plus au large) et au fond de la baie (point le plus près des terres), sur une période de 30 ans, a été réalisée.

Tableau 3-21 Fréquence de présence de la glace de mer

Date	Fréquence de présence de la glace de mer [maximum (%) pour la catégorie]	
	Fond	Embouchure
1er janvier	0	0
8 janvier	0	15
15 janvier	0	15
22 janvier	15	15
29 janvier	15	33
5 février	33	50
12 février	33	50
19 février	33	50
26 février	50	66
5 mars	50	66
12 mars	50	50
19 mars	33	50
26 mars	15	33
2 avril	33	33
9 avril	15	33
16 avril	15	33
23 avril	15	33
30 avril	15	33
7 mai	15	15
14 mai	15	15
21 mai	0	15

Date	Fréquence de présence de la glace de mer [maximum (%) pour la catégorie]	
	Fond	Embouchure
28 mai	0	15
4 juin	0	0



Source: Service Canadien des Glaces (Cartes des glaces) 2001

Figure 3-13 Fréquence de présence de banquise dans la baie de la Trinité

3.1.4.1 Type de glace

Il y a peu de données quantifiables sur l'épaisseur exacte de la banquise dans la baie de la Trinité. Par conséquent, l'analyse utilise la valeur limite supérieure correspondant aux gammes d'épaisseurs standards des types de glace présents pour déduire l'épaisseur de la banquise (tableau 3-22). Comme dans la zone extracôtière, la plupart de la banquise qui existe dans la baie s'est formée au large du Sud Labrador et dérive vers le sud pour entrer dans la baie aux environs de la mi-mars.

Tableau 3-22 Épaisseur de la glace déduite du type de glace moyenne

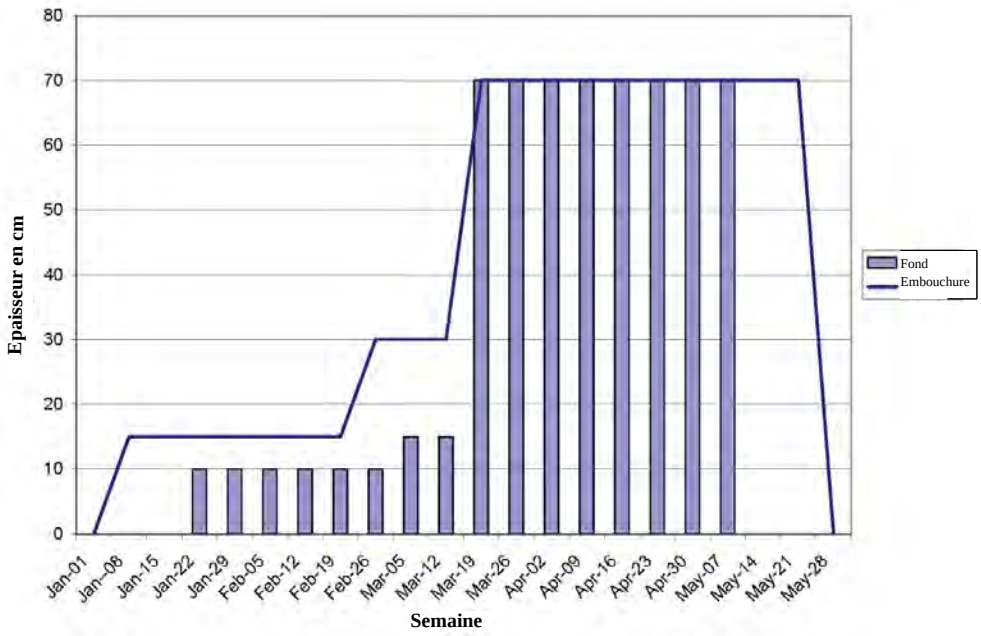
Date	Épaisseur de la glace déduite du type de glace moyenne (max cm for category)	
	Fond	Embouchure
1er janvier	0	0
8 janvier	0	10
15 janvier	0	15
22 janvier	10	15
29 janvier	10-15	15
5 février	10	15
12 février	10	15
19 février	10	15
26 février	10	30

Date	Épaisseur de la glace déduite du type de glace moyenne (max cm for category)	
	Fond	Embouchure
5 mars	15	30
12 mars	15	120
19 mars	120	120
26 mars	120	120
2 avril	120	120
9 avril	120	120
16 avril	120	120
23 avril	120	120
30 avril	120	120
7 mai	120	120
14 mai	120	120
21 mai	0	120
28 mai	0	120
4 juin	0	0

La baie connaît de la glace de première année de la mi-mars à début mai qui varie en épaisseur de 30 à plus de 120 cm.

Comme dans la zone extracôtière, la plupart de la glace de mer qui existe dans la baie s'est formée au sud du Labrador et dérive vers le sud pour entrer dans la baie à la fin février (avec la glace la plus épaisse se produisant entre la mi-mars et la mi-mai).

Cette analyse inclut la glace de mer à l'embouchure et au fond de la baie au cours de la période de 25 ans comprise entre 1983 et 2008 (figure 3-14).



Source : Service canadien des glaces (Cartes des glaces) 2001

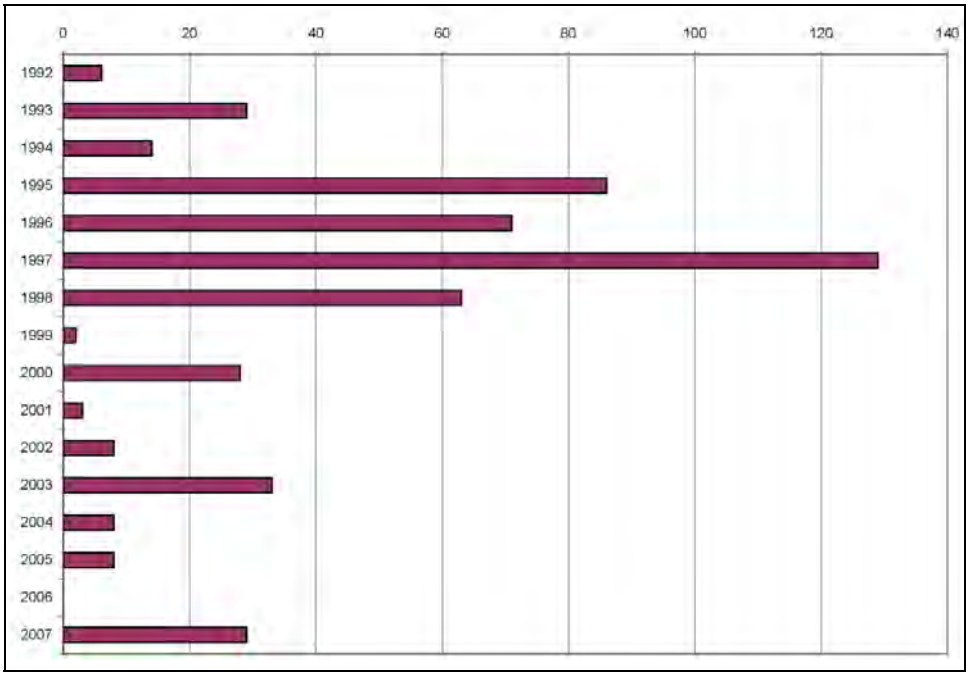
Figure 3-14 Épaisseur déduite de la banquise à l'embouchure et au fond de la baie de la Trinité

3.1.4.2 Conditions des icebergs dans la baie de la Trinité

Les données sur l'observation d'icebergs dans la baie de la Trinité furent extraites de la base de données de Provincial Airlines Limited (PAL), qui fut interrogée par année d'observations et ensuite par classification de taille. La répartition des icebergs peut fortement fluctuer d'année en année. Le nombre maximum d'icebergs observés en une année sur la période d'étude fut de 129 en 1997, tandis que le nombre moyen annuel dans la baie de la Trinité est de 32. Dans la zone de la baie de la Trinité, le nombre d'icebergs détectés d'année en année peut être sous-estimé par rapport à la réalité car la région de la baie de la Trinité ne se trouve pas sur une voie principale pour la reconnaissance aérienne de la glace.

3.1.4.3 Répartition des icebergs par année

Il est évident qu'il existe des fluctuations considérables dans la répartition annuelle des icebergs d'après les données de PAL. C'est toutefois aussi vrai si l'on considère n'importe quel bloc d'un degré de côté au large de la côte est du Canada. La répartition annuelle des icebergs est montrée sur la figure 3-15 d'après la base de données d'observations de PAL. Les données de 1992 à 2007 ont été utilisées en raison de la variabilité des données de la zone de la baie de la Trinité, car cette zone n'est pas comprise dans l'itinéraire régulier de surveillance aérienne des icebergs. Les données avant 1992 ne sont pas bien documentées et sont moins fiables comparativement à celles qui sont répertoriées depuis 1992.

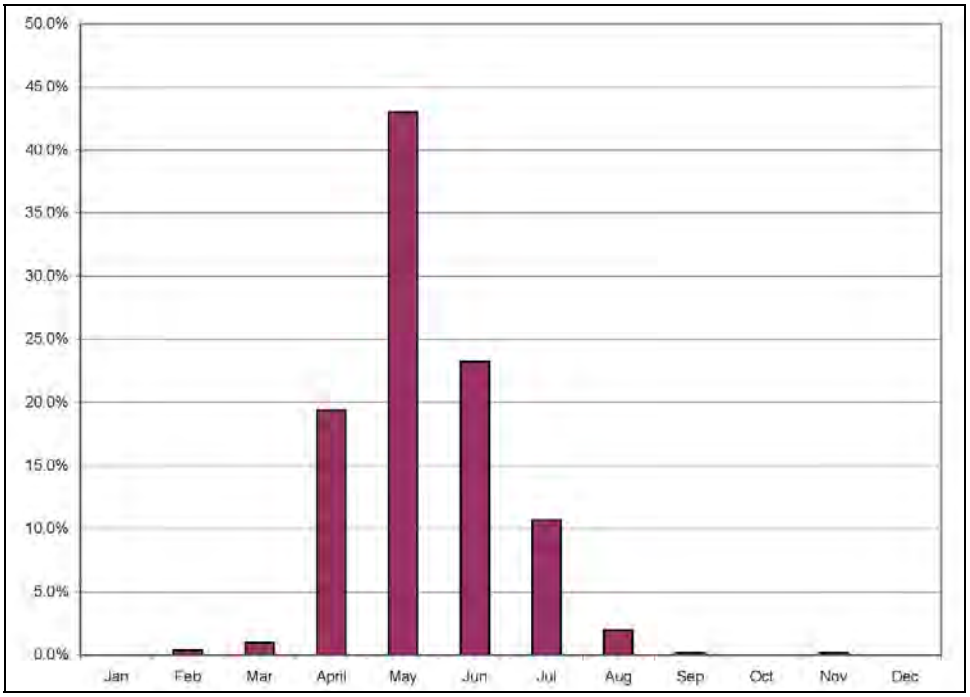


Source: Données d'observations de PAL de 1992 à 2007

Figure 3-15 Répartition des icebergs dans la baie de la Trinité par année

3.1.4.4 Répartition des icebergs par mois

Les données sur la répartition mensuelle des icebergs dans la baie de la Trinité furent compilées depuis les données d'observations de PAL. Ces données montrent un flux de pointe d'icebergs durant le mois de mai. L'apparition mensuelle d'icebergs dans la baie de la Trinité est indiquée sur la figure 3-16 en pourcentage du total annuel.



Source: Données d'observations de PAL de 1992 à 2007

Figure 3-16 Répartition mensuelle des icebergs dans la baie de la Trinité

3.1.4.5 Répartition de taille des icebergs

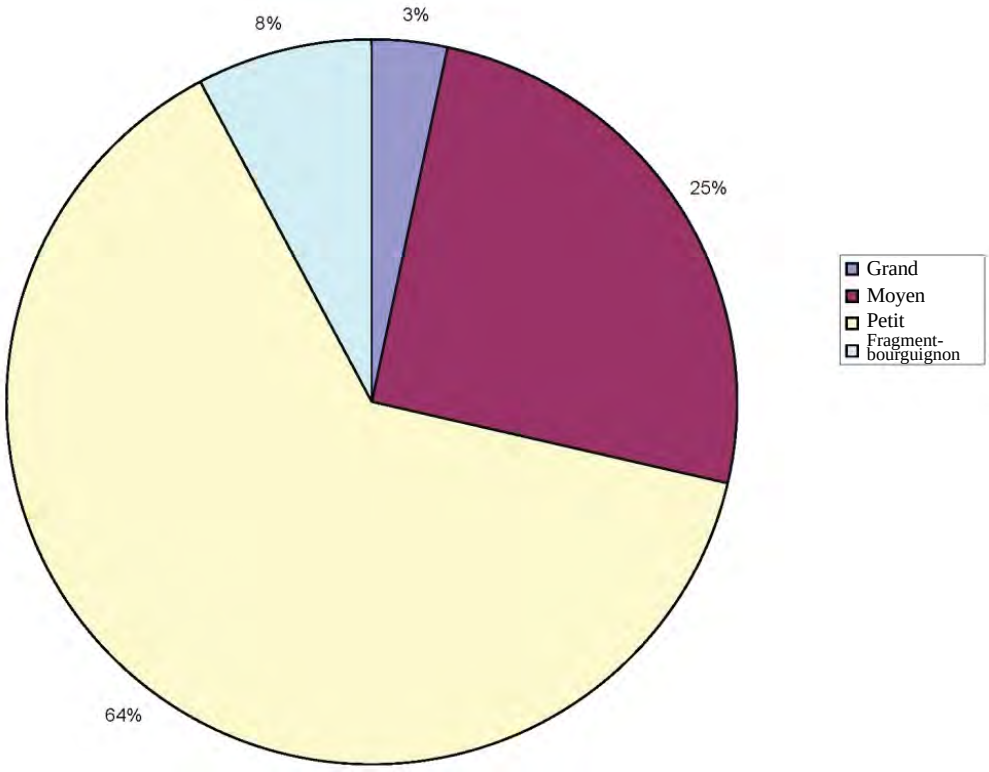
Dans les données sur les icebergs extraites de la base de données de PAL, la plupart des icebergs étaient classés selon leur taille (tableaux 3-21 et 3-22; figure 3-17) alors que peu étaient enregistrés comme inconnus. La plupart des tailles dans les bases de données PAL sont basées sur des estimations visuelles. Cette méthode a été utilisée dans de nombreuses études et rapports précédents et constitue, dans la majeure partie des cas, la seule information disponible sur la région.

Tableau 3-23 Taille des icebergs

Catégorie	Hauteur (m)	Longueur (m)	Masse approx. (T)
Très grand	>75	>200	<10 Millions
Grand	45 à 75	120 à 200	2 à 10 Millions
Moyen	15 à 45	60 à 120	100 000 - <2 Millions
Petit	5 à 15	15 à 60	100 000
Fragment	1,0 à 5	5 à 15	10 000
Bourguignon	<1,0	<5	1 000
Source: Service Météorologique du Service Canadien des Glaces MANICE 2005			

Tableau 3-24 Classification de la taille des icebergs

Classification	Pourcentage du total
Grand	3
Moyen	25
Petit	64
Fragment-bourguignon	8



Source: Données d'observations de PAL de 1992 à 2007

Figure 3-17 Répartition de la taille des icebergs pour la baie de la Trinité

De manière générale, cette répartition de taille est très semblable aux autres zones étudiées et s'accorde avec les répartitions générales de taille des icebergs au sud du 48°N.

3.1.5 Géologie de la zone de Bull Arm (Anse Mosquito)

La majorité de l'information marine détaillée géoscientifique (géologique et géotechnique) disponible sur la zone de Bull Arm vient d'études sur le terrain conduites pour le compte de Mobil Oil Canada Properties (Newfoundland Geosciences Limited 1989a, 1989b) et de NODECO (Newfoundland Geosciences Limited 1991). Ces deux études ont acquis une forte densité de données géophysiques et de sondages qui ont servi à l'ingénierie du site de construction.

La géologie marine superficielle de l'anse Mosquito a été modifiée durant la construction de la cale sèche pour la SEP d'Hibernia et pendant le dragage du mur de protection à la fin de la phase en cale sèche, lorsque de grandes

quantités de matériaux du mur de protection construit furent déblayées et évacuées dans la partie extérieure de l'anse. Ce sédiment peut consister en un mélange de sables et graviers mal classés provenant du milieu du mur de protection ou en débris grossiers qui furent déposés près de la base. Il peut aussi y avoir des zones de sédiment fin redéposé, vanné par les courants à partir des rebus de dragage. La répartition résultante des sédiments à l'intérieur de l'anse Mosquito actuelle n'a pas été cartographiée au jour d'aujourd'hui. L'étude de suivi 2005 fournit quelques points de données sur la partie intermédiaire de l'anse et sur un « endroit de référence » dans la partie externe de l'anse. Les observations sont des plutôt des généralisations et indiquent que des sédiments fins remaniés semblent s'être déposés à l'extérieur par-dessus les rebus déversés (Environment Canada 2005). Une reconnaissance géologique le long de l'anse Mosquito et d'une partie de Bull Arm sera effectuée pour en définir la bathymétrie actuelle.

La géologie marine superficielle de Bull Arm a été cartographiée à l'aide d'outils de levés géophysiques et de sondages géotechniques dans le cadre d'études réalisées sur le site de construction pour le projet antérieur d'Hibernia et le projet actuel d'Hebron (Newfoundland Geosciences Limited 1989a, 1989b, 1991; Fugro Jacques GeoSurveys Inc. 2010; Stantec 2011 (voir section 3.1.5.2).

3.1.5.1 Géologie de surface

Les sédiments superficiels du milieu marin ont été cartographiés au moyen d'outils de reconnaissance géophysiques et de sondages géotechniques au cours des études préliminaires sur le site construction (Newfoundland Geosciences Limited 1989a, 1989b, 1991). Les sédiments marins superficiels de l'anse Mosquito sont constitués de dépôts localisés de sable et gravier organiques meubles au-dessus d'une moraine de fond glaciaire. On constata que l'épaisseur des sédiments organiques meubles allait jusqu'à 1,7 m et qu'ils comportaient principalement du sable (50 à 60 pour cent) (Newfoundland Geosciences Limited 1991).

La moraine de fond sous-jacente a été décrite comme un mélange mal classé de sables, graviers, cailloux et blocs contenant des quantités variables de sédiments à grain fin (silts et argiles) (Newfoundland Geosciences Limited 1991).

La bathymétrie et la morphologie des fonds marins de la zone côtière se distinguent par des caractéristiques tant antrophiques que d'origine naturelle. Dans la zone de la cale sèche, le fond marin, qui est essentiellement plat,, a une profondeur d'eau moyenne d'environ 16 m. Les sédiments marins de la cale sèche sont interprétés comme passant du silt au gravier. La zone de la digue de protection s'étend à environ 200 m au sud-est de la zone de la cale sèche, avec des profondeurs d'eau de l'ordre de 15 à 17 m. Dans cette zone, le fond marin a été remanié par la construction et la démolition de la digue de protection et se caractérise par sa rugosité et un relief <1 m. Les sédiments marins sont mixtes et sont principalement constitués de sables et de graviers ainsi que de galets et de blocs.

Au large de la zone de la digue de protection, la profondeur de l'eau augmente rapidement jusqu'à >20 m, en marquant occasionnellement un temps d'arrêt en raison de la présence des hauts-fonds formés par affleurement L'épaisseur des sédiments varie entre 0 m dans les zones de substrat rocheux à nu et <6 m dans les rares dépressions remplies de sédiments. Les sédiments du fond marin sont interprétés comme étant principalement des sables et des graviers accompagnés d'un peu de silt dans les régions basses; on note également la présence de galets et de blocs sur la faible couverture des crêtes rocheuses. La bathymétrie révèle une tendance générale à l'approfondissement en progressant vers le large dans l'anse Great Mosquito, à l'exception de quelques collines au voisinage du quai d'assemblage des installations de surface atteignant une profondeur d'eau d'environ 20 m. La bathymétrie du chenal de Bull Arm est caractérisée par une fosse d'origine naturelle s'allongeant du nord-ouest au sud-est et dont la profondeur croissante atteint jusqu'à 203 m. La profondeur de l'eau au site d'assemblage en eau profonde est d'environ 145 m.

3.1.5.2 Données géotechniques

Deux programmes d'études marines géotechniques furent conduits à l'intérieur de Bull Arm (anse Mosquito) avant la construction de la SEP d'Hibernia. Un programme par Newfoundland Geosciences Limited (1989a, 1989b) pour le compte de Mobil Oil Canada Properties effectua 21 sondages. Un programme supplémentaire fut réalisé par Newfoundland Geosciences Limited in 1991 pour le compte de NODECO. Ce programme effectua 31 sondages supplémentaires, une fois de plus concentrés sur la terminaison occidentale (interne) de l'anse et le littoral nord près de la zone proposée d'assemblage des parties utiles en surface.

Le programme géotechnique identifia quatre types de sols là où ils sont présents sur le socle (Newfoundland Geosciences Limited 1991):

- Sable et gravier très meuble à compact à silt organique
- Cailloux et blocs denses dans une matrice de sable, gravier et silt (till)
- Sable et gravier compacts à très denses, quelques silts (till)
- Silt rigide à dur et sable avec quelques graviers passant à gravier et sable silteux et argileux

Une étude géotechnique est programmée pour définir les conditions du sol et de la roche qui sont présents actuellement à l'emplacement du nouveau mur de protection.

Les conditions de subsurface du site de Bull Arm ont fait l'objet d'une étude en deux phases (Stantec 2010a, 2011). La zone d'étude côtière de site de fabrication de Bull Arm est caractérisée par des épaisseurs variables de remblaiement dans les régions situées au nord et au sud des piliers de la digue de protection, qui recouvrent le sol alluvial glaciaire et les rares sédiments glaciomarins. Dans les zones où aucun remblaiement n'a été rencontré (dans le chenal de remorquage), les tills glaciaires étaient généralement observés à la surface du fond marin. L'emplacement de la digue de protection, à l'est de l'alignement de la digue de protection initiale,

est caractérisé par une présence limitée de remblaiement dans les zones au nord du pilier de la digue de protection qui recouvrent les tills glaciaires et les rares sédiments glaciomarins. Dans les zones où aucun remblaiement n'a été rencontré (la plus grande partie de cette région), les tills glaciaires étaient généralement observés à la surface du fond marin. L'épaisseur des sols enfouis se situait entre 0,9 et 12 m.

3.2 Zone extracôtière

3.2.1 Milieu atmosphérique

3.2.1.1 Climatologie

Le climat des Grands Bancs est très dynamique, largement gouverné par le passage de systèmes de circulation à hautes et basses pressions. Ces systèmes de circulation sont intercalés dans et dirigés par le flux dominant d'ouest qui caractérise les niveaux supérieurs de l'atmosphère dans les latitudes moyennes et qui se produit à cause du gradient normal de température du tropique au pôle. La force moyenne du flux d'ouest est fonction de l'intensité de ce gradient et par conséquent est considérablement plus grande pendant les mois d'hiver que pendant les mois d'été[2], en raison d'une augmentation du gradient de température du sud au nord.

Le réchauffement printanier entraîne une diminution du gradient de température nord-sud. En raison de ce gradient plus faible de température pendant l'été, les tempêtes tendent à être plus faibles et moins fréquentes. De plus, le gradient plus faible de température du tropique au pôle en été repousse les trajets des tempêtes plus vers le nord. Avec le passage de systèmes de basses pressions au nord de la région, la direction du vent dominant pendant les mois d'été est du sud-ouest au sud. Par conséquent, les incidences de vents de force de coup de vent ou de tempête sont relativement peu fréquentes sur Terre-Neuve pendant l'été.

La saison des ouragans dans le bassin nord-atlantique s'étend normalement de juin à novembre, bien que des systèmes de tempêtes tropicales se produisent occasionnellement en dehors de cette période. Au fur et à mesure que les ouragans se déplacent vers le nord au-dessus des eaux océaniques plus froides, ils commencent à perdre leurs caractères tropicaux. Lorsque ces cyclones qui s'affaiblissent atteignent Terre-Neuve, ils sont généralement intercalés dans un creux de moyenne latitude et leurs caractéristiques tropicales sont généralement perdues. La probabilité de passage d'un ouragan tropical augmente vers la deuxième moitié de la saison tropicale, octobre étant le mois avec la plus forte probabilité de passage. Dans l'Atlantique, la transition extratropicale s'effectue à des latitudes plus basses au début et à la fin de la saison des ouragans et à de plus hautes latitudes pendant le pic de la saison (Hart and Evans 2001).

[2] On note que les conventions météorologiques définissent les saisons par trimestres (par exemple l'hiver comprend décembre, janvier et février, *etc.*).

3.2.1.2 Climatologie du vent

Les Grands Bancs sont soumis à un flux sud-ouest à ouest prépondérant tout au long de l'année. Les vents d'ouest à nord-ouest qui prévalent pendant les mois d'hiver commencent à changer de direction dans le sens inverse des aiguilles d'une montre en mars et avril, ce qui résulte en un vent sud-ouest dominant au cours des mois d'été. A l'approche de l'automne, le gradient de température du tropique au pôle se renforce et les vents changent légèrement de direction, devenant à nouveau surtout d'ouest à la fin de l'automne et en hiver.

Les systèmes de basses pressions traversant la zone sont plus intenses durant les mois d'hiver. En conséquence, les vitesses moyennes du vent tendent à être maximales pendant cette saison. Les vitesses moyennes au point de maillage 10632 (à environ 5 km au sud de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron) et dans les jeux de données de MANMAR [renvoi aux rapports produits dans un format utilisant les codes de navires (Organisation météorologique mondiale (OMM)-FM13) destinés à une diffusion sur le Système mondial de télécommunication (SMT)] sont maximales pendant le mois de janvier (tableau 3-25). Une description des sources de données utilisées est fournie dans EMCP (2010).

Tableau 3-25 Statistiques de vitesses moyennes du vent

Mois	Point de maillage 10632 de la base MSC50 (m/s)	UFPSDE Terra Nova (m/s)	Glomar Grands Bancs (m/s)	GSF Grands Bancs (m/s)	Henry Goodrich (m/s)	Hibernia (m/s)
Janvier	11,5	14,5	12,9	13,7	15,2	16,0
Février	11,5	13,9	11,9	12,9	14,9	15,4
Mars	10,4	13,3	11,9	13,6	13,6	14,6
Avril	8,8	12,0	11,4	11,3	12,6	13,3
Mai	7,4	10,7	9,7	11,1	11,7	12,1
Juin	6,9	9,3	9,4	8,3	11,2	11,4
Juillet	6,4	8,9	9,5	9,2	10,9	10,8
Août	6,7	9,6	8,4	9,1	9,8	10,5
Septembre	7,9	9,9	10,3	9,3	10,3	11,2
Octobre	9,3	11,0	12,8	9,7	12,0	13,0
Novembre	10,1	12,7	11,0	11,6	12,7	13,5
Décembre	11,2	15,0	12,6	13,0	14,5	15,5
Remarque: Les mesures de hauteurs recueillies sont 139 m à la SEP d'Hibernia, 50 m à l'UFPSDE deTerra Nova et 82,5 m à GFS Grands Bancs						

La vitesse du vent augmente généralement avec l'augmentation des hauteurs au-dessus du niveau de la mer. Les statistiques fournies au tableau 3-25 sont présentées dans l'ordre croissant de hauteur, le jeu de données de la base de données MSC50 étant le moindre (10 m) et la plate-forme d'Hibernia étant la plus élevée (on peut trouver les hauteurs anémométriques pour chaque plate-forme dans le tableau 3-25). Les statistiques pour chaque

niveau anémométrique sont présentées pour donner une meilleure idée des vents à différents niveaux au-dessus du niveau de la mer. De plus, les méthodes pour ramener les vitesses du vent du niveau anémométrique à 10 m se sont avérées inefficaces en raison des problèmes de stabilité atmosphérique.

Les jeux de données du MANMAR (manuel d'observations météorologiques maritimes) correspondent à des vents moyens sur 10 minutes. Pour plus de cohérence, les vitesses du vent du jeu de données MSC50 ont été ajustées à des vitesses moyennes de vent sur 10 minutes. Le facteur d'ajustement pour convertir des valeurs moyennes sur une heure à des vitesses moyenne sur 10 minutes est habituellement pris à 1,06 (US Geological Survey 1979). Les archives d'Oceans Ltd. archives, basées sur les données du MANMAR, sont la source des informations sur les vents de la plate-forme.

Une rose des vents de la vitesse annuelle du vent et un histogramme de la fréquence de vitesse du vent au point de maillage 10632 sont présentés sur les figures 3-18 et 3-19. Les roses des vents mensuelles ainsi que les histogrammes de la répartition de la fréquence des vitesses du vent au point de maillage 10632 peuvent être trouvés dans EMCP (2010). On observe une nette augmentation dans l'existence de vents venant de l'ouest au nord-ouest dans les mois d'hiver contrairement aux mois d'été, ce qui est en accord avec la climatologie du vent dans la zone.

Des systèmes intenses de basses pressions de moyenne latitude se produisent fréquemment du début de l'automne à la fin du printemps. De plus, des restes de systèmes tropicaux sont passés près de Terre-neuve entre le printemps et la fin de l'automne. De ce fait, alors que les vitesses moyennes du vent tendent à être maximales pendant les mois d'hiver, des vitesses de vent maximales peuvent se produire à tout moment durant l'année. Un tableau des vitesses mensuelles maximales du vent pour chacun des jeux de données est présenté dans le tableau 3-26.

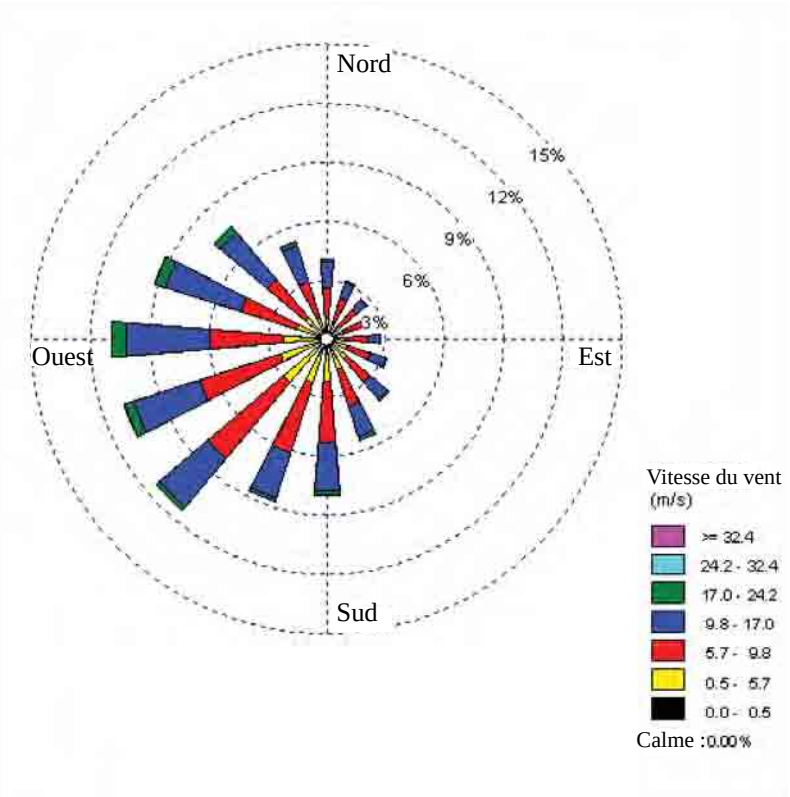


Figure 3-18 Rose des vents annuelle pour le point de maillage M10632 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005

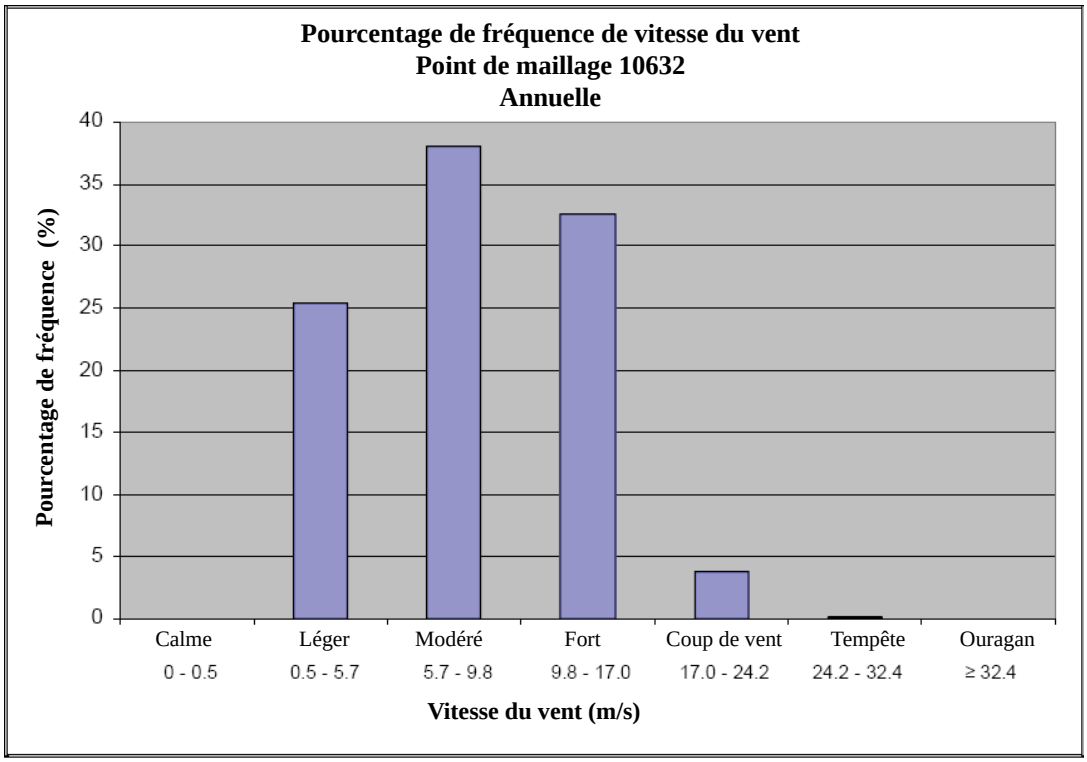


Figure 3-19 Pourcentages de fréquence annuelle des vitesses du vent pour le point de maillage M10632 de la base de données MSC50, de 1954 à 2005

Tableau 3-26 Statistiques de vitesses maximales du vent

Mois	Point de maillage 10632 de la base MSC50 (m/s)	UFPSDE Terra Nova (m/s)	Glomar Grands Bancs (m/s)	GSF Grands Bancs (m/s)	Henry Goodrich (m/s)	Hibernia (m/s)
Janvier	29	32	31	38	44	43
Février	32	31	27	28	52	49
Mars	29	30	24	29	33	38
Avril	26	23	27	21	31	33
Mai	23	25	22	26	33	32
Juin	24	23	21	23	28	31
Juillet	21	19	20	17	26	30
Août	30	28	26	26	29	36
Septembre	25	22	29	22	28	38
Octobre	29	32	33	31	32	41
Novembre	29	28	26	24	32	38
Décembre	31	33	27	29	38	39

3.2.1.3 Température de l'air et de la mer

L'influence modératrice de l'océan sert à limiter les variations de température diurnes et annuelles sur les Grands Bancs. Les variations diurnes dues aux cycles jour-nuit sont très faibles. Les changements de température de courte durée et aléatoires sont principalement dus à un changement de masses d'air suivant le passage d'un front froid ou chaud. En général, les contrastes de températures des masses d'air à travers les zones de front sont plus grands durant l'hiver que pendant la saison estivale.

Les statistiques relatives aux températures de l'air, aux températures à la surface de la me, aux précipitations, à la visibilité et aux glaces de la région ont été compilées en ayant recours aux données de l'Ensemble international de données détaillées océan-atmosphère (ICOADS). On a utilisé dans le présent rapport un sous-ensemble mondial d'observations de la mer en surface des bateaux, des plates-formes de forage et des bouées englobant la zone extracôtière du projet du 46.09°N au 47.04°N et du 47.88°O au 49.02°O, pour la période comprise entre janvier 1950 et décembre 2006. Cette région a été choisie en étendant la zone du projet de 0,25 degrés dans toutes les directions afin d'inclure les observations émanant des diverses installations extracôtières ne faisant pas partie de la zone définie du projet.

Les températures de l'air et de surface de la mer pour la zone ont été extraites du jeu de données de l'ICOADS ainsi que des statistiques de température de l'air pour le champ de Terra Nova. On doit noter que les données de température du champ de Terra Nova devraient être incluses dans le jeu de données de l'ICOADS; cependant, en raison des contradictions dans le jeu de données de l'ICOADS citées précédemment, les données de Terra Nova ont été analysées séparément.

Un graphe mensuel de la température de l'air par rapport à la température de surface de la mer est présenté sur la figure 3-20. Les statistiques de températures présentées dans les tableaux 3-27 et 3-28 montrent que

l'atmosphère est plus froide en février et plus chaude en août, de même que la température de la surface de la mer est plus chaude en août et plus froide en février. La température moyenne de la surface de la mer est de l'ordre de 0,4°C à 1,4°C plus froide que la température moyenne de l'air de mars à août, la différence la plus grande se produisant dans le mois de juin. De septembre à février, les températures de la surface de la mer sont de l'ordre de 0,3°C à 0,8°C plus chaudes que la température moyenne de l'air. Les températures plus froides de la surface de la mer de mars à août ont un effet rafraîchissant de l'atmosphère, tandis que les températures relativement plus chaudes de la surface de la mer de septembre à février tendent à réchauffer l'atmosphère sus-jacente.

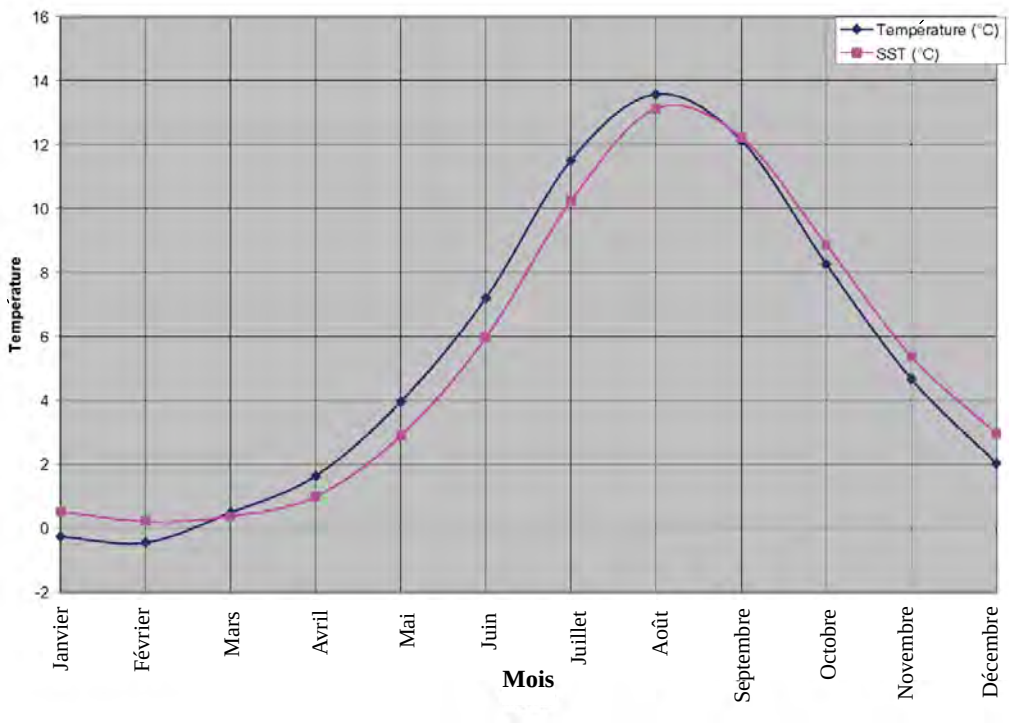


Figure 3-20 Température mensuelle moyenne de l'air et de la surface de l'eau (base de données ICOADS)

Tableau 3-27 Statistiques de température de l'air (°C) d'après la base de données ICOADS

Mois	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type	Maximum journalier moyen	Minimum journalier moyen
Janvier	0,15	10,30	-13,80	3,11	1,86	-1,00
Février	-0,48	10,40	-13,60	3,24	1,40	-1,58
Mars	0,37	17,00	-17,30	2,77	2,13	-0,53
Avril	2,05	13,40	-7,30	2,40	3,51	1,07
Mai	4,33	18,50	-3,20	2,43	5,66	3,17
Juin	7,43	22,80	-1,00	2,61	9,15	6,44
Juillet	12,10	27,50	0,00	2,53	13,44	10,80
Août	14,42	25,00	0,00	2,36	15,74	13,06
Septembre	12,75	25,00	3,50	2,36	14,16	11,67

Mois	Moyenne	Maximum	Minimum	Ecart-type	Maximum journalier moyen	Minimum journalier moyen
Octobre	9,29	20,60	-1,00	2,99	10,67	8,07
Novembre	5,25	18,10	-4,60	2,97	6,98	4,27
Décembre	2,23	18,80	-12,80	3,27	3,81	1,04

Tableau 3-28 Statistiques de température de la surface de la mer d'après la base de données ICOADS

Mois	Moyenne (°C)	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ecart-type (°C)	Maximum journalier moyen (°C)	Minimum journalier moyen (°C)
Janvier	0,96	10,00	-1,90	1,32	1,91	0,89
Février	0,28	7,80	-2,10	1,05	1,08	0,12
Mars	0,33	15,30	-2,00	1,22	1046	0,37
Avril	1,09	17,00	-1,90	1,39	2,02	0,88
Mai	3,30	18,00	-0,60	1,84	4,01	2,67
Juin	6,21	21,50	0,00	2,02	7,17	5,58
Juillet	10,27	24,50	4,00	2,29	11,55	10,13
Août	14,01	25,00	7,80	2,03	14,62	13,22
Septembre	13,02	25,00	3,50	1,94	13,81	12,27
Octobre	9,76	21,00	2,00	2,29	10,47	8,86
Novembre	5,74	19,50	0,00	2,26	6,82	5,21
Décembre	2,93	18,60	-1,90	1,87	3,98	2,69

Les statistiques mensuelles de température moyenne maximale et minimale journalière sont présentées pour à la fois le jeu de données de l'ICOADS et celui du champ de Terra Nova (tableau 3-29). Les températures moyennes pour chaque mois sont les moyennes de toutes les températures enregistrées sur le site pendant ce mois. Les températures maximales et minimales sont respectivement les températures les plus élevées et les plus basses enregistrées durant le mois sur l'ensemble du jeu de données. Le maximum journalier moyen est la moyenne de toutes les températures maximales enregistrées durant le mois indiqué, tandis que le minimum journalier moyen est la moyenne de toutes les températures minimales enregistrées durant le mois indiqué.

Tableau 3-29 Statistiques de température mensuelle de l'air pour le champ de Terra Nova situé à 46,4°N, 48,4°O

Mois	Moyenne (°C)	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ecart-type (°C)	Maximum journalier moyen (°C)	Minimum journalier moyen (°C)
Janvier	0,65	9,10	-11,00	2,76	2,56	-0,91
Février	-0,09	14,60	-11,10	2,76	1,66	-1,51
Mars	0,44	10,40	-8,00	2,34	1,94	-0,83
Avril	1,85	8,20	-5,30	2,06	3,10	0,78
Mai	4,01	10,70	-3,70	1,88	5,16	2,96
Juin	7,17	13,90	-6,00	2,25	8,31	6,12

Mois	Moyenne (°C)	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ecart-type (°C)	Maximum journalier moyen (°C)	Minimum journalier moyen (°C)
Juillet	12,33	18,20	4,20	2,37	13,39	11,35
Août	14,88	19,40	9,00	1,89	15,95	13,87
Septembre	13,52	20,00	7,00	2,10	14,76	12,30
Octobre	10,16	16,40	1,00	2,58	11,49	8,91
Novembre	6,53	14,10	-0,80	2,87	7,97	5,23
Décembre	2,91	12,80	-6,20	3,09	4,66	1,38

3.2.1.4 Précipitations

Les précipitations peuvent se présenter sous trois formes:

- Précipitations liquides (bruine, pluie)
- Précipitations givrantes (bruine givrante, pluie givrante)
- Précipitations gelées (neige, neige roulée, neige en grains, grésil, grêle, cristaux de glace)

Fréquence de type de précipitations

La fréquence de type de précipitations pour chaque région a été calculée en utilisant les données provenant du jeu de données de l'ICOADS, chaque venue comptant comme un événement. Les statistiques de précipitations pour ces régions peuvent être faibles en raison d'une erreur systématique de beau temps. En effet les bateaux ont tendance à soit éviter les régions au temps peu clément, soit à ne pas faire de rapport pendant ces événements.

La fréquence de type de précipitations (tableau 3-30) montre qu'annuellement on observe des précipitations pendant 22.0 pour cent du temps dans la région de l'ICOADS. L'hiver présente la plus grande fréquence de précipitations avec 35,0 pour cent des observations rapportant des précipitations. La neige représente la majeure partie des précipitations pendant les mois d'hiver, comptant pour 59,4 pour cent des manifestations de précipitations hivernales. L'été présente la plus faible fréquence de précipitations, avec une fréquence totale de manifestations de 12,7 pour cent. On a signalé de la neige dans chaque mois de septembre à mai.

Tableau 3-30 Répartition des pourcentages de fréquence (%) des précipitations

Mois	Pluie/bruine	Pluie et bruine givrantes	Pluie et neige mélangées	Neige	Grêle	Total
Janvier	12,7	0,5	0,5	24,1	0,2	38,0
Février	9,9	0,8	0,3	24,3	0,1	35,4
Mars	12,5	1,0	14,8	16,1	0,0	26,8
Avril	13,5	0,2	0,2	5,1	0,1	19,2
Mai	14,2	0,0	0,1	0,9	0,0	15,3
Juin	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8
Juillet	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9
Août	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4
Septembre	16,5	0,0	0,0	0,1	0,0	16,6

Mois	Pluie/bruine	Pluie et bruine givrantes	Pluie et neige mélangées	Neige	Grêle	Total
Octobre	20,6	0,0	0,1	1,1	0,2	21,9
Novembre	19,4	0,1	0,4	6,0	0,2	26,0
Décembre	15,8	0,1	0,7	15,0	0,3	31,9
Hiver	13,0	0,4	0,5	20,5	0,2	35,0
Printemps	13,5	0,4	0,2	6,4	0,0	20,5
Eté	12,6	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7
Automne	18,8	0,0	0,2	2,4	0,1	21,4
Total	14,4	0,2	0,2	7,1	0,1	22,0

3.2.1.5 Verglas

Précipitations givrantes

Des précipitations verglaçantes se produisent lorsque la pluie ou la bruine en haut dans le ciel entrent dans des températures d'air négatives près de la surface et deviennent super-refroidies, tellement que les gouttelettes gèlent à leur impact avec la surface. Cette situation survient généralement à l'avant d'un front chaud prolongeant des systèmes de basse pression passant à l'ouest de la zone.

Le pourcentage de venues de précipitations verglaçantes (tableau 3-30) fut calculé en utilisant le jeu de données de l'ICOADS. Comme il est nécessaire d'avoir des températures d'air négatives pour engendrer des précipitations verglaçantes, les statistiques montrent que la fréquence des précipitations verglaçantes se produit seulement pendant les mois d'hiver et de printemps, les saisons connaissant des précipitations verglaçantes 0,4 % du temps, et l'hiver présentant un pourcentage légèrement plus élevé que le printemps. Sur le plan mensuel, mars présente la plus grande fréquence de précipitations verglaçantes; cela arrive cependant seulement sur moins d'1,0 pourcent du temps.

Embruns marins verglaçants sur les navires

Des embruns verglaçants peuvent s'accumuler sur les navires et les structures côtières quand les températures de l'air sont au-dessous de la température de congélation de l'eau et que les conditions existent pour la formation d'embruns. Outre la température de l'air, la sévérité du givrage dépend de la température de l'eau, des conditions des vagues et des vitesses du vent, tous ces facteurs influençant la quantité de pulvérisation et la vitesse de refroidissement des gouttelettes. Un compte rendu sur les risques d'embruns verglaçants est fourni par Minsk (1977). Une estimation de la fréquence de conditions givrantes potentielles et de leur sévérité est tirée de l'algorithme proposé par Overland *et al.* (1986) et ultérieurement mis à jour par Overland (1990). L'algorithme crée un facteur de prévision du givrage sur la base de la température de l'air, de la vitesse du vent et de la température de la surface de la mer, qui fut empiriquement reliée aux taux observés de givrage des bateaux de pêche dans le golfe d'Alaska. Cette méthode fournit

des estimations prudentes de la sévérité du givrage dans la zone extracôtière d'étude, vu que les températures hivernales de la surface de la mer sont plus froides et les conditions de houle plus faibles dans la zone extracôtière d'étude que dans le golfe d'Alaska où l'algorithme a été calibré (Makkonen *et al.* 1991). Des taux de givrage potentiel ont été calculés en utilisant les observations de la vitesse du vent et de la température de l'air et de la surface de la mer provenant de la base de données de l'ICOADS. Un total de 114 067 observations de bateaux dans la zone extracôtière d'étude de janvier 1954 à décembre 2006 fut employé pour calculer le pourcentage de fréquence de manifestations de givrage et leur sévérité pour la zone extracôtière du projet. Des résumés mensuels, saisonniers et annuels sont présentés dans le tableau 3-31 et la figure 3-21.

Les conditions potentielles d'embruns marins verglaçants commencent en novembre, dans la zone extracôtière du projet, par une fréquence d'éventualité de givrage de juste 0,3 pour cent. Au fur et à mesure que les températures baissent au cours de l'hiver, la fréquence d'éventualité de givrage augmente jusqu'à un maximum de 30,9 pour cent du temps en février. On a calculé que les conditions extrêmes d'embruns marins verglaçants se produisent pour 5 pour cent du temps en juin. L'éventualité de givrage décroît rapidement après février en réponse au réchauffement des températures de l'air et de la surface de la mer et, en mai, la fréquence des conditions de givrage est de 0,0 pour cent.

Tableau 3-31 Pourcentages de fréquence des conditions potentielles d'embruns verglaçants

Mois	Nul (0 cm/h)	Faible (<0,7 cm/h)	Modéré (0,7 à 2,0 cm/h)	Fort (2,0 à 4,0 cm/h)	Extrême (>4,0 cm/h)
Janvier	76,3	16,5	5,0	1,6	0,6
Février	69,1	20,3	6,8	2,4	1,5
Mars	83,8	11,4	3,1	1,0	0,7
Avril	96,6	2,9	0,4	0,1	0,0
Mai	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juin	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Juillet	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Août	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Septembre	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Octobre	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Novembre	99,7	0,3	0,0	0,0	0,0
Décembre	91,7	6,7	1,3	0,2	0,2
Hiver	79,0	14,5	4,4	1,4	0,8
Printemps	93,5	4,8	1,2	0,4	0,2
Eté	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Automne	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0
Total	76,3	16,5	5,0	1,6	0,6

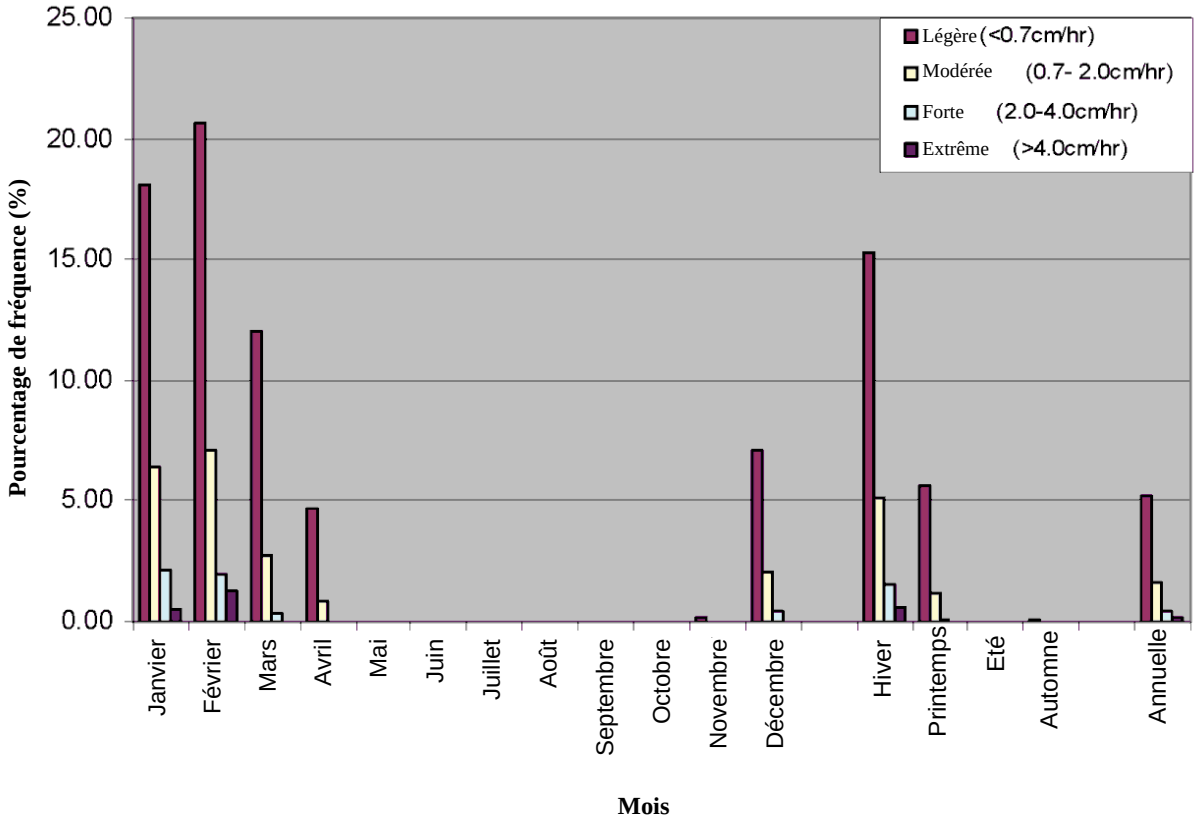


Figure 3-21 Pourcentages de fréquence de conditions potentielles d'embruns verglaçants

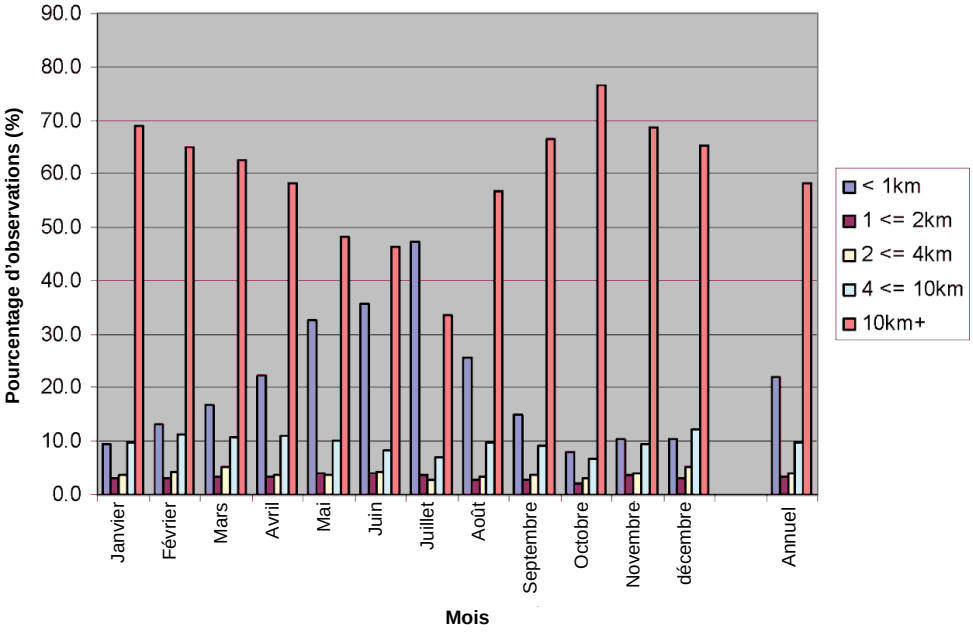
3.2.1.6 Visibilité

La visibilité est définie comme la plus grande distance à laquelle des objets de dimension convenable peuvent être vus et identifiés. La visibilité horizontale peut être réduite par tous les phénomènes suivants, agissant seuls ou associés:

- Brouillard
- Brume
- Brume sèche
- Fumée
- Précipitations liquides (par exemple la bruine)
- Précipitations givrantes (par exemple la pluie verglaçante)
- Précipitations gelées (par exemple la neige)
- Neige soufflée

Un graphe de répartition de fréquence de la visibilité à partir des données de l'ICOADS est présenté en figure 3-22; des obstructions à la vue peuvent se produire dans n'importe quel mois. Annuellement, 15,5 pour cent des observations enregistrées présentaient une visibilité réduite. Durant les mois d'hiver, l'obstruction principale est la neige; cependant, la brume et le brouillard peuvent aussi réduire parfois la visibilité. A l'approche du printemps, la réduction de la visibilité attribuée à la neige diminue. Au fur et à mesure que la température de l'air augmente, la formation de brouillard

d'advection fait de même. Le brouillard d'advection se forme lorsque de l'air chaud et humide se déplace au-dessus des eaux plus froides du courant du Labrador. La présence de brouillard d'advection augmente d'avril à juillet, ce dernier présentant le plus fort pourcentage (57,0 pour cent) de réduction de la visibilité, pour l'essentiel sous la forme de brouillard d'advection. En moyenne, le brouillard réduit la visibilité à moins d'un km dans 43,9 pour cent du temps en juillet. En août, la différence de température entre l'air et la mer commence à diminuer et en septembre, la température de l'air commence à tomber au-dessous de la température de la surface de la mer. Comme la température de l'air chute, la formation de brouillard diminue. La réduction de visibilité pendant l'automne et l'hiver est relativement faible et elle est principalement attribuée au passage de systèmes de basses pressions. Le brouillard est la cause principale de visibilités réduites en automne. Octobre présente la plus faible probabilité de réduction de la visibilité (21,0 pour cent), puisque la température de l'air est descendue, en moyenne, au-dessous de la température de la surface de la mer et qu'il ne fait pas encore assez froid pour avoir de la neige.



Source : Données de l'ICOADS

Figure 3-22 Pourcentages de périodes de visibilité annuelle et mensuelle, source: base de données ICOADS (1950 à 2006)

3.2.1.7 Systèmes tropicaux

Pour représenter la zone du projet d'Hébron, on a choisi un endroit situé à 46,5°N, 48,5°O (situé à environ 5 km au sud de l'emplacement proposé de la plate-forme d'Hebron). Durant la période de 57 années allant de 1950 à 2007, 45 systèmes tropicaux sont passés à moins de 278 km de cet endroit. Les noms de chaque cyclone sont fournis au tableau 3-32 et leurs trajets sur la zone du projet sont montrés à la figure 3-23. On doit remarquer que les valeurs du tableau 3-32 correspondent aux vitesses maximales moyennes du

vent sur une minute se produisant à l'intérieur du système tropical au niveau de référence de 10 m au moment où il passe.

De temps en temps, ces systèmes conservent encore leurs caractéristiques tropicales quand ils atteignent Terre-Neuve. Le 2 octobre 1975, l'ouragan Gladys, un cyclone de catégorie 4 en passant à l'est de Cap Hatteras, fit route vers le nord-est vers les Grands Bancs. Gladys, encore un cyclone de catégorie 2 le 3 octobre avec des vents de 43,7 m/s et une pression au centre de 960 mb, se déplaça vers le nord-est à travers les Grands Bancs et garda une force d'ouragan jusqu'à ce qu'il passe au nord de la latitude 50°, puis s'affaiblit en tempête post-tropicale.

Plus récemment en 2006, l'ouragan Florence de catégorie 1 a commencé à subir une transition extratropicale le 13 septembre 2006 près du point 40,5°N 57,9°O (à environ 420 nm au sud-sud-ouest de Cape Race, Terre-Neuve). Le système se déplaçant ensuite vers le nord-est, est passé à proximité de Cape Race en fin de soirée, le 13 septembre 2006, puis au nord des Grands Bancs, le 14 septembre 2006. Pendant le passage de ce système, la station météorologique de Cape Race a enregistré des vitesses de vent de 23,1 m/s et les plates-formes Hibernia et Henry Goodrich, des vitesses de vent de 37,6 et de 28,3 m/s respectivement.

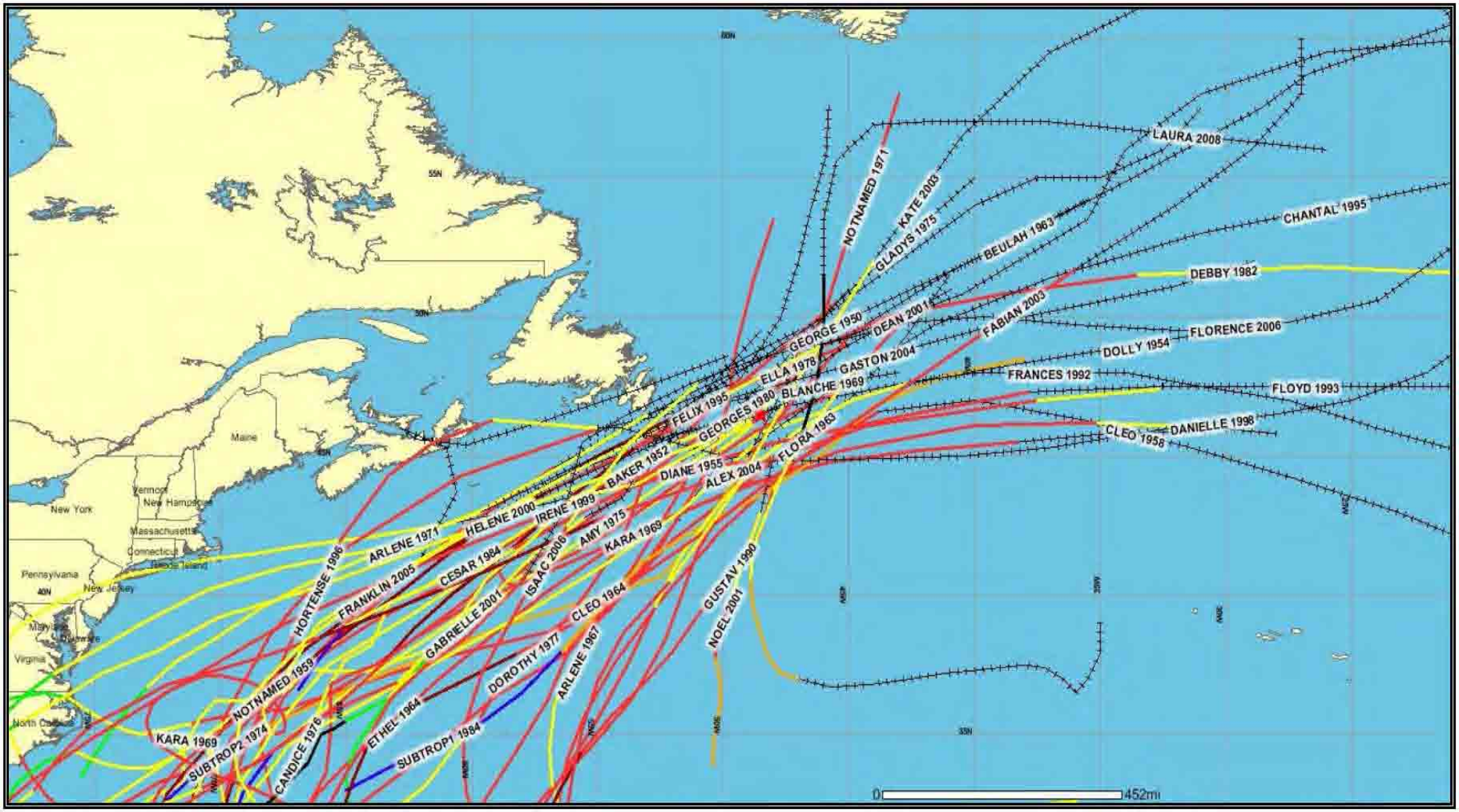
Une augmentation considérable du nombre d'ouragans se développant dans le bassin de l'Atlantique a été observée au cours des 15 dernières années. Cette activité accrue est attribué au signal tropical de plusieurs décennies (Bell and Chelliah 2006). À la suite de l'augmentation de l'activité tropicale dans le bassin de l'Atlantique, une augmentation des tempêtes tropicales ou de leurs restes, entrant dans la zone de responsabilité du Canada, a été observée suivie d'une légère augmentation du nombre de tempêtes tropicales entrant dans la zone des Grands Bancs (figure 3-23). On doit noter que le nombre anormalement élevé de tempêtes tropicales en 2005 peut biaiser les résultats de la période 2005 à 2008.

Un nombre substantiel de cyclones tropicaux, se déplaçant à des latitudes moyennes, amorcent une transition en cyclones extratropicaux. En moyenne, 46 pour cent des cyclones tropicaux qui se forment dans l'Atlantique amorcent une transition avant de devenir des cyclones extratropicaux. Pendant cette transformation, le système perd son caractère tropical et acquiert des caractéristiques de nature plus extratropicales résultant en un renforcement de la dépression dans la zone, qui produit de grandes vagues, des vents forts (soit de force coup de vent ou de force ouragan) et des pluies intenses. La probabilité qu'un cyclone tropical amorce une transition augmente vers la deuxième moitié de la saison tropicale, le mois d'octobre étant le mois le plus propice à ces transitions. Dans l'Atlantique, la transition extratropicale a lieu à des altitudes plus faibles au début et à la fin de la saison des ouragans, puis à des latitudes plus élevées au plus fort de la saison (Hart and Evans 2001).

Tableau 3-32 Systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 46,58°N 48,5°O, de 1950 à 2009

Année	Mois	Jour	Heure	Nom	Lat.	Long.	Vent (noeuds)	Pression (mb)	Catégorie
1950	9	5	0600Z	Charlie	41,700	-54,700	23,1	-	Extratropical
1950	9	14	1200Z	Dog	43,100	-50,000	25,7	-	Extratropical
1950	10	5	1200Z	George	47,000	-51,900	30,9	-	Extratropical
1951	10	7	1200Z	How	42,600	-46,000	30,9	-	Extratropical
1952	9	8	1200Z	Baker	47,800	-49,300	30,9	-	Extratropical
1953	10	12	1200Z	Hazel	42,700	-53,200	18,0	-	Extratropical
1954	9	3	1200Z	Dolly	46,800	-47,400	25,7	-	Extratropical
1955	8	21	1200Z	Diane	45,000	-49,300	18,0	-	Extratropical
1956	8	19	1200Z	Betsy	43,200	-48,600	23,1	-	Extratropical
1956	9	11	0600Z	Carla	41,800	-53,000	12,9	-	Dépression tropicale
1957	9	27	0600Z	Frieda	46,300	-52,800	18,0	-	Extratropical
1958	8	31	0000Z	Daisy	41,000	-49,600	23,1	-	Extratropical
1959	6	21	1200Z	Sans nom	47,300	-53,700	23,1	-	Extratropical
1961	10	22	1200Z	Gerda	44,000	-49,000	15,4	-	Catégorie 1
1962	9	2	1200Z	Alma	42,200	-61,000	7,7	-	Catégorie 1
1962	10	9	0000Z	Daisy	45,500	-57,700	25,7	-	Tempête tropicale
1962	10	22	1800Z	Ella	49,000	-50,000	30,9	-	Extratropical
1963	8	11	0000Z	Arlene	42,500	-52,000	33,4	-	Catégorie 1
1963	10	12	1800Z	Flora	45,200	-47,500	38,6	-	Extratropical
1964	9	4	1800Z	Cleo	46,900	-49,800	36,0	-	Catégorie 1
1964	9	15	0000Z	Ethel	44,000	-49,000	38,6	-	Catégorie 1
1964	9	24	1800Z	Gladys	44,700	-60,300	30,9	990	Extratropical
1966	7	3	0600Z	Becky	43,100	-55,000	28,3	-	Tempête tropicale
1967	9	4	0600Z	Arlene	45,800	-48,600	30,9	-	Tempête tropicale
1967	9	18	0000Z	Chloe	42,300	-47,800	41,2	-	Catégorie 1
1969	8	4	1800Z	Anna	43,000	-47,000	23,1	-	Extratropical
1969	8	13	0000Z	Blanche	47,100	-49,000	25,7	-	Extratropical
1969	8	22	0600Z	Camille	40,800	-58,200	28,3	-	Tempête tropicale
1969	8	24	1200Z	Debbie	48,000	-52,000	36,0	-	Catégorie 1
1969	9	25	1800Z	Sans nom	43,400	-57,900	33,4	-	Catégorie 1
1969	10	18	0600Z	Kara	45,200	-45,300	41,2	980	Catégorie 1
1970	10	17	1800Z	Sans nom	42,500	-57,500	36,0	980	Catégorie 1
1971	7	7	1800Z	Arlene	46,500	-53,000	23,1	-	Extratropical
1971	8	6	1200Z	Sans nom	46,000	-49,000	38,6	974	Catégorie 1
1973	10	28	0600Z	Gilda	47,500	-51,500	28,3	968	Extratropical
1974	9	1	1200Z	Becky	42,700	-47,800	41,2	-	Catégorie 1
1975	7	4	0600Z	Amy	44,500	-51,600	25,7	986	Tempête tropicale
1975	9	29	0000Z	Faye	42,800	-46,000	36,0	977	Catégorie 1
1975	10	3	1200Z	Gladys	46,600	-50,600	43,7	960	Catégorie 2
1976	8	24	0000Z	Candice	45,900	-48,700	41,2	-	Catégorie 1
1977	9	30	0000Z	Dorothy	47,000	-51,000	25,7	995	Extratropical

Année	Mois	Jour	Heure	Nom	Lat.	Long.	Vent (noeuds)	Pression (mb)	Catégorie
1978	9	5	0600Z	Ella	47,200	-50,200	41,2	975	Catégorie 1
1980	9	8	1200Z	Georges	45,600	-51,100	35,0	993	Catégorie 1
1981	8	5	0600Z	Cindy	43,300	-52,700	20,6	1006	Tempête tropicale
1981	9	8	0600Z	Emily	42,900	-52,500	30,9	984	Tempête tropicale
1982	9	19	0600Z	Debby	47,000	-50,500	38,6	979	Catégorie 1
1984	8	20	1200Z	Subtropical 1	43,700	-48,300	25,7	1001	Subtropical
1984	9	2	1200Z	Cesar	46,000	-50,400	25,7	994	Tempête tropicale
1984	10	20	0600Z	Josephine	41,800	-48,500	15,4	996	Extratropical
1986	8	22	0000Z	Charley	41,300	-49,400	23,1	990	Extratropical
1989	9	13	0600Z	Gabrielle	42,700	-53,500	15,4	1010	Dépression tropicale
1990	10	15	0600Z	Lili	46,600	-56,400	20,6	994	Extratropical
1991	10	29	0600Z	Pas de nom	42,500	-55,500	23,1	992	Extratropical
1993	9	10	0600Z	Floyd	45,400	-48,300	33,4	990	Catégorie 1
1994	8	23	1200Z	Chris	42,200	-55,500	23,1	1003	Tempête tropicale
1995	7	20	1800Z	Chantal	45,400	-48,800	25,7	1000	Extratropical
1995	8	22	1200Z	Felix	46,800	-50,800	25,7	985	Tempête tropicale
1995	9	11	1200Z	Luis	51,500	-48,500	36,0	960	Extratropical
1996	9	5	1800Z	Edouard	43,700	-47,500	23,1	995	Extratropical
1996	9	16	0000Z	Hortense	46,000	-54,000	20,6	998	Extratropical
1997	7	13	0000Z	Bill	41,600	-55,400	30,9	990	Tempête tropicale
1997	7	27	0600Z	Danny	42,800	-56,000	20,6	1004	Extratropical
1998	8	30	1800Z	Bonnie	44,000	-50,000	23,1	998	Extratropical
1998	9	4	0000Z	Danielle	44,800	-48,500	33,4	975	Extratropical
1998	9	6	1800Z	Earl	49,500	-50,000	28,3	966	Extratropical
1999	9	23	0600Z	Gert	44,600	-54,500	30,9	968	Tempête tropicale
1999	10	19	1200Z	Irene	48,000	-48,000	41,2	968	Extratropical
2000	9	17	1200Z	Florence	42,500	-55,000	25,7	1000	Tempête tropicale
2001	8	29	0000Z	Dean	47,000	-48,500	23,1	999	Extratropical
2001	9	15	0600Z	Erin	49,000	-51,000	30,9	981	Extratropical
2001	9	20	0000Z	Gabrielle	48,500	-48,500	30,9	988	Extratropical
2001	9	27	1200Z	Humberto	42,200	-47,500	30,9	994	Tempête tropicale
2002	7	17	0000Z	Arthur	44,500	-53,000	25,7	998	Extratropical
2004	8	6	0600Z	Alex	44,500	-49,300	38,6	978	Catégorie 1
2004	9	2	0000Z	Gaston	47,000	-50,000	23,1	997	Extratropical
2005	7	30	1800Z	Franklin	46,400	-48,800	20,6	1006	Extratropical
2005	10	26	1200Z	Wilma	45,000	-55,000	25,7	986	Extratropical
2006	6	16	1800Z	Alberto	49,300	-51,500	20,6	990	Extratropical
2006	9	14	0600Z	Florence	48,600	-48,300	30,9	967	Extratropical
2006	10	3	0600Z	Isaac	48,600	-49,000	23,1	998	Extratropical
2007	8	1	1800Z	Chantal	49,000	-49,500	30,9	988	Extratropical
2008	9	8	0600Z	Hanna	47,500	-55,400	20,6	996	Extratropical
2009	8	24	1200Z	Bill	49,200	-47,200	30,9	980	Extratropical



Source: Centre des archives des services côtiers de la NOAA , document non daté

Figure 3-23 Trajets des tempêtes des systèmes tropicaux passant à moins de 370 km du point 46,5°N 48,5°O, de 1950 à 2009

Une discussion sur la variabilité à long terme du climat sur les Grands Bancs est fournie dans EMCP (2010).

3.2.2 Milieu océanique

3.2.2.1 Bathymétrie

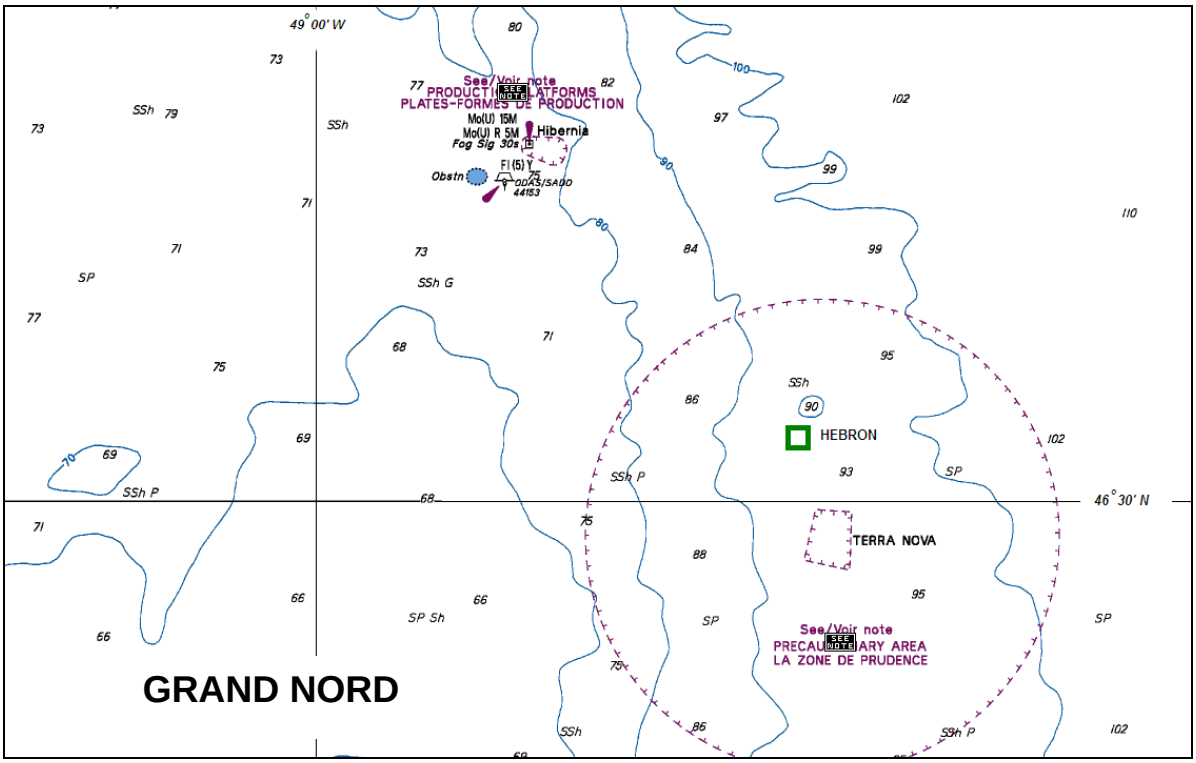
Les Grands Bancs s'étirent sur presque 500 km au large de la côte et couvrent une aire d'environ 270 000 km^2. Le banc est relativement plat avec des profondeurs d'eau généralement de moins de 100 m. A l'est du banc se trouve la Passe Flamande, qui sépare les Grands Bancs du Cap Flamand. La Passe Flamande atteint des profondeurs de plus de 1 000 m, alors que le Flemish Cap (Cap Flamand) présente un rayon d'environ 200 km et des profondeurs faibles d'environ 140 m. A l'est et au sud du Flemish Pass se trouve la pente du plateau continental de Terre-Neuve et le bassin de l'Atlantique à des profondeurs supérieures à 3000 m. La zone extracôtière de l'étude comprend la portion externe des Grands Bancs depuis juste le nord de la queue vers à peu près 43°N au sud et au nord jusqu'à 48°N, juste au sud du nez. La portion ouest s'étend sur les Grands Bancs jusqu'à peu près 100 km à l'ouest.

La zone du projet d'Hebron est située entre les zones de développement d'Hibernia, de White Rose et de Terra Nova et englobe la licence de découverte importante d'Hebron, de West Ben Nevis et de Ben Nevis sur une région d'environ 30 km (d'est en ouest) sur 15 km (du nord au sud) à la bordure orientale des Grands Bancs, près de la courbe bathymétrique de 100 m (voir figure 3-24). Dans cette zone, la profondeur varie d'environ 88 m à l'ouest jusqu'à 102 m à l'est (ExxonMobil Canada Properties (EMCP) 2009).

3.2.2.2 Houle

La caractérisation des conditions de vagues normales et extrêmes est tirée de trois sources principales: la simulation rétrospective pluriannuelle des vagues de la base de données MSC50, les critères de conception préparés pour le projet d'Hebron (ExxonMobil Upstream Research Company 2009) et les mesures de vagues des sites voisins de production pétrolière des Grands Bancs.

Le point de maillage M10834 de la base de données MSC50 est situé à 46,6°N, 48,5°O à une profondeur d'eau de 93,4 m et à environ 5,7 km au nord de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron (voir figure 3-25). Les données du modèle de simulation rétrospective MSC50 furent extraites pour ce point de maillage à partir desquelles on a déduit les graphes de relevés climatiques de vagues et les statistiques présentées ci-après.



Les profondeurs sont en mètres, échelle 1:400,000

Source: SHC 1995, carte #404901. L'emplacement approximatif d'Hebron a été indiqué

Figure 3-24 Bathymétrie de la zone extracôtière du projet

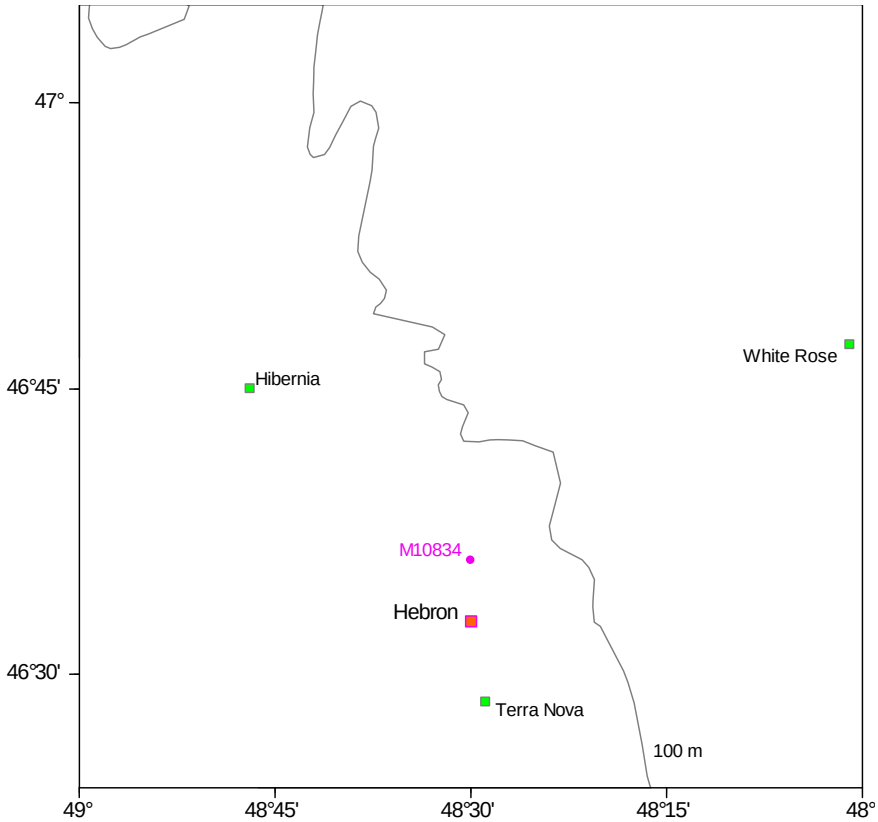


Figure 3-25 Point de maillage climatologique M10834 de la base de données MSC50 sur les Grands Bancs

Les paramètres des vagues dans la simulation rétrospective de MSC50[3] incluent Hs[4] et Tp[5]. Les statistiques annuelles et mensuelles de hauteur des vagues sont montrées au tableau 3-33. Les valeurs moyennes de Hs varient de 1,7 m en juillet à 3,9 m en décembre et janvier. La moyenne annuelle de Hs est de 2,8 m. Les valeurs les plus grandes de Hs sont 13,7 m en février et 13,5 m en décembre. Pendant l'été les valeurs maximales de Hs varient de 6,2 m en juillet à 8,5 m en août et 10,8 m en septembre. En hiver (de décembre à février), Hs est inférieure à 2 m pour 7 pour cent du temps, entre 2 et 4 m pour 55 pour cent du temps et supérieure à 6 m pour 9 pour cent du temps. Par contraste, en été (de juin à août), Hs est inférieure à 2 m pour 71 pour cent du temps, entre 2 et 4 m pour 27 pour cent du temps et supérieure à 6 m pour 0,4 pour cent du temps. Annuellement, 49 pour cent des vagues ont une Hs entre 2 et 4 m (tableau 3-34).

Tableau 3-33 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe au point de maillage M10834 de la base de données MSC50

Mois	Hauteur significative de vague (m)				Période de vague de pointe (s)		
	Minimum[A]	Moyenne	Maximum	Direction la plus fréquente (depuis)	Minimum[A]	Moyenne	Maximum
Jan	-	3,9	12,9	OSO	-	10,2	17,3
Fév	-	3,7	13,7	OSO	-	10,0	17,0
Mars	-	3,2	11,2	OSO	-	9,2	17,7
Avr	-	2,7	10,7	SO	-	9,0	17,1
Mai	-	2,2	9,9	SO	-	8,6	17,3
Juin	0,5	1,9	9,7	SO	3,4	7,9	14,4
Jui	0,6	1,7	6,2	SO	3,6	7,6	17,2
Août	0,6	1,8	8,5	SO	3,6	7,7	16,1
Sep	0,7	2,4	10,8	OSO	3,6	8,9	17,3
Oct	0,9	2,9	11,8	NNO	3,7	9,4	17,6
Nov	0,6	3,3	11,2	OSO	3,7	9,8	16,0
Dec	1,1	3,9	13,5	OSO	4,2	10,3	16,0
Année	-	2,8	13,7	SO	-	9,0	17,7

Remarque:

A Les conditions historiques de vagues minimales en hiver et printemps sont de zéro en raison de la présence possible de glace

[3] Les paramètres MSC50 incluent la vitesse du vent, la direction du vent, Hs, Tp (plusieurs estimations), la direction des vagues, la divergence des vagues et les moments spectraux

[4] La hauteur de vague est la distance verticale du creux à la crête d'une vague. Hs est une mesure descriptive de hauteur de vague définie comme la hauteur moyenne du tiers des vagues les plus hautes. Hs peut aussi être estimée à partir d'un spectre de vague mesuré ou simulé rétrospectivement comme $4\sqrt{mo}$, où mo est la variance du spectre de vague. La base de données MSC50 emploie cette dernière définition pour Hs

[5] Tp est la période des vagues de plus forte énergie (c'est-à-dire 1/fp, où fp est la fréquence de pointe du spectre de vagues)

Tableau 3-34 Hauteur significative annuelle de vague vs. période de vague de pointe au point de maillage M10834 de la base de données MSC50

Période de pointe (s)	Hauteur significative de vague (m)							
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	Total	% du Total
2-4	4950	0	0	0	0	0	4950	1,1
4-6	17563	2892	1	0	0	0	20456	4,5
6-8	62894	55559	875	0	0	0	119328	26,2
8-10	57420	86395	24925	325	0	0	169065	37,1
10-12	9561	60338	24795	7981	664	0	103339	22,7
12-14	2756	14021	9220	3068	2561	557	32183	7,1
14-16	433	2634	2452	403	108	290	6320	1,4
16-18	78	76	36	1	0	0	191	0,04
Total	155655	221915	62304	11778	3333	847	455832	100
% de dépassement	65,9	17,2	3,5	0,9	0,2	0	0	0

Les roses saisonnières de vagues (montrant la direction de propagation des vagues, les saisons sont données sous forme d'abréviations des mois considérés (par exemple DJF pour décembre, janvier, février) pour le point de maillage M10834 de la base de données MSC50 sont présentées sur la figure 3-26. Durant l'été, les vagues viennent plus fréquemment du sud-ouest dans 55 pour cent des cas. En automne, les vents tournent vers le nord-ouest, et en hiver, les vagues viennent maintenant du sud-ouest dans 28 pour cent des cas et de l'ouest à nord-nord-ouest sur 36 pour cent du temps (15 pour cent en été). Au printemps, le schéma s'inverse et tandis que les vents du sud-ouest sont encore les plus fréquents, il n'y a pas de direction fortement dominante du vent, chacune des 16 directions de vent se produisant sur 4 à 12 pour cent du temps. Les roses annuelles et mensuelles de vagues sont fournies dans EMCP (2010).

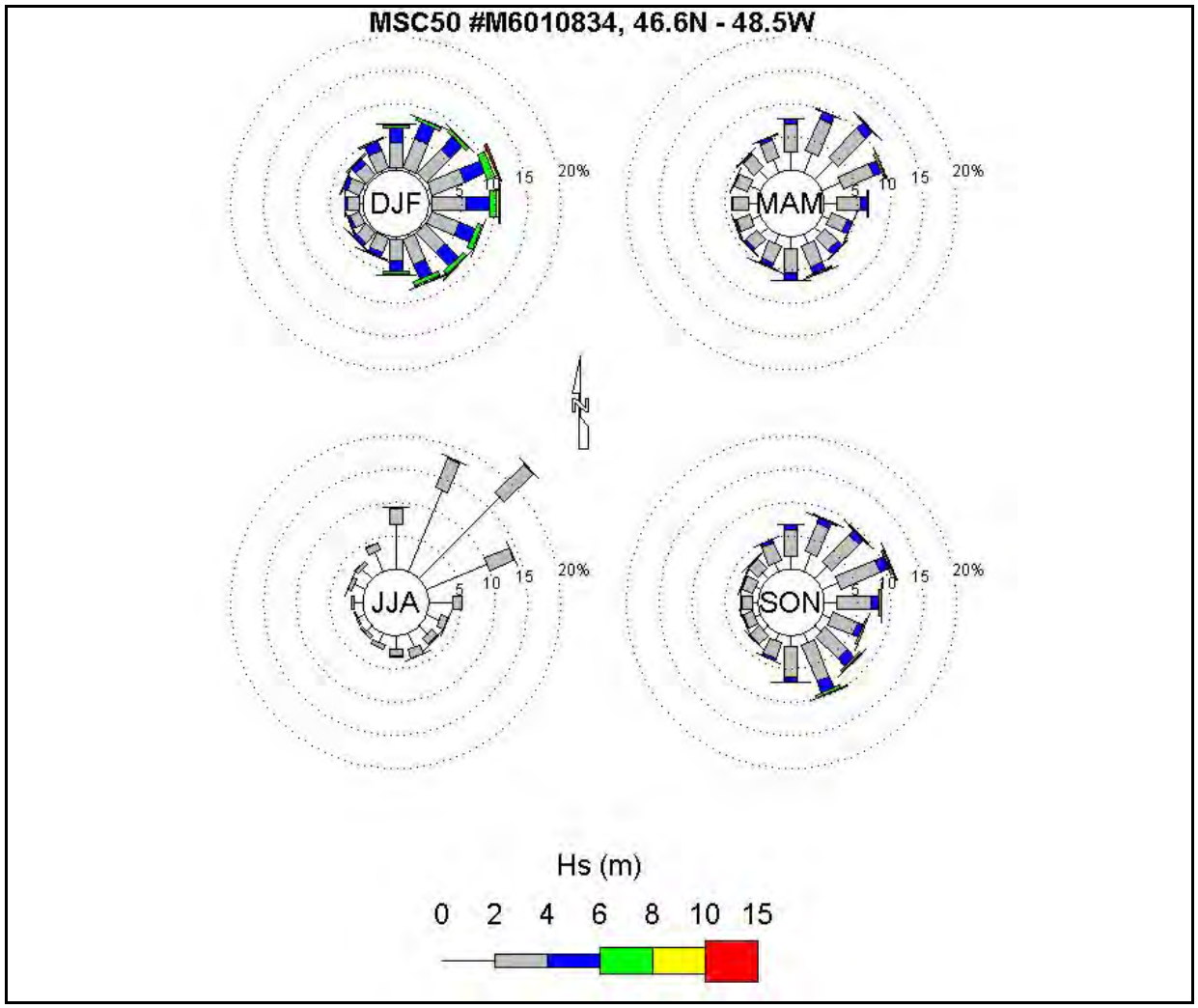


Figure 3-26 Fréquence saisonnière de la hauteur significative des vagues par direction pour le point de maillage M10834 de la base de données MSC50

ExxonMobil Upstream Research Company a préparé un ensemble de critères Metocean pour le projet Hebron comprenant les conditions de vagues opérationnelles[6] et extrêmes sur la base de la simulation rétrospective MSC50 au même point de maillage M10834 (ExxonMobil Upstream Research Company 2009). Dans ce travail, l'approche de peaks-over-threshold fut appliquée pour ajuster les valeurs de vagues de tempête de pointe à une distribution de probabilité de Weibull à partir de laquelle on peut faire des estimations de valeurs de longue récurrence ou extrêmes. Les valeurs de Hs furent d'abord calibrées aux mesures d'Hibernia. Les données sur la simulation rétrospective des vagues avaient été auparavant étalonnées sur la base des mesures réalisées à Hibernia de 1999 à 2005 (Berek et Wang, 2009). La formule suivante a été utilisée pour effectuer l'étalonnage:

$$Hs_{,\text{calibré}} = 1{,}0507 * Hs_{,\text{de simulation rétrospective}} - 0{,}4793$$

[6] Tableaux annuels et mensuels de la hauteur des vagues par rapport à la direction des vagues, la hauteur des vagues par rapport à la période des vagues, le dépassement de hauteur des vagues (mensuellement seulement) et les roses des vagues

L'étalonnage permet d'obtenir des critères fonctionnels réduits et des critères extrêmes accrus.

Les valeurs de non-dépassement (limite supérieure des 95 et 99 pour cent) ainsi que les estimations de périodes de récurrence de 1 à 100 ans sont fournies au tableau 3-35. En plus de Hs, sont également rapportées au tableau 3-35: Tp, la hauteur maximale des vagues individuelles (Hmax, calculée comme 1,88 fois Hs), la période de vague associée à Hmax (THmax) et la vitesse du vent associée. Plus de détails sur les données et méthodes employées pour déduire ces valeurs sont fournis par ExxonMobil Upstream Research Company (2009). Partant de ces statistiques, on estime que 5 pour cent des vagues près de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron ont une Hs de 5,3 m ou plus et des hauteurs correspondantes de vagues maximales de 10 m ou plus. Pour une période de récurrence de 50 ans, on pourrait s'attendre à une Hs de 14,3 m et une Hmax correspondante de 26,9 m.

Tableau 3-35 Statistiques de vagues extrêmes

Période de récurrence	Hs (m)	Tp (s) (± 10% de variation)	Hmax (m)	THmax (s) (± 10% de variation)	Vitesse de vent associée de 1h à 10 m (m/s)
Limite supérieure de 95%	5,3	9,3 – 11,4	10,0	8,5 – 10,4	17,6
Limite supérieure de 99%	7,8	10,7 – 13,0	14,7	9,7 – 11,8	21,7
1 an	10,5	12,1 – 14,8	19,7	11,0 – 13,5	26,2
5 ans	12,2	13,1 – 16,0	22,9	11,9 – 14,6	29,0
10 ans	12,9	13,5 – 16,5	24,3	12,3 – 15,0	30,1
25 ans	13,7	13,9 – 17,0	25,8	12,6 – 15,5	31,4
50 ans	14,3	14,2 – 17,4	26,9	12,9 – 15,8	32,4
100 ans	14,8	14,5 – 17,7	27,8	13,2 – 16,1	33,2
Source: ExxonMobil Upstream Research Company 2009					

ExxonMobil Upstream Research Company fournit également des facteurs directionnels d'échelle pour les vagues extrêmes. Du fait que les différentes valeurs de hauteurs de vagues pour les intervalles de récurrence du tableau 3-35 (le tableau 3-32 du REA de juin 2010) sont basées sur des observations effectuées dans toutes les,directions, on a déterminé des facteurs d'échelle qui permettraient de faire des estimations de hauteurs de vagues extrêmes prévues pour la direction d'une vague particulière. On a séparé les HS du point de maillage M10834 de la base de données MSC50 en huit compartiments de 45° et on a calculé un facteur directionnel d'échelle par compartiment. Ceci a été accompli en divisant la valeur maximale Hs d'un compartiment donné par la Hs maximale de l'ensemble des compartiments (directions) pour donner huit facteurs directionnels (ExxonMobil Upstream Research Company 2009). Ces facteurs sont reproduits au tableau 3-36 (le tableau 3-33 du REA de juin 2010) et pourraient s'appliquer à des valeurs extrêmes de vagues telles que celles figurant au tableau 3-35 (le tableau 3-32 du REA de juin 2010).

Tableau 3-36 Facteurs directionnels de pondération de la hauteur des vagues

Direction des vagues (vers)	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Facteur d'échelle de hauteur de vague	0,90	1,00	0,95	0,95	0,95	0,75	0,70	0,70
Source: ExxonMobil Upstream Research Company 2009								

Les données de suivi physique des activités de production extracôtière dans le bassin de Jeanne d'Arc ont été collectées sur plus de 10 ans. On compte actuellement trois champs de production d'hydrocarbures dans l'Atlantique Nord : Hibernia; Terra Nova et White Rose (ex. : tableau 3-35 ou figure 3-25). La profondeur des eaux se situe à environ 85 m à Hibernia, 95 m à Terra Nova et 120 m à White Rose. Le champ Hebron est situé dans le bassin Jeanne d'Arc, à environ 9 km au nord de Terra Nova et à environ 35 km au sud-est d'Hibernia. De nombreux projets de forage d'exploration et de programmes de suivi océanographique connexes ont déjà été réalisés à ces endroits et dans d'autres emplacements des Grands Bancs depuis la fin des années 1970 jusqu'à présent. Le tableau 3-35 fournit un sommaire des sources sélectionnées dont on dispose pour établir une comparaison des conditions des vagues des Grands Banc. Une série de valeurs Hs et Tp mensuelles et annuelles ainsi que des statistiques annuelles bivariées Hs et Tp provenant de ces sources sont présentées aux tableaux 3-36 à 3-41.

Tableau 3-37 Sources des mesures de vagues sélectionnées dans les Grands Bancs

Site	Instrument	Période	Description
Hibernia	Bouée holographe (Waverider)	1980 à 1988	Regroupement des mesures de bouées holographes des sites de forage près d'Hibernia. Les bouées holographes sont des bouées dotées d'un accéléromètre qui permet de suivre la surface de la mer (les mesures doublement intégrées fournissent l'élévation de la surface libre de la mer et, par conséquent, la hauteur des vagues). Les estimations complémentaires ont été réalisées par un modèle de corrélation vents-vagues (de 1985 à 1988, une période où il y avait nettement moins d'activités de forage) et un modèle de simulation rétrospective de vagues opérationnelles (McClintock 1993).
Hibernia	Radar à onde de surface MIROS	1998 à 1999	« Monté sur la plate-forme Hibernia, le radar à onde MIROS surveille l'état de la mer et les courants de surface. MIROS utilise des techniques de télédétection hyperfréquence pour recueillir, à partir de la surface de l'océan, des informations sur l'état de la mer (vagues et courants). Fonctionnant dans la bande C, MIROS utilise une fréquence de 5,8 GHz pour une longueur d'onde correspondante de 5,17 cm. La surface de la mer est éclairée par une antenne radar orientée presque à l'horizontale, avec un angle d'incidence d'environ 10 degrés. MIROS balaie (180 degrés) un secteur de l'océan s'étendant à environ 100 mètres au large de la plate-forme » (AMEC 2003).

Site	Instrument	Période	Description
Terra Nova	Bouée holographe (Waverider)	1999 à 2009	Utilisation de la bouée Waverider de Datawell, comme mentionné ci-dessus, pour des forages d'exploration initiale dans les Grands Bancs.
White Rose	Bouée de mesure des vagues directionnelles Triaxys	2003 à 2007	Mesures des vagues acceptables et semblables à celles de la bouée Waverider : l'instrument est doté de trois accéléromètres et de trois gyromètres. Parmi ses avantages, mentionnons les informations sur les vagues directionnelles et sa construction solide qui est d'une grande utilité.

Remarques :

- Hm0 : la hauteur significative de la vague, est déduite à partir du m0 (moment spectral).
- Tp : la période de pointe, est définie comme $1/f_p$ où f_p est la fréquence à laquelle le spectre des vagues atteint sa valeur maximale.
- Ces paramètres correspondent à : VCAR - hauteur significative de vague, caractéristique et VTPK - période de pointe spectrale de la vague, selon les indications du rapport DFO (2010b)
- Le lecteur désirant obtenir des précisions sur ces instruments et sur d'autres instruments de mesures de vagues en particulier ou sur des mesures de données est invité à consulter le référentiel de données approprié (ex. DFO 2010c) et les rapports finaux de puits ou les rapports annuels de données océanographiques (ex. bibliothèque de l'exploitant ou de l'OCTLHE).

Tableau 3-38 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à Hibernia, de janvier 1980 à décembre 1988, et de janvier 1998 à décembre 1999

Mois	Hauteur significative de vague (m)			Période de vague de pointe (s)		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
Janvier	0,5	4,0	13,7	3,3	11,0	18,2
Février	0,0	3,1	11,4	2,0	10,3	22,7
Mars	0,1	2,8	9,1	3,0	10,4	21,5
Avril	0,7	2,8	9,4	3,3	11,1	23,0
Mai	0,1	2,1	6,4	3,3	9,6	23,1
Juin	0,5	1,8	5,2	3,3	8,9	23,0
Juillet	0,1	1,6	6,4	3,4	8,5	22,6
Août	0,1	1,7	5,8	3,3	8,7	22,9
Septembre	0,0	2,5	9,9	2,0	10,2	23,1
Octobre	0,1	3,2	13,0	3,3	10,4	21,8
Novembre	0,4	3,3	11,5	3,8	10,3	21,4
Décembre	0,1	3,8	13,8	3,3	10,8	21,7
Année	0,0	2,7	13,8	2,0	10,0	23,1

Source :
1980-1988 (McClintock 1993)
1998-1999 (DFO 2010c; Hibernia WEL IDs: 407 (MIROS))
Remarque : Données échantillonnées à des intervalles de 3 heures de 1980 à 1988 et à des intervalles de 20 minutes de 1998 à 1999.

Tableau 3-39 Hauteur significative annuelle de vagues et période de vagues de pointe à Hibernia, de janvier 1980 à décembre 1988, et de janvier 1998 à décembre 1999

Période de pointe (s)	Hauteur significative de vague (m)							
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-15	Total	% du total
2-4	189	215	1	0	0	0	405	0,6
4-6	2 076	853	17	3	3	0	2 952	4,0
6-8	5 392	4 927	371	18	5	2	10 715	14,5
8-10	10 129	9 345	2 643	209	14	9	22 349	30,2
10-12	5 505	12 723	3 663	735	121	33	22 780	30,8
12-14	1 761	5 143	1 777	498	191	47	9 417	12,7
14-16	717	1 948	834	138	71	7	3 715	5,0
16+	512	720	125	20	0	5	1 382	1,9
Total	26 281	35 874	9 431	1 621	405	103	73 715	99,6
% de dépassement	35,5	48,5	12,7	2,2	0,6	0,1	99,6	0

Source :
1980-1988 (McClintock 1993)
1998-1999 (DFO 2010c)
Remarque : Données échantillonnées à des intervalles de 3 heures de 1980 à 1988 et à des intervalles de 20 minutes de 1998 à 1999.

Tableau 3-40 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à Terra Nova, de juillet 1999 à septembre 2009

Mois	Hauteur significative de vague (m)			Période de vague de pointe (s)		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
Janvier	1,5	4,0	12,5	4,6	10,0	18,2
Février	1,0	3,8	14,6	4,2	9,8	16,7
Mars	0,8	3,3	9,4	4,4	9,6	16,7
Avril	0,6	2,6	7,1	3,7	9,3	14,3
Mai	0,6	2,2	6,3	2,9	8,5	14,3
Juin	0,6	1,8	6,5	3,0	7,9	14,3
Juillet	0,6	1,5	4,1	3,2	7,8	14,3
Août	0,5	1,8	8,0	3,2	8,0	25,0
Septembre	0,7	2,3	10,4	2,8	9,0	18,2
Octobre	0,8	3,0	10,4	3,9	9,7	18,2
Novembre	1,0	3,0	10,2	4,0	9,6	18,2
Décembre	1,2	3,8	11,7	4,2	9,8	14,3
Année	0,5	2,7	14,6	2,8	9,1	25,0

Source : DFO 2010c
ID de puits de Terra Nova : 411 (G-90), 426 (F-88), 436 (G-90), 437 (L-98), 438 (C-69), 439 (F-100), 448 (IFPSD)
Remarque : Données échantillonnées à des intervalles de 20 minutes jusqu'en février 2000 et à des intervalles de 30 minutes par la suite. Les données manquantes correspondent à des fractions des mois de septembre à octobre 2002 et de janvier à avril 2004.

Tableau 3-41 Hauteur significative annuelle de vagues en fonction de la période de vagues de pointe à Terra Nova, de juillet 1999 à septembre 2009

Période de pointe (s)	Hauteur significative de vague (m)							
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-15	Total	% du total
2-4	144	0	0	0	0	0	144	0,1
4-6	6 408	1 946	1	0	0	0	8 355	5,0
6-8	23 999	16 389	972	7	0	0	41 367	24,7
8-10	18 866	27 159	5 439	377	9	0	51 849	30,9
10-12	9 315	31 157	12 115	2 364	415	30	55 396	33,0
12-14	799	4 110	2 414	470	124	46	7 963	4,7
14-16	337	1 193	801	285	64	6	2 686	1,6
16+	3	54	10	7	3	0	77	0,1
Total	59 871	82 008	21 751	3 510	615	82	167 837	100
% de dépassement	35,7	48,9	13,0	2,1	0,4	0,1	100	0

Source : DFO 2010c
ID de puits de Terra Nova : 411 (G-90), 426 (F-88), 436 (G-90), 437 (L-98), 438 (C-69), 439 (F-100), 448 (IFPSD)

Tableau 3-42 Statistiques mensuelles et annuelles de hauteurs significatives de vagues et de périodes de vagues de pointe à White Rose, d'octobre 2003 à août 2007

Mois	Hauteur significative de vague (m)			Période de vague de pointe (s)		
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum
Janvier	1,5	4,2	11,2	5,6	11,4	16,7
Février	1,4	3,5	9,4	5,0	11,0	16,7
Mars	1,2	3,5	10,0	5,0	11,6	16,7
Avril	0,8	2,6	7,1	4,6	10,5	16,7
Mai	0,6	2,2	5,9	3,5	9,7	16,7
Juin	0,7	1,8	6,8	3,2	8,6	16,7
Juillet	0,6	1,4	3,5	3,3	8,3	16,7
Août	0,7	1,8	7,5	3,5	8,9	16,7
Septembre	0,7	2,4	10,2	4,4	10,3	16,7
Octobre	0,9	3,0	12,2	4,8	11,1	16,7
Novembre	1,1	3,2	11,2	4,8	11,4	16,7
Décembre	1,4	3,4	11,1	4,8	10,7	16,7
Année	0,6	2,7	12,2	3,2	10,2	16,7

Source : DFO 2010b

Remarque : Données échantillonnées à des intervalles de 30 minutes. Les données manquantes correspondent à des fractions de février à mai 2004; d'août à septembre 2004; de février 2006 et de janvier à février 2007.

Tableau 3-43 Hauteur significative annuelle de vagues en fonction de la période de vagues de pointe à White Rose, d'octobre 2003 à août 2007

Période de pointe (s)	Hauteur significative de vague (m)							
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-15	Total	% du total
2-4	32	0	0	0	0	0	32	0,1
4-6	1 366	212	0	0	0	0	1 578	3,1
6-8	4 656	2 689	51	0	0	0	7 396	14,4
8-10	6 161	5 101	499	8	0	0	11 769	23,0
10-12	4 379	10 420	2 379	314	13	0	17 505	34,1
12-14	873	4 400	1 748	395	95	3	7 514	14,7
14-16	325	2 290	1 267	291	79	19	4 271	8,3
16+	100	333	381	160	56	10	1 040	2,0
Total	17 892	25 445	6 325	1 168	243	32	51 105	99,7
% de dépassement	34,9	49,6	12,3	2,3	0,5	0,1	99,7	0

Source : DFO 2010b

La figure 3-27 présente une comparaison de la simulation rétrospective MSC50 avec ces mesures où l'on montre la moyenne et la limite supérieure de 95 pour cent (estimée, en supposant une répartition normale, comme la moyenne +1.96 x déviation standard).

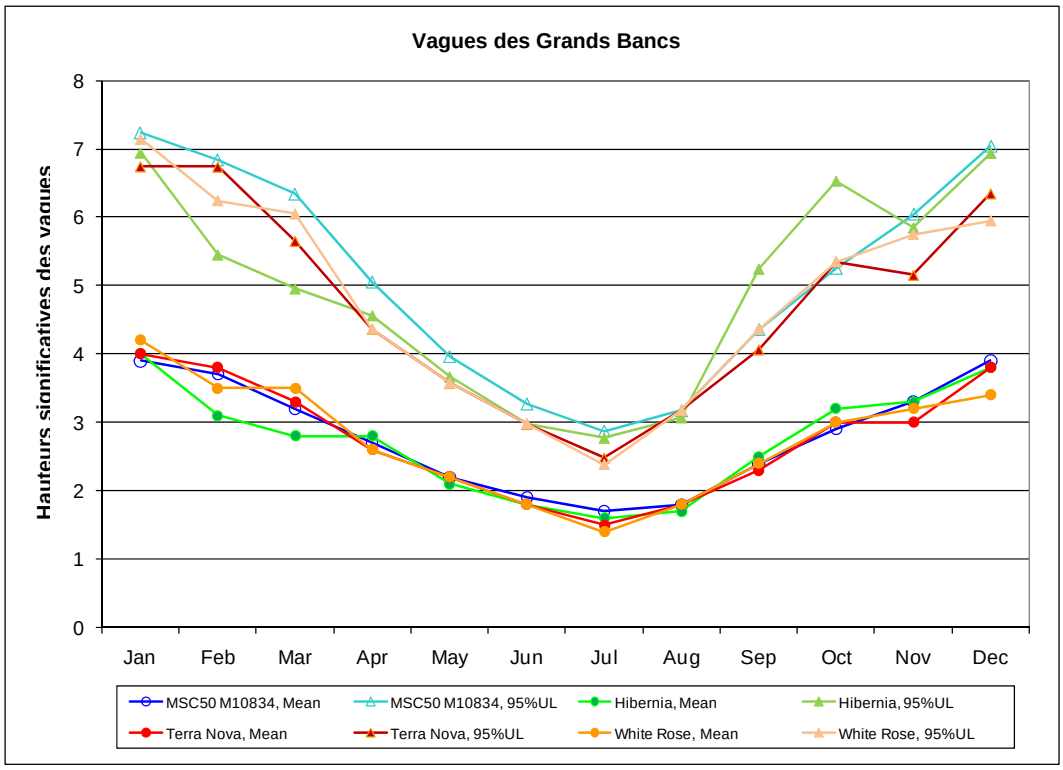


Figure 3-27 Comparaison des hauteurs significatives des vagues : simulation rétrospective au point de maillage M10834 de la base de données MSC50 et mesures effectuées à Hibernia, à Terra Nova et à White Rose.

Ce n'est manifestement pas une liste complète, ni une analyse ou une comparaison exhaustive; elle vise toutefois à fournir un enregistrement en continu à partir des années 1980, de même qu'un relevé des mesures les plus récentes dont on dispose sur Hibernia, Terra Nova et White Rose. L'historique montre aussi les divers instruments employés pour la mesure des vagues.

Les lieux d'observation des vagues sont fournis au tableau 3-44.

Tableau 3-44 Lieux d'observation des vagues

Lieu	Latitude	Longitude	Période
Terra Nova	46,4°N	48,4°O	13 juillet 1999 au 31 mars, 2007
Ocean Ranger	46,5°N	48,4°O	4 décembre 1980 au 9 février 1982
Hibernia	46,7°N	48,7°O	1er janvier 1998 au 8 décembre 2004
Hibernia	46,7°N	48,7°O	1er janvier 2004 au 31 décembre 2008

Les statistiques combinées des hauteurs Hs pour le jeu de données MSC50 sont fournies au tableau 3-45.

Tableau 3-45 Statistiques combinées des hauteurs de vagues significatives (m) pour le jeu de données MSC50

Mois	Point de maillage 10632 du jeu de données MSC50	Terra Nova	Hibernia (1998 à 2004)	Hibernia (2005 à 2008)	*Ocean Ranger*
Janvier	3,9	4,1	4,0	3,9	5,2
Février	3,7	3,9	3,7	3,4	4,4
Mars	3,2	3,4	3,6	3,1	4,7
Avril	2,7	2,6	2,8	2,3	3,7
Mai	2,2	2,2	2,3	1,8	1,7
Juin	1,9	1,8	2,0	1,8	1,5
Juillet	1,7	1,5	1,6	1,6	1,8
Août	1,8	1,7	1,9	1,8	1,8
Septembre	2,4	2,3	2,3	2,4	3,8
Octobre	2,9	3,0	2,6	3,2	3,0
Novembre	3,3	3,2	3,2	2,9	4,8
Décembre	3,9	3,7	3,8	3,6	4,6

3.2.2.3 Vents et vagues extrêmes

Des systèmes de tempêtes s'amplifiant rapidement, connues sous le nom de bombes météorologiques, croisent fréquemment les Grands Bancs. Ces systèmes de tempêtes se développent généralement dans les eaux chaudes du Cap Hatteras et se déplacent vers le nord-est à travers les Grands Bancs. Le 11 février 2003, les vitesses du vent au point de maillage M10632 ont connu des pointes à 29,9 m/s alors que les vagues atteignaient une hauteur maximale à 13,6 m, quatre à cinq heures plus tard. Des vitesses du vent de 49,4 et 52,5 m/s en provenance du sud-ouest furent enregistrées respectivement par les anémomètres d'Hibernia et de Henry Goodrich au cours du passage du système. Pendant cette tempête, une basse pression se

développant au large de Cap Hatteras, le 10 février, se creusa rapidement jusqu'à 949 mb au cours de son trajet vers le nord-est à travers la péninsule d'Avalon autour de 18 heures GMT, le 11 février.

Une autre tempête de forte intensité qui se développa au sud de la région passa à l'est de la zone le 16 décembre 1961. Cette tempête engendra des vitesses de vent semblables à celles produites durant la tempête du 11 février 2003. Pendant cet événement, le point de maillage 10632 connut des vitesses de vent de 29,7 m/s.

Tandis que les systèmes de basses pressions de moyenne latitude constituent la majeure partie des manifestations de vents de pointe sur les Grands Bancs, les tempêtes d'origine tropicale peuvent aussi passer occasionnellement sur la région. Le 19 octobre 1999, les restes de l'ouragan de catégorie 2 Irène passa à environ 40 miles nautiques à l'ouest de la région avec une force de tempête tropicale et des vitesses maximales de vent soutenu pendant 1 minute de 41,1 m/s, ce qui équivaut à une vitesse de vent de 35,8 m/s pendant 10 minutes. Pendant cet événement, les vitesses de vent moyennes sur 10 minutes dans la base de données MSC50 eurent des pointes de 28,8 m/s venant du sud-sud-ouest. On rapporta une vitesse de vent mesurée à la plate-forme d'Hibernia de 41,2 m/s (US Geological Survey 1979).

Une analyse de vents et vagues extrêmes a été effectuée au point de maillage M10632 de la base de données MSC50. Cette base de données s'est avérée être la plus représentative des bases de données disponibles (y compris par rapport à la base de données ICOADS ainsi qu'aux informations MANMAR provenant des plates-formes dans la région) car elle fournit une couverture de données horaires continue sur 52 ans sur la zone d'étude. Les valeurs extrêmes du vent et des vagues furent calculées par la méthode de « peak-over-threshold » et, après avoir pris en compte quatre différentes distributions, on choisit la distribution de Gumbel comme étant la plus représentative car elle présente le meilleur calage avec les données.

Étant donné que les valeurs extrêmes peuvent varier selon comment les données se calent plus ou moins bien avec la distribution, on effectua une analyse de sensibilité afin de déterminer le nombre de tempêtes à utiliser. Le nombre de tempêtes que l'on a déterminées s'accorder le mieux annuellement et mensuellement au point de maillage M10623 est présenté au tableau 3-52.

Tableau 3-46 Nombre de tempêtes s'accordant au mieux à l'analyse des valeurs extrêmes des vents et des vagues au point de maillage 10632

	Annuellement	Mensuellement
Vent	435	96
Vagues	317	72

Estimations des valeurs extrêmes du vent à partir de la distribution de Gumbel

Les estimations de valeurs extrêmes du vent furent calculées à l'aide du programme du logiciel Osmosis d'Oceanweather Inc. pour les intervalles de récurrence d'1 an, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans. Les valeurs annuelles et mensuelles pour 1 heure, 10 minutes et 1 minute sont présentées aux tableaux 3-53 à 3-55. L'analyse utilisa des valeurs horaires moyennes du vent pour la hauteur de référence de 10 m au-dessus du niveau de la mer. Ces valeurs furent converties en valeurs de vent de 10 minutes et d'1 minute en employant un rapport constant de respectivement 1,06 et 1,22 (US Geological Survey 1979). La vitesse extrême annuelle centenaire de vent d'1 heure fut estimée à 31,7 m/s pour le point de maillage M10632. Sur le plan mensuel, les vents extrêmes centenaires les plus élevés de 31,0 m/s se produisent en février.

Tableau 3-47 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 heure (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage M10632

Mois	1	10	25	50	100
Janvier	22,2	25,5	26,7	27,5	28,4
Février	22,0	26,8	28,5	29,8	31,0
Mars	20,2	24,4	25,9	27,0	28,2
Avril	18,0	22,1	23,6	24,7	25,7
Mai	15,3	19,1	20,4	21,4	22,4
Juin	14,2	17,8	19,1	20,1	21,1
Juillet	13,2	16,8	18,1	19,0	20,0
Août	14,3	20,0	22,0	23,5	25,0
Septembre	16,9	21,9	23,7	25,0	26,3
Octobre	18,2	23,2	24,9	26,3	27,6
Novembre	19,8	24,3	25,9	27,0	28,2
Décembre	21,5	26,0	27,6	28,8	30,0
Annuelle	24,6	28,2	29,6	30,6	31,7

Tableau 3-48 Estimations de vitesses extrêmes du vent de10 minutes (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632

Mois	1	10	25	50	100
Janvier	23,6	27,0	28,3	29,2	30,1
Février	23,3	28,4	30,2	31,5	32,9
Mars	21,4	25,9	27,5	28,7	29,8
Avril	19,1	23,4	25,0	26,1	27,3
Mai	16,3	20,3	21,7	22,7	23,8
Juin	15,1	18,9	20,3	21,3	22,3
Juillet	14,0	17,8	19,2	20,2	21,2
Août	15,1	21,2	23,3	24,9	26,5
Septembre	17,9	23,2	25,1	26,5	27,9
Octobre	19,3	24,6	26,4	27,8	29,2

Mois	1	10	25	50	100
Novembre	21,0	25,7	27,4	28,7	29,9
Décembre	22,8	27,6	29,3	30,5	31,8
Annuelle	26,1	29,8	31,3	32,4	33,6

Tableau 3-49 Estimations de vitesses extrêmes du vent d'1 minute (m/s) pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632

Mois	1	10	25	50	100
Janvier	27,1	31,1	32,5	33,6	34,6
Février	26,8	32,7	34,7	36,3	37,8
Mars	24,6	29,8	31,6	33,0	34,3
Avril	21,9	27,0	28,7	30,1	31,4
Mai	18,7	23,3	24,9	26,2	27,4
Juin	17,3	21,8	23,3	24,5	25,7
Juillet	16,1	20,5	22,1	23,2	24,4
Août	17,4	24,4	26,8	28,7	30,5
Septembre	20,6	26,7	28,9	30,5	32,1
Octobre	22,2	28,3	30,4	32,0	33,6
Novembre	24,2	29,6	31,5	33,0	34,4
Décembre	26,3	31,8	33,7	35,2	36,6
Annuelle	30,0	34,4	36,1	37,3	38,6

Il ne fut pas possible de comparer ces valeurs avec les mesures réelles prises sur les plates-formes des Grands Bancs. Les profils logarithmiques utilisés pour ajuster les vitesses du vent de la hauteur de l'anémomètre à la surface sont valables seulement dans des conditions neutres ou instables. Les observations à partir des plates-formes sur les Grands Bancs lors des 10 dernières années présentaient fréquemment des conditions stables pour lesquelles les profils de vitesse du vent de la couche de surface ne sont pas valables. Si l'on utilisait un profil logarithmique pour ajuster les vitesses du vent entre le niveau de 10 m et celui de l'anémomètre, on introduirait alors une source d'erreur inutile dans les résultats.

Estimations des valeurs extrêmes de vagues à partir de la distribution de Gumbel

Les estimations des valeurs extrêmes de Hs annuelles et mensuelles pour des intervalles de récurrence de 1 an, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans sont fournies au tableau 3-56. Les hauteurs maximales de vagues individuelles, les périodes de pointe extrêmes associées et les valeurs communes des combinaisons des hauteurs et des périodes de vagues sont présentées dans EMCP (2010). La hauteur Hs annuelle extrême sur une période de 50 ans était de 14,4 m au point de maillage M10632, tandis que la Hs annuelle extrême, sur une période de 100 ans, était de 15,1 m. Une Hs de 14,66 m enregistrée à un intervalle de 20 minutes par une bouée holographe (Waverider) dans cette zone le 11 février 2003, s'inscrit quelque part entre

ces évaluations extrêmes. Une tempête avec un intervalle de récurrence de 100 ans signifie que la hauteur Hs calculée se produira une fois tous les 100 ans en moyenne sur une longue période de temps. Il est tout-à-fait possible que cet événement soit une tempête centenaire ou d'intervalle de récurrence plus long. La valeur enregistrée le 11 février 2003 fut la plus grande valeur de Hs enregistrée dans le jeu de données de bouées dérivantes presque continu depuis début 1999. La valeur la plus élevée enregistrée auparavant dans ce jeu de données était de 12,47 m, qui se produisit le 25 janvier 2003. La valeur maximale de Hs mesurée pendant la tempête *Ocean Ranger* de 1982 fut d'environ 12 m. Si l'on devait observer plus de manifestations de telle magnitude, les statistiques calculées devraient donc commencer à augmenter.

Tableau 3-50 Estimations de hauteurs extrêmes significatives de vagues pour des intervalles de récurrence de 1, 10, 25, 50 et 100 ans au point de maillage 10632

Mois	1	10	25	50	100
Janvier	8,7	11,7	12,7	13,5	14,2
Février	8,2	11,9	13,1	14,0	14,9
Mars	7,1	10,0	11,0	11,7	12,4
Avril	5,7	8,5	9,4	10,1	10,8
Mai	4,6	7,0	7,8	8,4	9,0
Juin	3,7	5,9	6,5	7,1	7,6
Juillet	3,4	5,3	5,9	6,4	6,9
Août	3,8	6,1	6,9	7,5	8,1
Septembre	5,2	8,6	9,7	10,6	11,4
Octobre	6,2	9,6	10,7	11,6	12,4
Novembre	7,4	10,2	11,2	11,9	12,5
Décembre	8,6	11,5	12,4	13,1	13,8
Annuelle	10,5	12,8	13,7	14,4	15,1

Lors d'un cas de tempête le 8 janvier 2007, une boue dérivante dans le champ de Terra Nova enregistra une hauteur maximale de vague individuelle de 22,63 m. C'est légèrement inférieur à l'estimation de 23,5 m en janvier pour un intervalle de récurrence de 25 ans. La valeur de Hs pendant cet événement fut de 9,72 m.

Analyse des températures extrêmes

L'analyse des températures extrêmes fut effectuée en utilisant le jeu de données de l'ICOADS, complété des observations provenant de différents navires et plates-formes sur la zone extracôtière du projet ou proches d'elle (s'étendant de février 1984 à août 1988) qui n'étaient pas incluses dans la base de données de l'ICOADS.

Températures minimales

Pour l'analyse des températures minimales, on trouva la température minimale journalière pour chaque jour dans la base de données. On choisit

alors les 50 cas de températures minimales les plus basses avec une restriction : aucun événement ne pouvait se produire à moins de cinq jours d'un autre. Cette restriction assure que tous les cas choisis sont indépendants les uns des autres. Le cas de température minimale la plus basse choisi fut de -17,3°C, qui se produisit le 10 mars 1986. Ces valeurs de température furent placées selon une distribution de Gumbel et les estimations de valeurs extrêmes de températures minimales furent calculées pour des intervalles de récurrence de 2 ans, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans. Ces valeurs sont fournies dans le tableau 3-57; l'intervalle de 95 pour cent de confiance est également fourni.

Tableau 3-51 Estimations de températures minimales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10, 25, 50 et 100 ans

Intervalle de récurrence (années)	Température minimale extrême (°C)	Limite inférieure de l'intervalle de 95% de confiance (°C)	Limite supérieure de l'intervalle de 95% de confiance (°C)
2	-9,88	-10,37	-9,38
10	-13,00	-14,20	-11,80
25	-14,58	-16,21	-12,94
50	-15,74	-17,70	-13,78
100	-16,90	-19,19	14,61

Températures maximales

Pour l'analyse des températures maximales, on trouva la température maximale journalière pour chaque jour dans la base de données. On choisit alors les 50 cas de températures maximales les plus hautes avec une restriction : aucun événement ne pouvait se produire à moins de cinq jours d'un autre. Cette restriction assure que tous les cas choisis sont indépendants les uns des autres. Le cas de température maximale la plus élevée choisi fut de 27,5°C, qui se produisit le 2 juillet 1972. Ces valeurs de température furent placées selon une distribution de Gumbel et les estimations de valeurs extrêmes de températures maximales furent calculées pour des intervalles de récurrence de 2 ans, 10 ans, 25 ans, 50 ans et 100 ans. Ces valeurs sont fournies au tableau 3-58; l'intervalle de 95 pour cent de confiance est également fourni.

Tableau 3-52 Estimations de températures maximales extrêmes pour des intervalles de récurrence de 2, 10, 25, 50 et 100 ans

Intervalle de récurrence (années)	Température maximale extrême (°C)	Limite inférieure de l'intervalle de 95% de confiance (°C)	Limite supérieure de l'intervalle de 95% de confiance (°C)
2	22,65	22,28	23,02
10	25,00	24,10	25,90
25	26,18	24,96	27,41
50	27,06	25,59	28,54
100	27,93	26,21	29,65

3.2.2.4 Tsunamis

Comme décrits dans le paragraphe 3.1.2.3, les tsunamis sont des ondes de gravité de longue période générées dans un corps aqueux par une perturbation impulsionnelle qui déplace la colonne d'eau verticalement. La source la plus plausible de champ lointain affectant Terre-Neuve et les Grands Bancs sont la zone de ride des Açores-Gibraltar, la ride médio-atlantique et le côté nord de l'arc des Caraïbes. Les tsunamis générés par d'autres mécanismes prennent généralement naissance dans des sources de champ proche telles que le chenal Laurentien, l'origine du tsunami des Grands Bancs de 1929.

Dans le milieu océanique ouvert, les tsunamis ont des amplitudes généralement inférieures à 1 m, des longueurs d'onde de 10 à 500 km et des périodes de cinq minutes à une heure. Comme les tsunamis sont des ondes d'eau peu profonde, ils ralentissent lorsqu'ils se déplacent sur des eaux moins profondes comme les Grands Bancs. Avec la conservation de l'énergie, la réfraction des vagues conduit à augmenter la hauteur des vagues. Toutefois, un changement rapide de bathymétrie peut entraîner une réflexion partielle de l'énergie des vagues et de leur hauteur (DFO 2008a).

Un rapport de données environnementales physiques pour Production Systems à Terra Nova (Seaconsult Ltd. 1988) estime à 2 m l'amplitude maximale théorique de tsunami pour Terra Nova, avec une amplitude prévue de 0,7 à 1,2 m sur une période de récurrence de 100 ans. Les vagues de tsunamis induisent des courants de vitesse presque uniforme du fond de la mer à la surface. La vitesse de courant attendue est de 35 cm/s sur une période de récurrence de 100 ans, avec une vélocité maximale de 70 cm/s pour une vague de tsunami de 2 m.

3.2.2.5 Courants

La circulation générale sur les Grands Bancs est bien comprise grâce aux calculs géostrophiques, données de bouées dérivantes, modélisation et mesures de courants. Les courants dominants dans le Canada Est sont les courants du Groenland Ouest, de Baffin, du Labrador et de Nouvelle Ecosse. Il existe aussi deux courants majeurs de bassin profond, le Gulf Stream chaud et le courant Nord Atlantique.

Le courant du Labrador est le courant majeur le plus proche des Grands Bancs orientaux. C'est une combinaison du courant du Groenland Ouest, du courant de l'île de Baffin et de l'écoulement venant de la baie d'Hudson. Le courant du Labrador se divise en deux courants: un courant d'entraînement consistant d'eaux venant du détroit d'Hudson et du courant de Baffin et un courant extracôtier consistant d'eaux provenant du courant du Groenland Ouest. Les courants moyens sont généralement faibles (<10 cm/s) et de direction prédominante vers le sud à variabilité induite par le vent et par les courants tidaux sur ces zones des Grands Bancs avec des profondeurs d'eau inférieures à 100 m (Seaconsult Ltd. 1988).

La caractérisation des conditions de courants océaniques est tirée de trois sources principales: une base de données d'archives de mesures de

courants sur les Grands Bancs qui fournit une image régionale, des mesures de courants d'un puits d'exploration d'Hebron foré en 1999 et de l'emplacement voisin de Terra Nova, ainsi que des critères de conception préparés pour le projet d'Hebron.

Les statistiques sur toutes les données de mesures de courant sur les Grands Bancs du Bedford Institute of Oceanography (BIO) avant 1996 sont présentées dans Gregory *et al.* (1996) et sont bien représentatives du régime régional des courants. Les mesures de courant ont été groupées en trois classes de profondeur d'eau: proche de la surface (<30 m), moyenne profondeur (30 à 80 m) et proche du fond (>80 m). Les vitesses et directions moyennes annuelles des courants sur les Grands Bancs et de leurs courants saisonniers correspondants sont fournies dans EMCP (2010). Les courants moyens proches de la surface dans la région est des Grands Bancs sont plus forts le long de la pente des Bancs, là où la direction est vers le sud-sud-ouest et suit généralement la courbe 200 m. Les courants de moyenne profondeur coulent principalement vers le sud-sud-ouest. Les courants moyens annuels proches du fond coulent vers le sud-sud-ouest à sud-sud-est et leurs plus forts courants sont dirigés vers le sud. Un résumé saisonnier des vitesses et directions moyennes des courants est présenté au tableau 3-46.

Tableau 3-53 Courants moyens sur les Grands Bancs

Profondeur d'eau	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Surface 0 à 30 m	~0,10 m/s vers le SE	<0,10 m/s vers le SE ou SO	~0,10 m/s vers le SSE	0,10 à 0,20 m/s vers le SE
Mi-Profondeur 30 à 80 m	~0,15 m/s vers le SSO	~0,10 m/s vers le SSO	<0,10 m/s vers le S	~0,10 m/s vers le S
Profond 80 m au fond	0,05 à 0,10 m/s vers le SE-SO	~0,05 m/s vers l'E	~0,05 m/s vers le S	0,05 à 0,10 m/s vers le S
Source: basé sur les données de Gregory *et al.* 1996				

Gregory *et al.* (1996) présentent également des statistiques mensuelles des moyennes et des maxima pour tous les mois et toutes les profondeurs. L'examen de la région délimitée par les 46°N et 47°N et 48°O et 49°O, qui englobe les projets d'Hibernia, de White Rose, de Terra Nova et d'Hebron, a pu déterminer les courants de plus grandes moyennes et de plus grands maxima et les profondeurs qui leur sont associées. Les vitesses les plus grandes des courants proches de la surface atteignirent 0,25 m/s, avec une vitesse maximale associée de 0,96 m/s en septembre à une profondeur de 18 m. A mi-profondeur, les plus fortes moyennes de courant atteignirent 0,15 m/s en février (à 45 m) et la vitesse maximale était de 0,96 m/s en décembre (à 47 m). Près du fond, la vitesse moyenne du courant atteignit un maximum de 0,06 m/s en mai et octobre à respectivement 101 et 98 m et une vitesse maximale de 0,70 m/s fut observée en novembre à 98 m. Les courants les plus forts en surface et à mi-profondeur se produisent de l'automne à l'hiver; Les courants les plus forts près du fond the se produisent au printemps et en automne.

Les statistiques sur les données de mesures de courant collectées dans la zone du projet Hebron par Oceans Ltd. du 6 janvier au 23 avril 1999 sont présentées au tableau 3-45 (Oceans Ltd. 1999). Les vitesses maximales de courant sont inférieures à celles du rapport du BIO (Gregory *et al.* 1996); l'été et l'automne ne sont cependant pas inclus dans les données d'Oceans Ltd., périodes où les données du BIO ont enregistré les vitesses maximales. Les vitesses moyennes aux profondeurs moyennes et près du fond sont élevées par rapport aux données du BIO.

Tableau 3-54 Courants mesurés dans la zone du projet Hebron du 6 janvier au 23 avril 1999

Profondeur de l'instrument	20 m	45 m	84 m
Période d'enregistrement (199)	6 jan. au 20 fév.	6 jan. au 23 avr.	6 jan. au 23 avr.
Situation	46°35'00"N 48°29'56"N	46°34'54"N 48°29'58"N	46°34'54"N 48°29'58"N
Profondeur d'eau (m)	94	94	94
Vitesse moyenne (m/s)	0,156	0,182	0,116
Vitesse maximale (m/s)	0,503	0,537	0,320
Source: Oceans Ltd. 1999			

Les critères de conditions de courants extrêmes et opérationnelles pour le projet Hebron sont présentés dans le rapport Hebron Metocean Criteria (ExxonMobil Upstream Research Company 2009). Les données utilisées pour définir les critères furent extraites des 10 ans de mesures de courants à Terra Nova (de juillet 1999 à octobre 2008). Les mesures sont des valeurs sur 20 minutes et pour trois profondeurs d'eau: proche de la surface (16 à 24 m), mi-profondeur (47 à 52 m) et près du fond (84 à 89 m). Les valeurs maximales mesurées dans les enregistrements sur 10 ans à Terra Nova sont de 0,94, 0,74 et 0,48 m/s pour, respectivement, les profondeurs proches de la surface, moyennes et près du fond. Les valeurs extrêmes annuelles et saisonnières furent toutes les deux estimées. Les niveaux annuels de non-dépassement ou limites de pourcentages pour les vitesses de courants aux trois profondeurs (par exemple les vitesses proches de la surface sont de moins de 0,19 cm/s pour 75 pour cent du temps) sont fournis au tableau 3-46.

Tableau 3-55 Statistiques de vitesses extrêmes de courant

Statistique	Proche de la surface (m/s)	Mi-profondeur (m/s)	Près du fond (m/s)
Limite supérieure de 50%	0,13	0,09	0,09
Limite supérieure de 75%	0,19	0,13	0,14
Limite supérieure de 90%	0,26	0,19	0,18
Limite supérieure de 95%	0,32	0,22	0,21
Limite supérieure de 99%	0,44	0,32	0,28
Source: ExxonMobil Upstream Research Company 2009			

Les vitesses de courant annuelles et saisonnières pour des intervalles de récurrence de 1 à 100 ans sont présentées dans le tableau 3-49, ainsi que les estimations de courants extrêmes pour Terra Nova. Deux saisons furent

sélectionnées par ExxonMobil Upstream Research Company: une saison « printemps-été » durant laquelle l'océan est stratifié en raison du réchauffement solaire de la surface et à l'activité réduite des tempêtes et une saison « automne-hiver » quand la stratification estivale est brisée et qu'il y a une réponse beaucoup plus uniforme du courant de la surface jusqu'au fond (en raison de l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes). Ces saisons sont prises d'août à octobre (été / printemps) et de novembre à juillet (automne / hiver) pour les profondeurs proches de la surface et, de la même manière, d'avril à août et de septembre à mars pour les profondeurs moyennes et près du fond. Le courant le plus fort proche de la surface se trouve en été, tandis que les courants les plus forts à mi-profondeur et près du fond se produisent en hiver. Pour un intervalle de récurrence de 50 ans, on peut s'attendre à des vitesses de courants annuelles extrêmes de 1,01, 0,73 et 0,63 m/s pour, respectivement, les profondeurs proches de la surface, moyennes et près du fond.

Ces valeurs sont généralement comparables aux vitesses maximales de courant rapportées par Gregory *et al.* (1996) et notées ci-dessus, bien que le courant à mi-profondeur de 0,96 cm/s rapporté là soit plus grand que l'estimation de 0,63 m/s pour la période de 50 ans pour la zone du projet Hebron.

Les critères de conception d'Hebron préparés par ExxonMobil Upstream Research Company calculent une vague de tempête maximale de 0,8 m, des amplitudes de printemps et de marées de mortes-eaux respectivement de 0,5 et 0,3 m et une amplitude de marée de 1 m (ExxonMobil Upstream Research Company 2009). Ces estimations sont en accord avec celles de Terra Nova.

Tableau 3-56 Vitesses extrêmes de courants pour des intervalles de récurrence de 1 à 100 ans pour les zones des projets Hebron et Terra Nova

	Vitesse du courant (m/s) (et direction vers) Intervalle de récurrence (années)				
HEBRON [A]					
	Profondeur (m)	**1**	**10**	**50**	**100**
Surface (annuelle et août.-oct.)	20	0,64 (SO, O, NO)	0,91	1,01	1,16
Mi- (annuelle et sep.-mar.)	50	0,46 (SO)	0,66	0,73	0,79
Fond (annuelle et sep.-mar.)	85	0,42 (S)	0,55	0,63	0,66
Surface (nov.-juil.)	20	0,64 (SE)	0,91	1,01	0,7
Mi- (avril-août)	50	0,51 (N, NO)	0,56	0,6	0,62
Fond (avril-août)	85	0,46 (N, E, SO)	0,51	0,54	0,55
TERRA NOVA [B]					
Annuelle	**Profondeur (m)**	**1**	**10**	**50**	**100**
Surface	20	0,75 (O)	0,79	-	0,96
Mi-	45	0,76 (SO)	0,87	-	0,99

	Vitesse du courant (m/s) (et direction vers) Intervalle de récurrence (années)				
Fond	70	0,61 (SE)	0,74	-	0,87
Source: A ExxonMobil Upstream Research Company 2009 B Petro-Canada 1995 (tableau 3.2-7)					

3.2.2.6 Marées et vagues de tempêtes

Lors de mesures séquentielles horaires du niveau de l'eau à deux endroits près d'Hibernia, les niveaux d'eau les plus hauts mesurés au-dessus du zéro marin furent respectivement de 1,0 et 1,04 m (DFO 2009b).

Le rapport de Seaconsult Ltd. (1988) résume les données de marées d'une étude effectuée de décembre 1983 à Avril 1984 à 46°46,0'N et 48°50,9'O. L'amplitude tidale maximale au-dessus du niveau moyen de la mer était de 0,53 m et l'amplitude tidale minimale au-dessous du niveau moyen de la mer était de -0,51, ce qui résulte en une fourchette totale de 1,04 m. Seaconsult Ltd. (1988) détermina également les vagues de tempêtes pour Terra Nova (tableau 3-50).

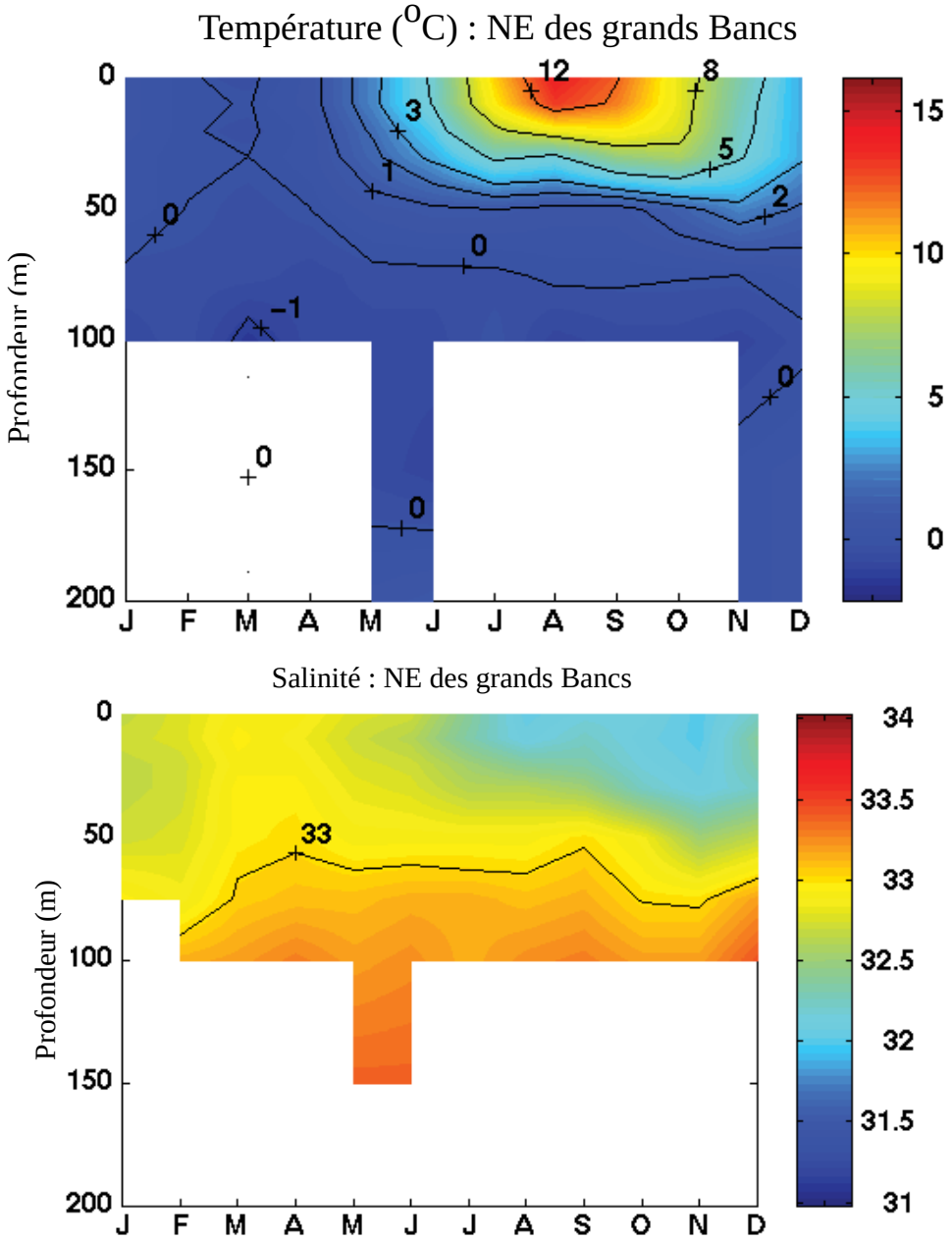
Tableau 3-57 Niveaux de marées et vagues de tempêtes extrêmes à Terra Nova

Intervalle de récurrence (années)	Niveaux de vagues de tempêtes (cm)			Niveaux de marées (cm)
	Au-dessus ou au-dessous du niveau moyen de l'eau	Prévus	Limite supérieure de 95%	
1	Au-dessus	50	64	53
	Au-dessous	54	69	51
10	Au-dessus	61	75	53
	Au-dessous	66	81	51
25	Au-dessus	66	79	53
	Au-dessous	71	85	51
50	Au-dessus	70	83	53
	Au-dessous	75	89	51
100	Au-dessus	73	86	53
	Au-dessous	79	92	51
Source: Seaconsult Ltd. 1988				

3.2.2.7 Propriétés physiques et chimiques

Les répartitions de température et de salinité de la mer se trouvent dans l'étude d'Ocean and Ecosystem Science Branch (DFO 2007a). La figure 3-28 montre une coupe verticale mensuelle de température et de salinité. Les données pour des gammes de profondeur supérieures à 100 m sont peu nombreuses, comme l'illustrent les zones de « blancs »; ceci n'est toutefois pas inattendu étant donné que la majeure partie de la sous-zone climatologique 46 du nord-est des Grands Bancs se trouve à une profondeur d'environ 100 m. Les statistiques de température et de salinité relatives à cette sous-zone sont présentées au tableau 3-51. Quatre collectes saisonnières de températures de surface et du fond ainsi que des cartes de

salinité qui couvrent l'entière côte est de Terre-Neuve (y compris la zone extracôtière du projet Hebron) sont fournies dans EMCP (2010).



Source: DFO 2007a (sous-zone 46)

Figure 3-28 Courbes de température et de salinité pour les Grands Bancs Nord Est

Tableau 3-58 Statistiques de température et salinité pour les Grands Bancs Nord-Est

Profondeur (m)	Température (^{o}C)			Salinité (psu)		
	Moyenne	Écart-type	Nb total de mesures	Moyenne	Écart-type	Nb total de mesures
Janvier						
0	0,57	0,64	164	32,66	0,28	25
20	0,56	0,66	134	32,66	0,3	13
50	0,43	0,53	125	32,7	0,3	13
100	-0,57	0,67	13			
200						
Février						
0	0,05	0,38	240	32,78	0,23	13
20	0,04	0,42	146	32,7	0,2	8
50	-0,02	0,43	151	32,77	0,23	10
100	-0,07	0,51	15	33,12		2
200						
Mars						
0	-0,14	0,91	141	32,89	0,17	58
20	-0,11	0,95	176	32,91	0,16	104
50	-0,23	0,88	157	32,96	0,18	94
100	-1,38	0,26	17	33,2		9
200	1,31		1			
Avril						
0	0,65	0,84	515	32,89	0,21	239
20	0,49	0,79	495	32,91	0,23	282
50	-0,01	0,68	698	32,97	0,21	377
100	-0,42	0,4	29	33,25	0,28	18
200	0,65	0,84	515			
Mai						
0	2,58	1,39	1145	32,77	0,24	387
20	2,1	1,24	1491	32,78	0,22	454
50	0,61	0,72	1509	32,92	0,18	550
100	-0,44	0,65	107	33,19	0,17	23
200	0,66	0,45	8			
Juin						
0	5,25	1,72	682	32,7	0,27	270
20	4,16	1,46	969	32,72	0,24	240
50	0,86	0,99	804	32,91	0,19	287
100	-0,36	0,62	52	33,21	0,15	15
200	0,92		1	33,72		1
Juillet						
0	10,22	1,96	512	32,36	0,31	213
20	7,64	1,83	1423	32,53	0,24	290
50	1	1,08	664	32,88	0,16	296
100	-0,03	0,83	79	33,14	0,17	21
200						

Profondeur (m)	Température (°C)			Salinité (psu)		
	Moyenne	Écart-type	Nb total de mesures	Moyenne	Écart-type	Nb total de mesures
Août						
0	13,84	1,89	480	32,07	0,41	49
20	9,14	2,45	2088	32,37	0,27	132
50	0,68	1,12	645	32,9	0,16	105
100	-0,61	0,77	49	33,23	0,16	7
200						
Septembre						
0	12,07	1,8	353	32,17	0,28	75
20	9,63	2,58	598	32,35	0,32	131
50	0,59	1,44	396	32,98	0,16	165
100	-0,41	1,09	32	33,27	0,07	9
200						
Octobre						
0	8,91	1,82	374	32,13	0,17	77
20	8,55	2,25	441	32,14	0,16	189
50	1,59	1,59	1208	32,87	0,24	415
100	-0,55	0,57	34	33,19		1
200						
Novembre						
0	6,08	1,61	568	32	0,17	109
20	5,55	1,5	471	32,04	0,13	78
50	2,63	1,37	1397	32,52	0,25	160
100	-0,61	0,5	70	33,17	0,12	6
200	0,47	3	0.61			
Décembre						
0				32,24	0,22	22
20				32,35	0,11	14
50				32,66	0,22	44
100				33,41	0,07	7
200	0,33	3				
Source: DFO 2007a (sous-zone 46)						

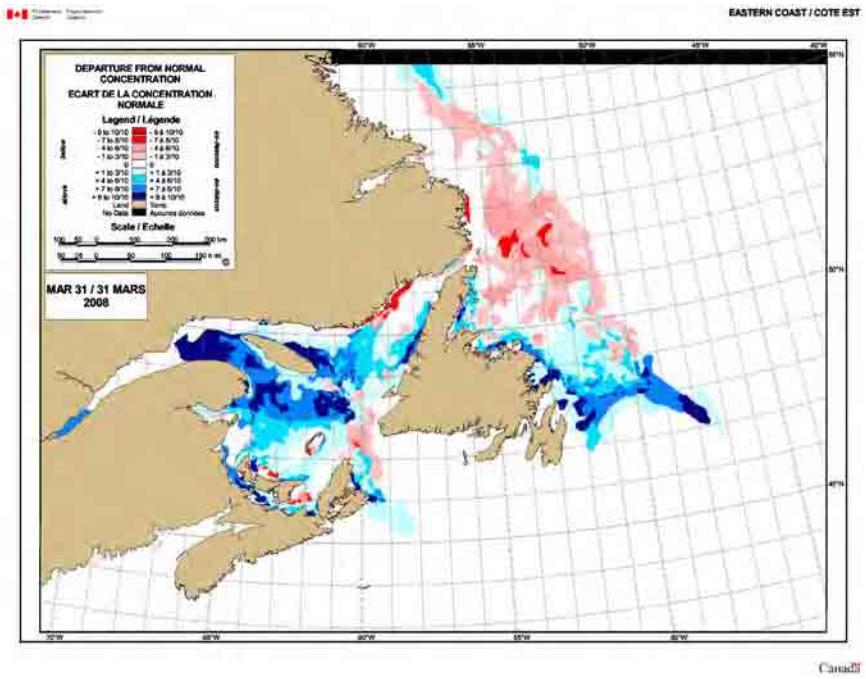
3.2.3 Banquise et icebergs

Cette description du milieu glaciaire autour de la zone extracôtière du projet Hebron est basée sur les informations et données publiées dans *Terra Nova Development Environmental Impact Assessment* (Petro-Canada 1995) et *White Rose Environmental Impact Assessment* (Husky Oil Ltd. 2000). Ces données ont été complétées par des données et rapports ultérieurs allant de 2000 à 2008. L'essentiel des données régionales et des descriptions qui leur sont liées demeure inchangé par rapport au document de base; cependant, on entreprit de retravailler les informations relatives à un emplacement particulier pour prendre en compte les divers régimes de glaces sur la zone du projet Hebron. L'approche suivie dans ce rapport fut d'effectuer l'analyse des données les plus récentes et d'ensuite les comparer aux données rapportées dans les deux études de Terra Nova et de White Rose. Cette

méthode apporte un aperçu des effets des changements globaux de l'évolution météorologique sur la glace et les icebergs sur les Grands Bancs pendant la dernière décennie.

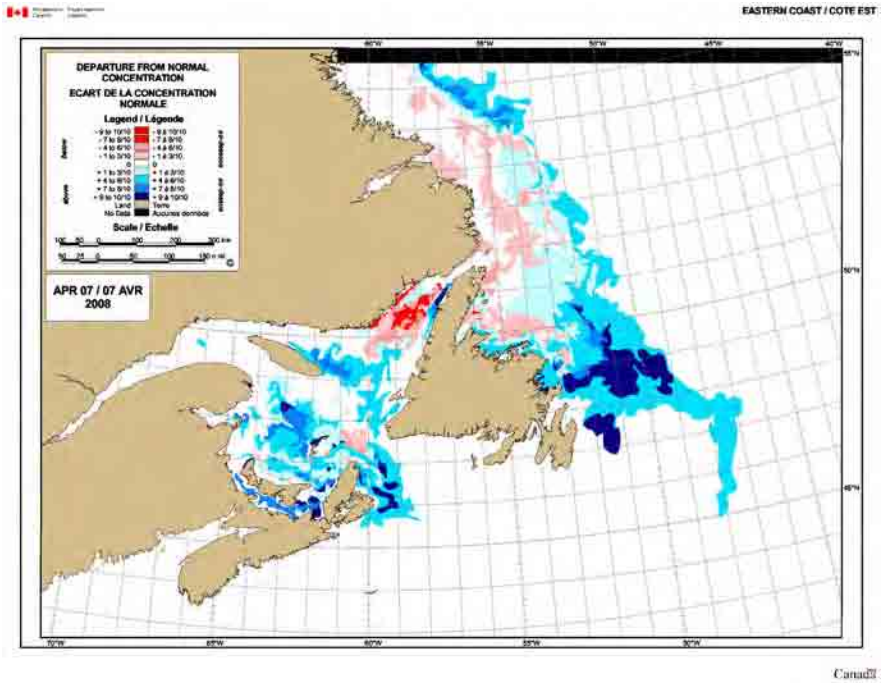
La zone du projet Hebron extracôtier est située sur la pente est du plateau continental, ce qui la rend susceptible d'incursions saisonnière de glace. Il existe deux formes différentes de glaces flottantes, la banquise et les icebergs, dans ce milieu marin. La banquise se produit lorsque la couche superficielle de l'océan gèle. Dans la zone du projet Hebron, la banquise est peu tassée et sans pression. Les floes sont petits et généralement à un stade avancé de détérioration, permettant aux navires de se déplacer facilement. Malgré cela, la banquise peut interférer avec les opérations de détection et de gestion des icebergs et peut obliger une installation à réduire ses activités si la taille de la banquise à proximité de l'installation est trop grande pour que l'équipement d'évacuation puisse être déployé et utilisé sans danger. Les cartes sur l'écart (par rapport aux concentrations normales de glace de mer) montrent la glace de mer envahissant la zone de White Rose, sur une période s'étendant de la fin mars à avril 2008, sont présentées aux figures 3-29 à 3-32. On sait que la glace de mer transporte aussi des icebergs imbriqués et il pourrait y avoir des conséquences si ces icebergs commençaient à dériver librement aux abords d'une installation. Les icebergs sont de la glace d'eau douce issue de la neige compactée en glacier. Quand le front d'un glacier atteint la mer, des pans de glace s'en détachent pour créer des icebergs. Les icebergs des Grands Bancs ont pour origine principale les glaciers du Groenland Ouest. Les efforts de contrôle de la glace se concentrent sur les icebergs car ils constituent un danger pour les installations de production extracôtières.

La description du régime des glaces sur la zone du projet Hebron comporte une explication sur les bases de données utilisées, un résumé sur les caractéristiques de la banquise, une description des icebergs et un résumé sur les pratiques de gestion de la glace. On a inclut les conditions extrêmes car elles illustrent comment le régime des glaces varie dans le temps et dans l'espace. Une telle variabilité est importante lorsqu'on évalue l'impact de la glace sur le développement extracôtier.



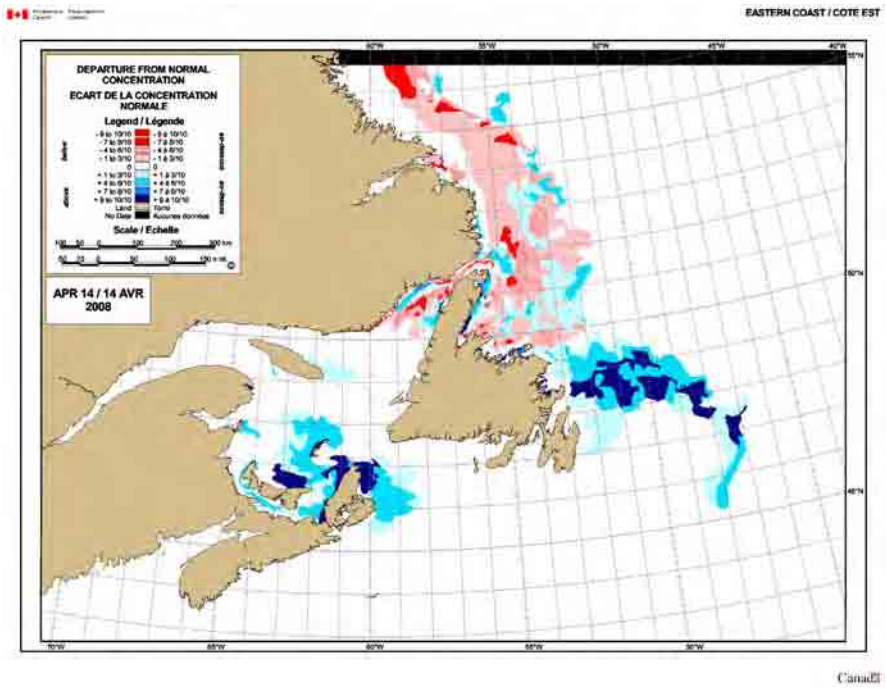
Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-29 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 31 mars 2008



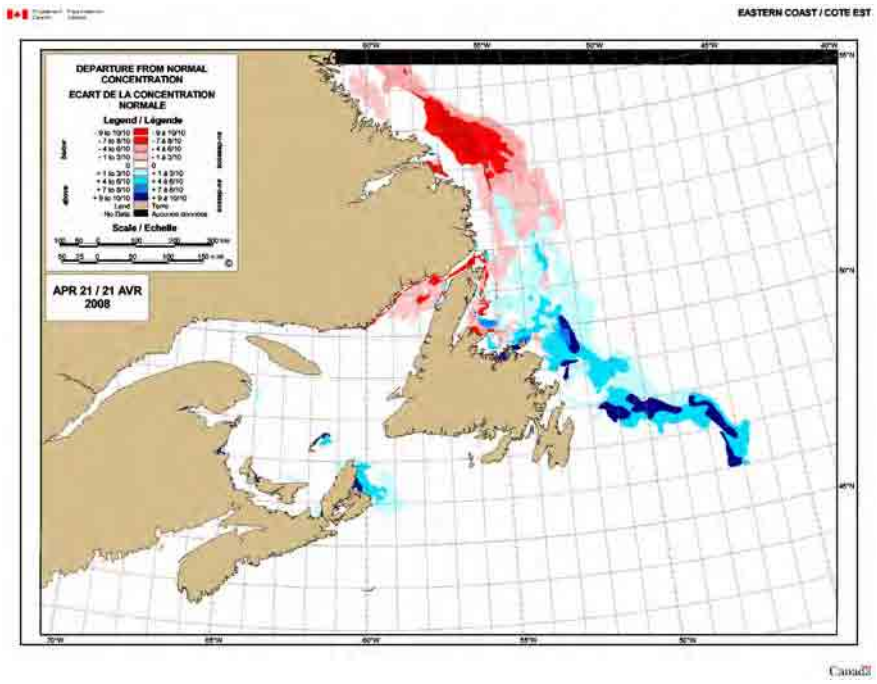
Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-30 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 7 avril 2008



Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-31 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 14 avril 2008



Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-32 Écart par rapport aux concentrations normales de glace de mer autour de White Rose, le 21 avril 2008

3.2.3.1 Banquise

Formation, croissance et épaisseur

La liste des catégories majeures d'âge et d'épaisseur de la banquise est fournie au tableau 3-59. Presque toute la glace se trouvant près de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron est jeune (glace grise et blanchâtre d'une épaisseur comprise entre 10 et 30 cm) ou de première année et d'épaisseur entre 30 cm et 100 cm. Il peut aussi arriver que la glace de première année soit plus épaisse. Les épaisseurs de glace nettement plus grandes que 100 cm sur la zone du projet Hebron sont généralement associées à de la glace de première année déformée. La glace ancienne, c'est-à-dire la glace qui a survécu à une ou plusieurs saisons de fonte estivale, apparaît très rarement dans la région. Elle est plus dense et plus dure que la banquise normale parce ce qu'elle a regelé de nombreuses fois et la majeure partie de sa saumure a été lessivée. La glace ancienne est difficile à détecter au sein de la banquise, mais sur le plan pratique, constitue la même menace pour les navires que les fragments d'icebergs de la taille du bourguignon (petite masse de glace de moins de 5 m de longueur) et de type bergy bit (petite masse de glace de longueur comprise entre 5 et 15 m).

Tableau 3-59 Caractérisation de la banquise par type, épaisseur et âge

Type de glace/stade de formation	Épaisseur (cm)	Âge/période de formation
Nouvelle glace	<10	Glace saisonnière : au premier stade de formation
Jeune glace (grise)	10 à 15	Glace saisonnière : généralement au début de la saison
Jeune glace (grise – blanchâtre)	15 à 30	Glace saisonnière : généralement du début au milieu de la saison
Glace mince de première année (blanche)	30 à 70	Glace saisonnière : généralement du milieu à la fin de la saison
Glace moyenne de première année	70 à 120	Glace saisonnière : généralement à la fin de la saison
Glace épaisse de première année	>120	Glace saisonnière : généralement à la fin de la saison
Glace de deuxième année – glace de plusieurs années –	>120	Glace pérenne
Source : Service météorologique du Canada, Service canadien des glaces MANICE (2005)		

Distribution spatiale

L'emplacement de la plate-forme d'Hebron se situe près de la limite la plus méridionale de la banquise régionale. Dans cette zone, les températures relativement élevées de l'eau dissipent les derniers restes de glace qui ont dérivé vers le sud depuis leurs zones de formation originelles dans la baie de Baffin, le détroit de Davis et la mer du Labrador.

Les étendues maximales de glace semi-mensuelles pour janvier à mai, au sud-est de Terre-Neuve, sont indiquées par des zones en jaune dans les figures 3-33 à 3-37. Ces étendues maximales sont constituées des lisières de glace les plus avancées, enregistrées pour la période comprise entre 1971 et 2000. L'emplacement de la plate-forme Hebron, indiqué par une étoile aux figures 3-33 à 3-37, se trouve dans les limites de l'étendue maximale

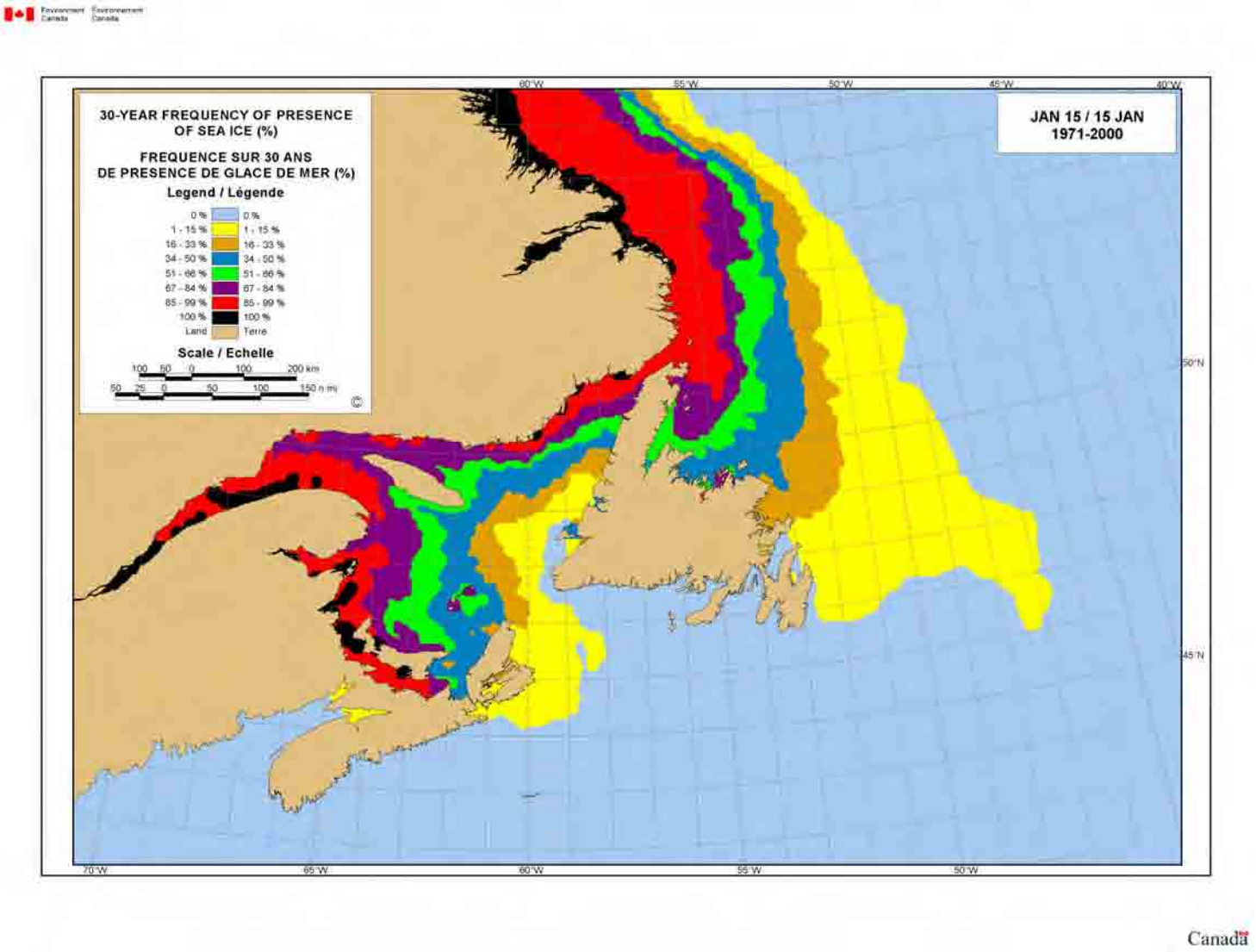
enregistrée durant les mois de février, mars et avril. Toutefois, en se basant sur les données de 1971 à 2000 et tel qu'indiqué par les couleurs sur les cartes, la probabilité que cet emplacement se trouve dans les limites maximales est de 1 à 15 pour cent en février et avril, et de 16 à 33 pour cent en mars.

Les conditions glaciaires au cours des quatre décennies précédentes pour la région des Grands Bancs sont montrées à la figure 3-38. Ces données montrent une couverture de glace normalisée à l'endroit de la plate-forme d'Hebron et de ses alentours.

En se basant sur les données de 1969 à 2010 (figure 3-39), la glace n'est présente dans la région que 19 années sur 42 (soit environ 45 % des années). D'après les données de 1971 à 2000, la glace n'a été présente dans cette région que 57 % des années. La première fois qu'on a vu de la glace dans cette région, au cours des 15 dernières années, était au printemps 2008 et 2009. Il est à noter que le graphique ci-dessous montre « la couverture de glace accumulée » pendant toute la période comprise entre janvier et mai.. La « fréquence de présence de la glace de mer » pour la période de janvier à mai est naturellement plus élevée que pour un mois individuel comme le montrent les figures 3-33 à 3-37).

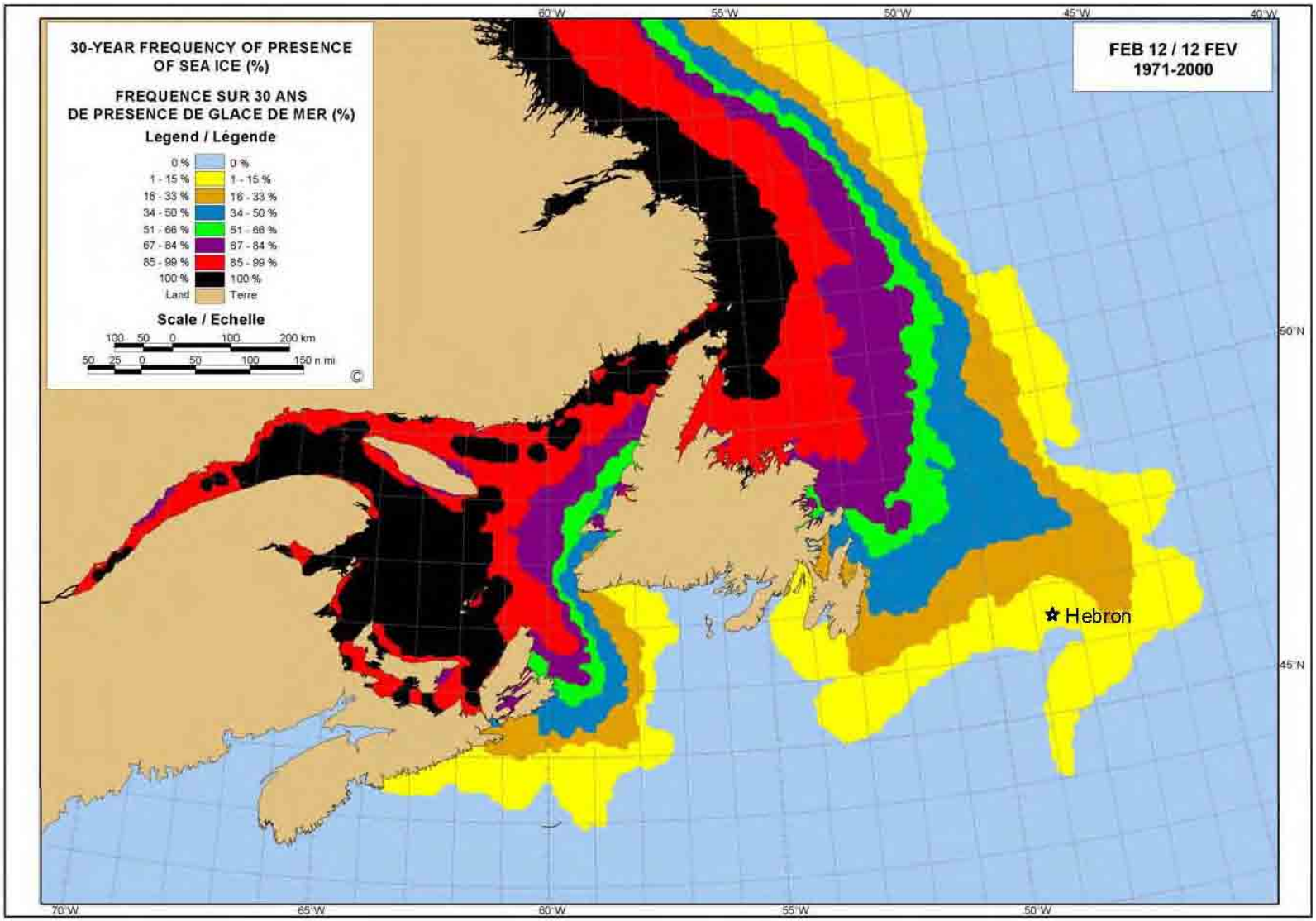
Les moments annuels de toutes les incursions de glace à moins de 28 km de l'emplacement de la plate-forme Hebron de 1972 à 2008 sont montrés à la figure 3-40. Ces données montrent l'arrivée (approximativement entre 1983 et 1994) d'incursions plus fortes ainsi que leur prédominance à la mi-mars. Cette période fut ensuite suivie par une époque sans couverture de glace qui a duré jusqu'en 2008.

L'emplacement de la plate-forme Hebron a connu des incursions de glace de mer pendant 11 des 37 années examinées à la figure 3-39. Cela équivaut à un taux d'une incursion tous les trois ou quatre ans. Les probabilités hebdomadaires, qui atteignent un sommet de 14 pour cent, montrent deux maximums : le premier pendant la dernière semaine de février et le second, pendant la première semaine d'avril. La durée des incursions varie d'un minimum d'une semaine à un maximum de sept semaines. La durée moyenne, sur les 11 années de présence de glace, fut de trois semaines.



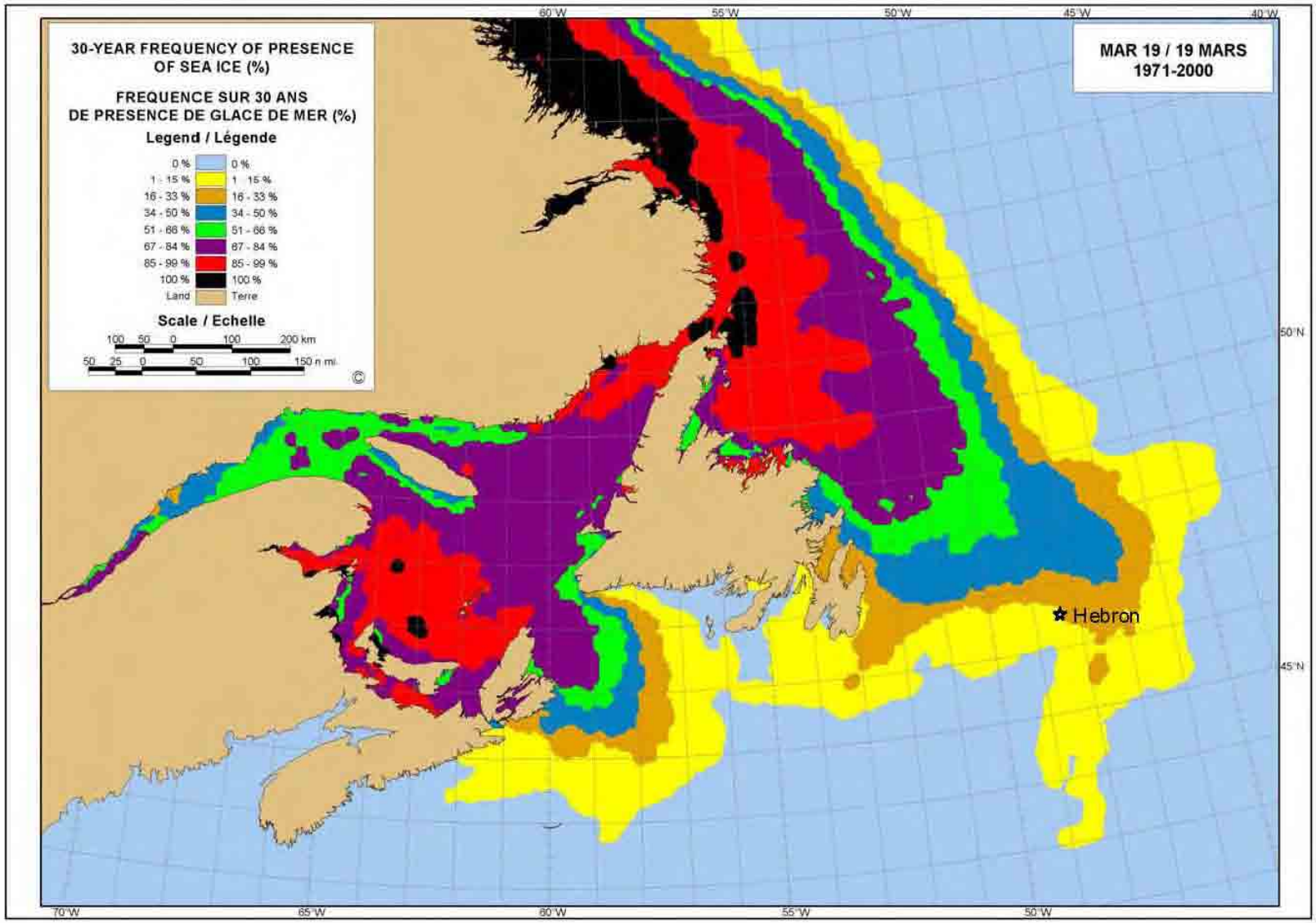
Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces 2001

Figure 3-33 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 15 janvier 1971 à 2000



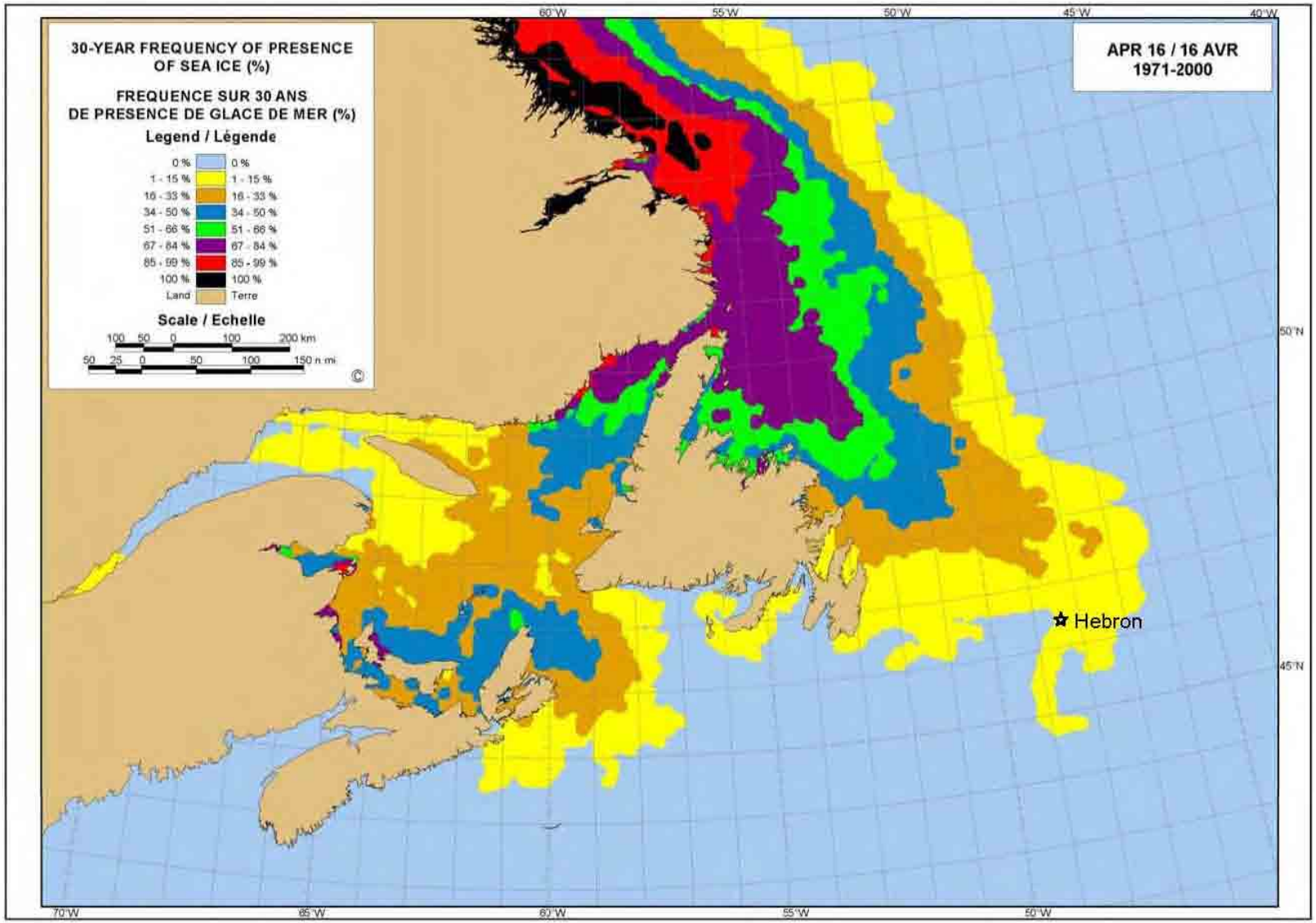
Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces 2001

Figure 3-34 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 12 février 1971 à 2000



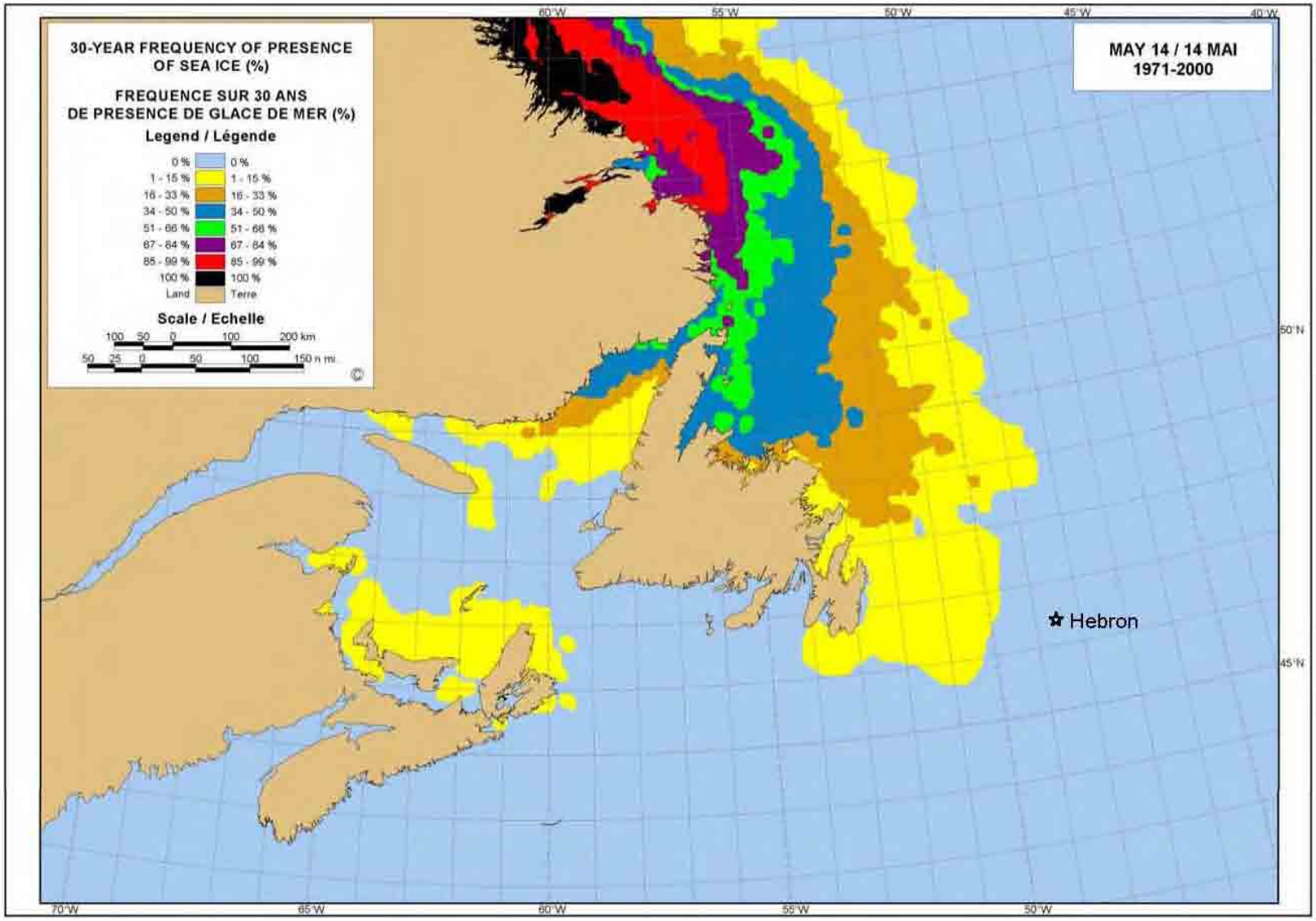
Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces 2001

Figure 3-35 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 19 mars 1971 à 2000



Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces 2001

Figure 3-36 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 16 avril 1971 à 2000



Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces 2001

Figure 3-37 Fréquence de couverture par la banquise: semaine du 14 mai 1971 à 2000

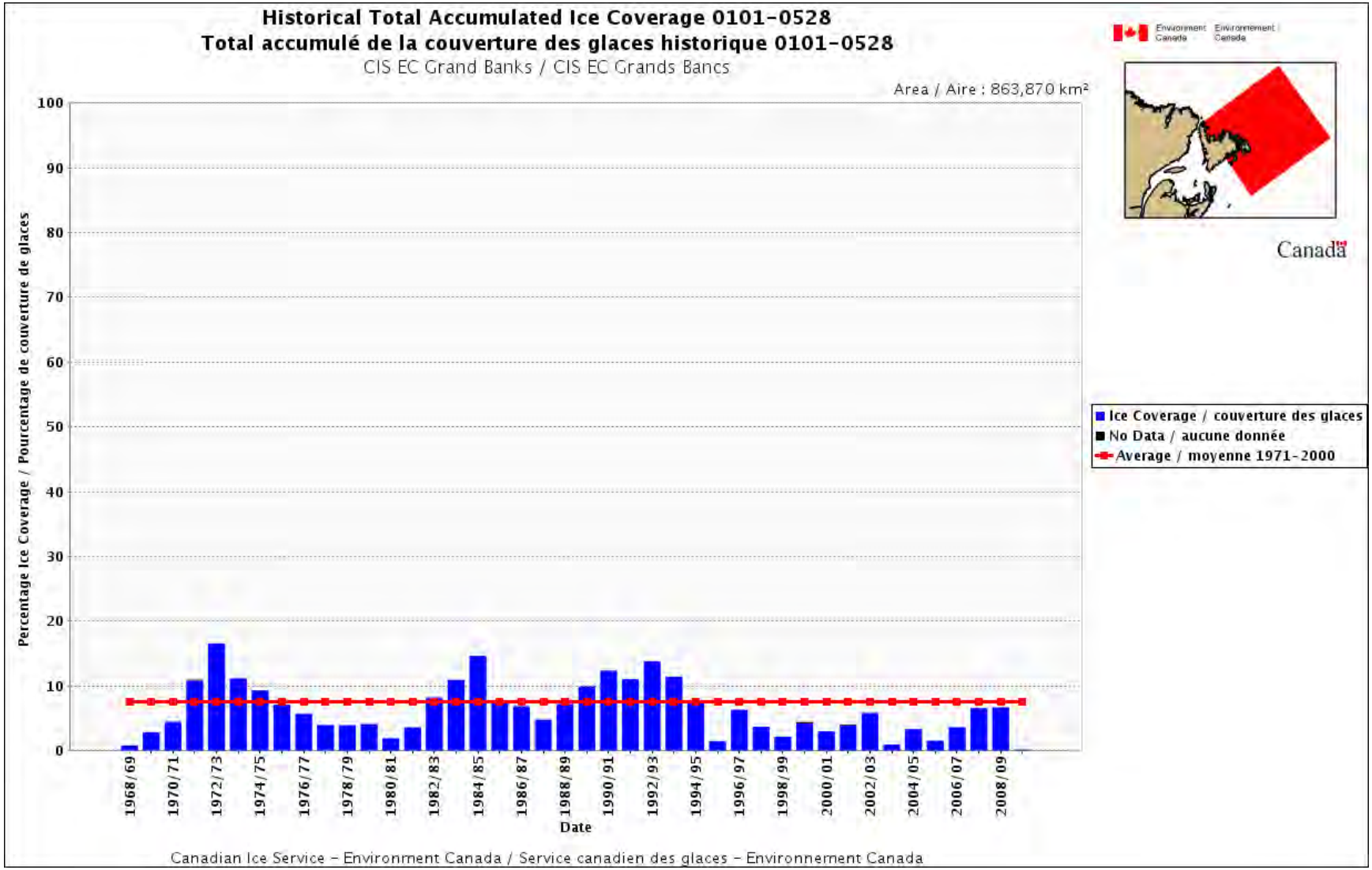
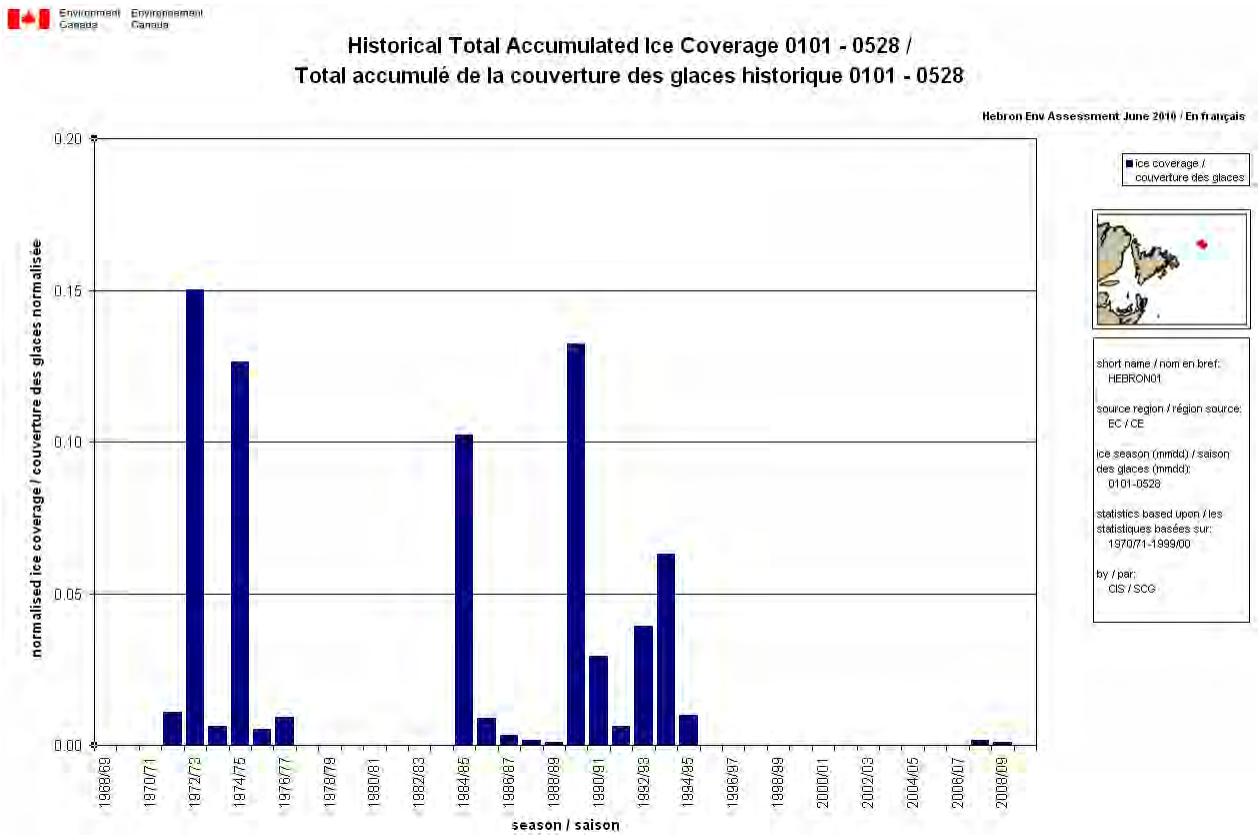


Figure 3-38 Historique de la couverture de glace accumulée par saison pour la région des Grands Bancs de 1970/71 à 2008/09



Source : Environnement Canada - Service canadien des glaces

Figure 3-39 Total accumulé de la couverture des glaces historiques pour la période de janvier à mai

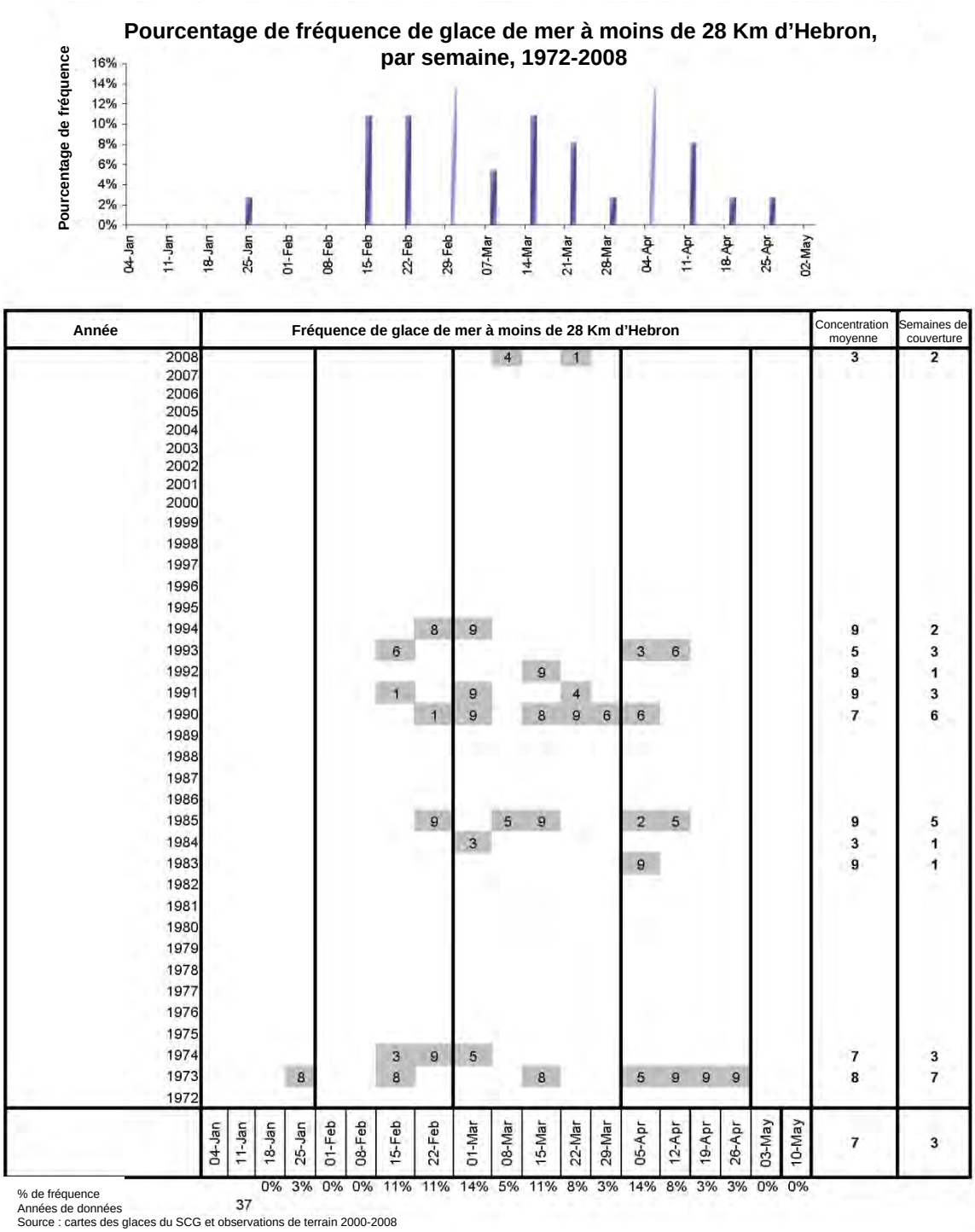


Figure 3-40 Incursions hebdomadaires de banquise à moins de 28 km de l'endroit de la plate-forme d'Hebron

3.2.3.2 Mouvement de la banquise

L'emplacement de la plate-forme d'Hebron est à l'extrême limite méridionale de la banquise régionale; elle se situe toutefois juste à l'ouest du chemin d'une langue de glace formée par la banquise en débâcle qui est balayée autour des Grands Bancs par la branche extracôtière du courant du Labrador

Une étude de vérification de la vitesse et de la direction de dérive des courants de surface est montrée à la figure 3-41, telle que déduite des données de bouées dérivantes en 1985.

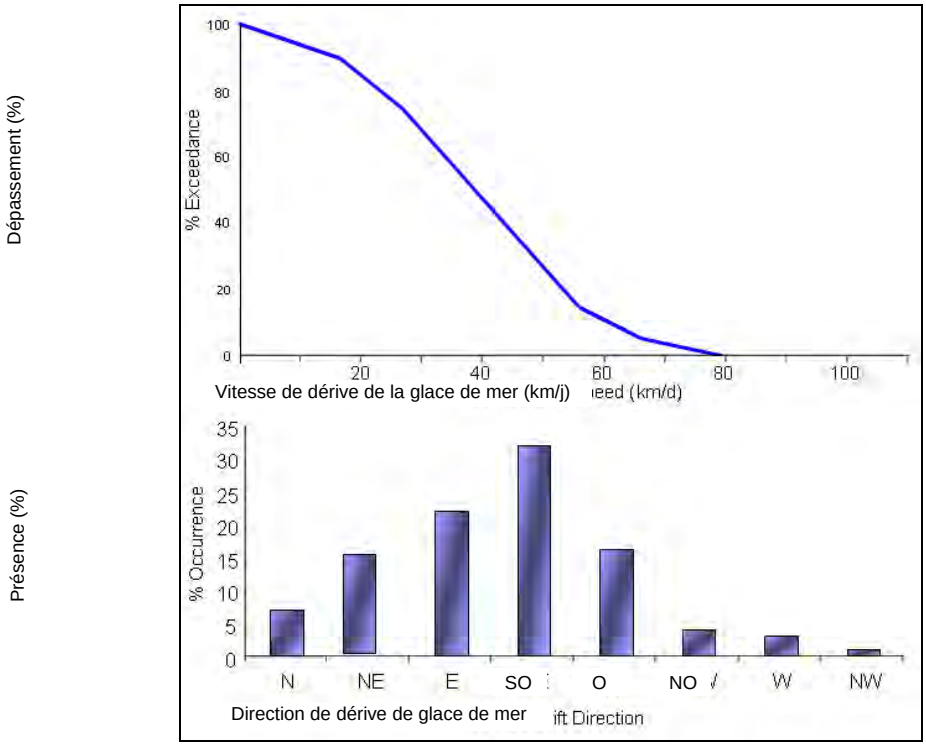
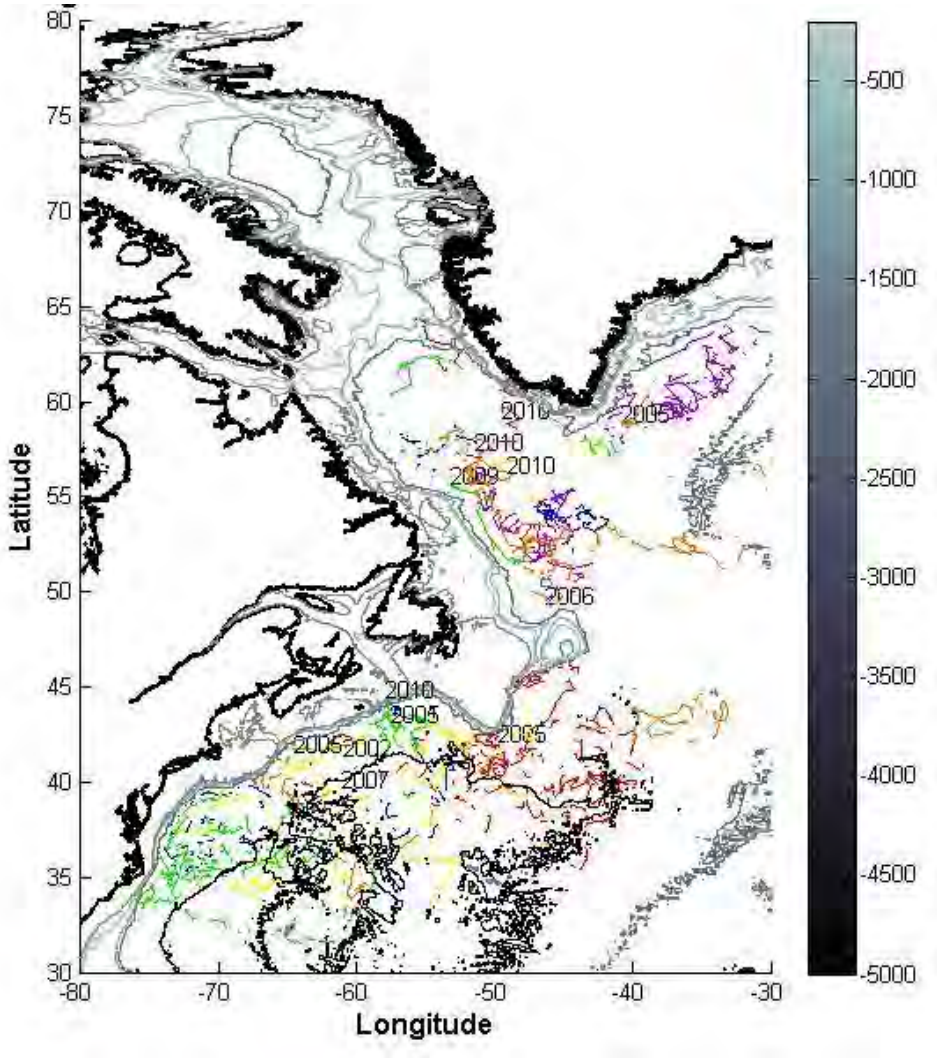


Figure 3-41 Dépassement en pourcentage de la vitesse moyenne journalière de dérive et répartition de la direction de la dérive

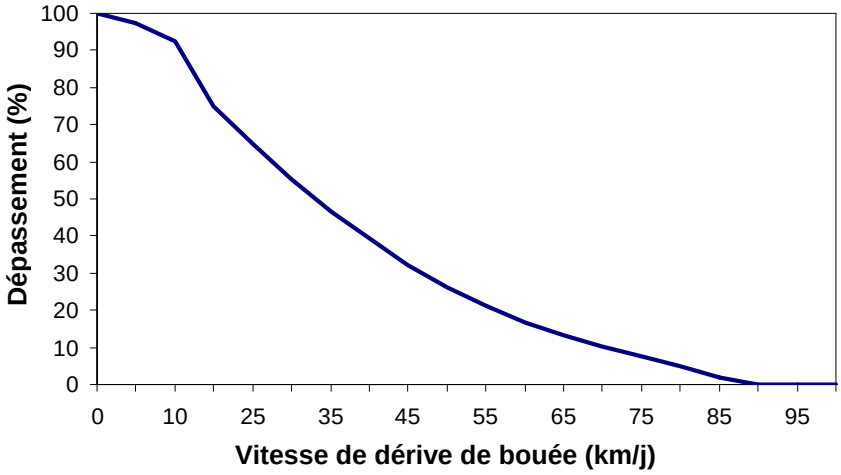
Une étude de vérification de la vitesse et de la direction de dérive des courants de surface, réalisée par la division des services environnementaux de Provincial Aerospace Ltd. (PAL) à l'aide de 18 flotteurs Argo à compter de 2002 jusqu'à 2010 dans l'Atlantique Nord (figure 3-42), a été fournie par le service de Gestion des données scientifiques intégrées du MPO.

On a choisi des flotteurs Argo du fait qu'ils sont représentatifs de la dérive de la banquise. On a observé que les vitesses de dérive (figure 3-43) des flotteurs Argo étudiées par PAL étaient, dans l'ensemble, marginalement plus élevées que celles observées par Fissel et al. (1985). Cette différence peut être attribuable au fait que les données de 2002 à 2010 avaient été collectées pour toute l'année tandis que l'étude de 1985 portait sur une seule saison (le printemps 1985). De même, il n'y avait pas de direction prédominante de dérive (figure 3-44) dans l'étude de PAL, alors que l'étude de Fissel et al. (1985) révélait que la dérive sud-ouest était la plus commune. Cela peut être causé à la fois par la dérive saisonnière et par la répartition géographique des flotteurs étudiés. L'étude de PAL présentait une vaste répartition géographique dans l'Atlantique Nord et captait sans doute moins les effets du courant du Labrador que l'étude de Fissel et al. (1985) qui portait sur des observations menant à des dérives multidirectionnelles.



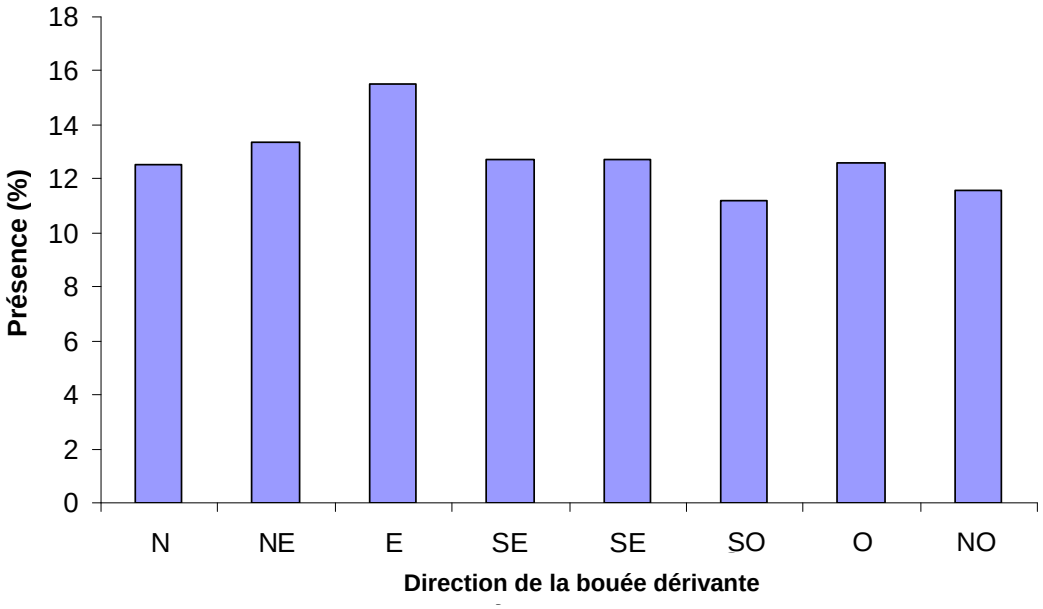
Source : Gestion des données scientifiques intégrées, 2010

Figure 3-42 Trajectoires de flotteur Argo, 2002 à 2010



Source : Gestion des données scientifiques intégrées, 2010

Figure 3-43 Vitesses de dérive des bouées



Source : Gestion des données scientifiques intégrées, 2010

Figure 3-44 Dérive des bouées

3.2.3.3 Concentrations

La concentration médiane de glace de mer dans les Grands Bancs, au sud du 49° N, s'étend généralement de 4 à 6 dixièmes au début février et continue à être présente dans la région jusqu'au début avril, après quoi elle diminue lentement à 1 à 3 dixièmes pour finalement reculer au-dessus du 49°N comme l'indique la figure 3-45. Dans cette figure, le terme « valeur centrale » est déterminé en faisant la moyenne des concentrations moyennes minimales et maximales de la glace de mer présente en-deçà du 49°N pour chaque semaine visée durant la période de 30 ans compriseentre 1971 et 2000.

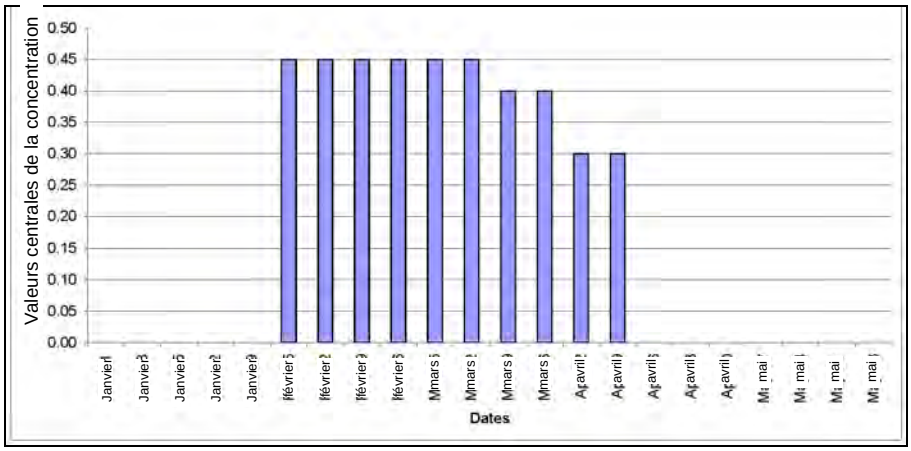


Figure 3-45 Valeurs centrales de la concentration médiane des glaces pendant 30 ans au sud du 49 N, dans les Grands Bancs

L'analyse des cartes du SCG des années 1979 à 2008 montre que, pour les années où la glace était présente, la concentration moyenne globale en glace était de 7 dixièmes à moins de 15 km d'Hebron.

La couverture des glaces hebdomadaire pour la zone propre à la plate-forme Hebron est fournie à la figure 3-46. La zone sur le graphique des glaces couvre une case de 1°X1° ou de 111 km nord-sud X 76,5 km est-ouest).

3.2.3.4 Taille des floes

Les dimensions horizontales des floes individuels sont influencées par:

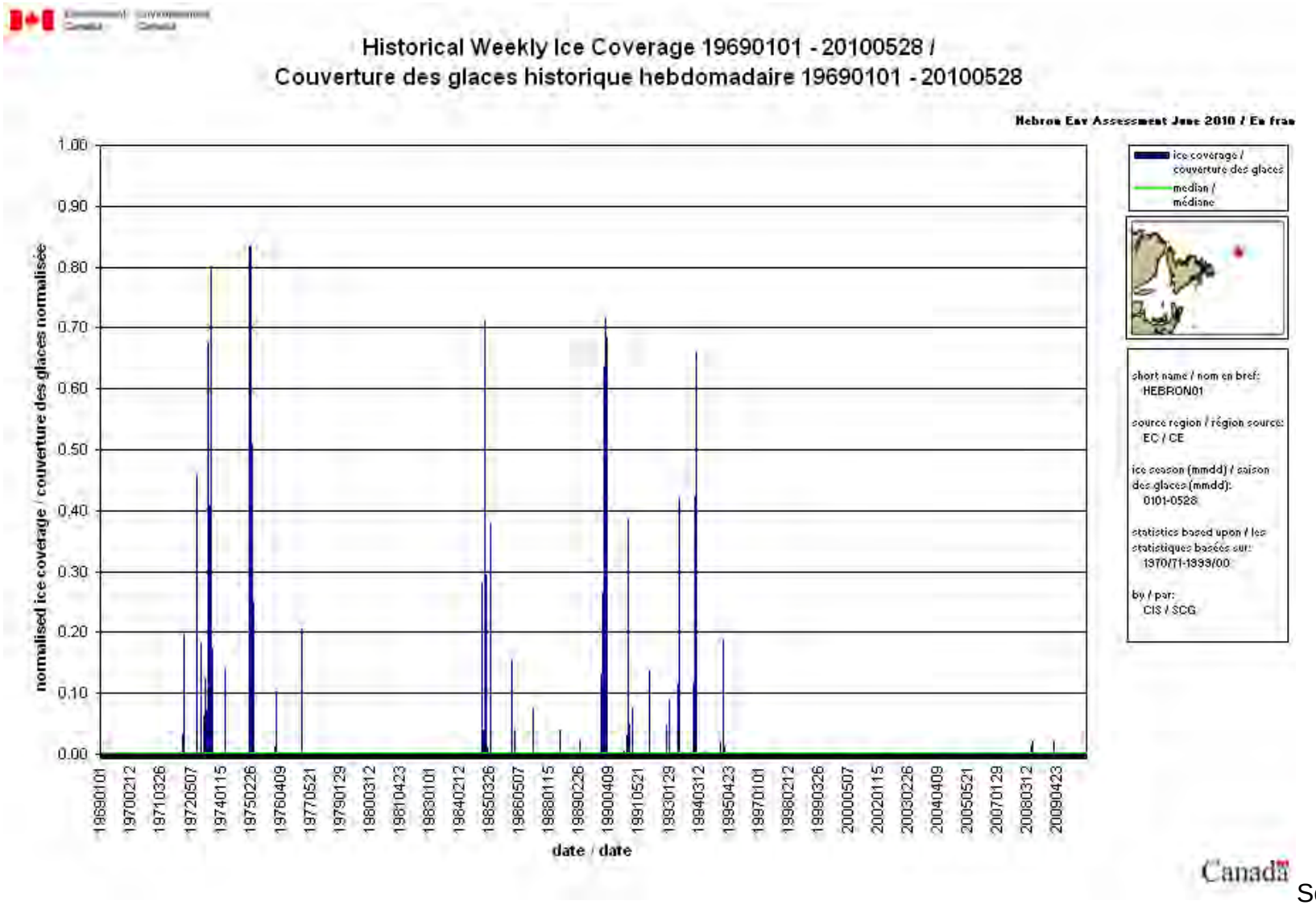
- L'histoire de la glace
- La concentration
- L'épaisseur
- La température de l'eau
- L'état de la mer
- La proximité des terres

Dans les eaux de Terre-Neuve, la taille des floes a tendance à diminuer du nord au sud et d'ouest en est, vers les bords externes de la banquise. L'augmentation de la fonte et la désintégration des floes se produisent aux bords externes de la banquise en raison d'une plus grande amplitude des vagues (non amorties par la banquise proprement dite) et des températures plus chaudes à la surface de la mer.

Dans les deux régimes extracôtiers, (nord et sud de la limite des Grands Bancs correspondant au 49°N), la taille des floes diminue d'ouest en est à cause de la diminution progressive de l'amplitude des vagues se propageant dans la banquise depuis l'océan ouvert.

Le Service de l'environnement atmosphérique, appelé maintenant Service météorologique du Canada, comporte un service appelé le Service canadien des glaces (SCG), qui compile des données pour réaliser des cartes composites des glaces. Pour la période comprise entre 1968 et 1987, ces cartes indiquent qu'à moins de 50 km de l'emplacement de la plate-forme Hebron, les floes d'une grandeur supérieure à 100 m ne sont présents que 10 pour cent du temps. Les estimations faites dans plusieurs études antérieures (Blenkarn and Knapp 1969; Nolte and Trethart 1971; LeDrew and Culshaw 1977; Dobrocky Seatech 1985) indiquent que le diamètre moyen des floes dans les zones extracôtières au sud du 49°N sont inférieures à 30 m. On n'a observé que peu de floes au diamètre supérieur à 60 m.

Un gradient de taille du nord-ouest au sud-est a été également identifié (Dobrocky Seatech 1985). Le diamètre moyen et maximum des floes décroît respectivement d'entre 8 m et 37 m aux 49°N et 51°W à entre 1 m et 3 m au voisinage de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron (Seaconsult Ltd. 1988). Le diamètre moyen et maximum peut dépasser ces valeurs de l'ordre du double ou plus (Seaconsult Ltd. 1988) quand l'extension de la glace est proche de son maximum saisonnier lors des années marquées par des conditions d'exceptionnelle sévérité de glace.



Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-46 Couverture historique des glaces hebdomadaires pour la zone de la plate-forme Hebron

3.2.3.5 Déformation et épaisseur

Si la glace au nord des Grands Bancs est plus épaisse que 50 cm environ, c'est qu'elle a dérivé de zones plus septentrionales plus froides comme il a été noté auparavant ou qu'elle est due à la déformation de la glace.

Les données quantitatives sur la déformation de la glace se limitent généralement aux déformations de type ride car elles peuvent être facilement caractérisées par:

- Leur fréquence (nombre de rides par km)
- Leur longueur
- Leur largeur
- Leur épaisseur maximale de la base au sommet (hauteur de voile plus profondeur de quille)

On dispose de peu de données quantitatives sur la région des Grands Bancs, en partie parce que la formation de rides linéaires du type de celles communément observées dans les zones arctiques est relativement rare ici. La banquise déformée consiste plutôt de champs d'enchevêtrements pêle-mêle de floes brisés et soulevés (Petro-Canada 1995). Les observations indiquent que les hauteurs maximales de voile, correspondant aux hauteurs locales des pics dans de tels champs, sont d'environ 2 m (Dobrocky Seatech 1985). Nolte et Trethart (1971) calculèrent des hauteurs moyennes de rides d'environ 1 m. Ces estimations sont assez cohérentes avec les mesures de télédétection électromagnétique aéroportée effectuées dans les zones de Terre-Neuve situées plus près de la côte (Prinsenberg *et al.* 1993).

Les épaisseurs des rides dans les Grands Bancs ont également été estimées à partir des données récoltées au large du Sud Labrador en février et début mars et extrapolées aux Grands Bancs (Seaconsult Ltd. 1988). Ces estimations indiquent que les rides ou les champs de blocs avec des voiles jusqu'à 3,5 m de hauteur peuvent se former sur les Grands Bancs (Bradford 1972; NORDCO Ltd. 1977). Ces estimations sont toutefois compensées par le fait que plus les déformations se produisent au sud, plus vite les floes se fragmentent et se renversent de même que le fin lien de glace entre les floes va fondre plus vite. Au moment où la fonte se produit, la fragilité structurale et la porosité de la glace augmentent. Cela réduit les dangers aux opérations causés par toute ride ou fragment de champ de blocs ayant survécu bien au-dessous de ceux associés à de plus petits morceaux de glace ancienne ou de glacier.

Certaines années, les floes d'épaisses glaces âgées de plusieurs années, originaires de l'océan Arctique, peuvent dériver vers le sud dans les eaux de Terre-Neuve. En raison de leur épaisseur et de leur faible salinité (qui rend leur glace presque aussi dure que celle provenant des glaciers), ces floes peuvent représenter un danger considérable pour les navires de la région, du même ordre que les risques posés par les icebergs. En raison de leur épaisseur, ces floes fondent lentement et peuvent (ou non) atteindre la zone du projet Hebron. Les floes individuels de glace âgée de plusieurs années, qui se détachent de la banquise principale (glace de première année qui fond

et s'éloigne) et dérivent vers le sud, ne peuvent être distingués des fragments d'iceberg ou des bourguignons. Les floes de glace âgée de plusieurs années peuvent aussi occasionnellement avoir une incidence sur les conditions de la glace à l'entrée de la baie de la Trinité.

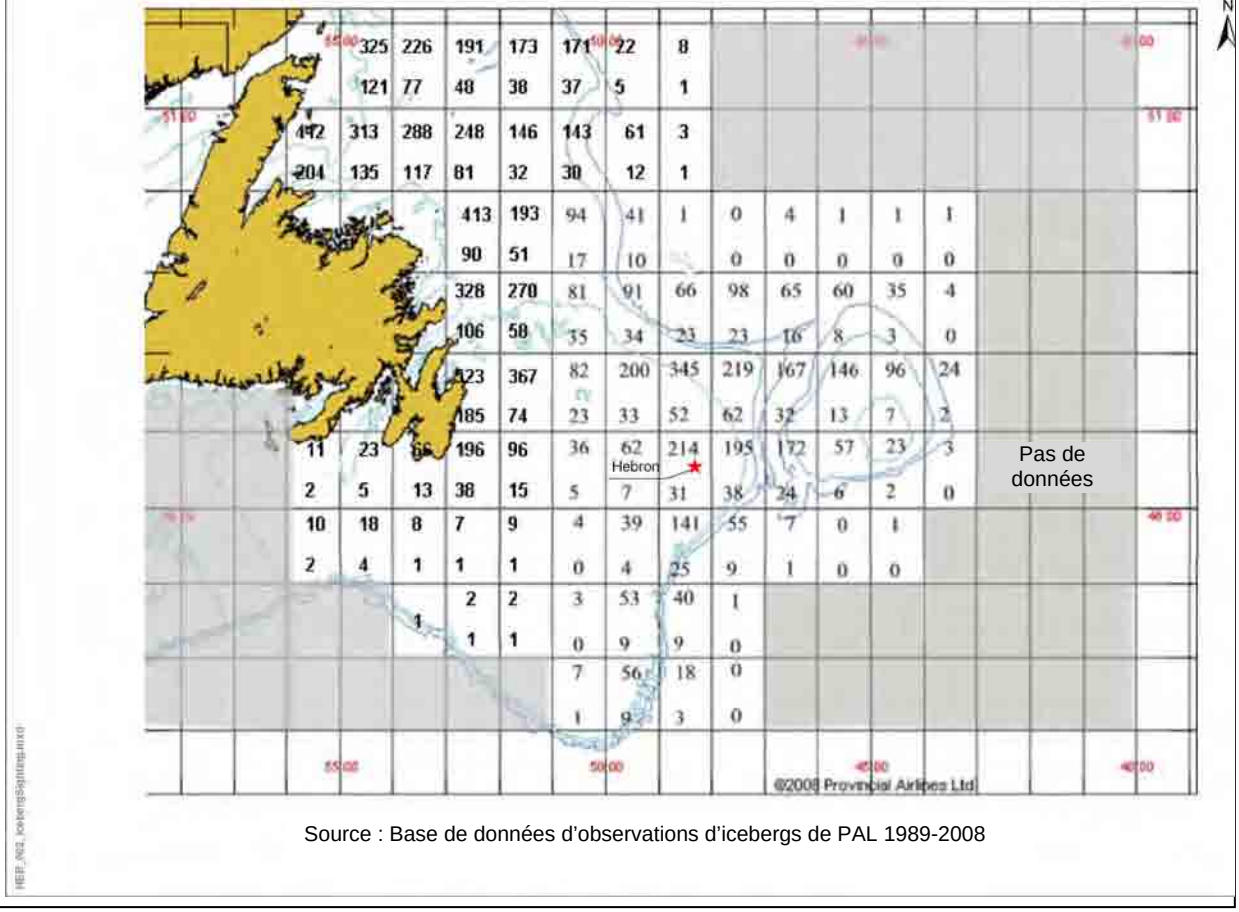
3.2.3.6 Icebergs

Selon la patrouille internationale des glaces (PIG) et Provincial Aerospace Ltd. (PAL), le nombre d'icebergs atteignant les Grands Bancs chaque année a varié d'un minimum de zéro en 1966 et 2006 à un maximum de 2 202 en 1984. Seule une petite fraction d'entre eux passera à travers la zone du projet Hebron. Sur les dix dernières années, le nombre moyen annuel d'icebergs observés dans la maille de 1° contenant l'emplacement de la plate-forme d'Hebron a été de 31. Bien que la base des données de la Patrouille internationale des glaces (IIP) ayant trait aux icebergs dérivant au sud du 48°N s'étend de 1900 jusqu'à présent, des changements substantiels dans la technologie utilisée ont amélioré la qualité des données au fil des ans. Plus particulièrement, l'IIP a commencé à utiliser un radar à balayage latéral pour la détection des icebergs en 1983, puis en 1993, le système a encore été amélioré par l'ajout d'un radar de bord à vision frontale. L'iceberg de référence pour Hebron est basé sur des données de la période s'étendant de 1984 à 2008.

La charge de l'iceberg, relative à la structure à embase poids (SEP) d'Hebron, est calculée à l'aide d'une simulation probabiliste et, à ce titre, il n'existe pas de conception unique d'iceberg. La charge à admettre est calculée en utilisant une approche énergétique dans laquelle l'énergie cinétique de l'iceberg, provoquant l'impact, est à l'arrêt lorsque la glace vient se briser contre la SEP. Les paramètres clés qui influent sur la charge sont la masse de l'iceberg, sa vélocité, sa force et la forme qu'elle revêt sur place dans la zone de l'impact. Ces paramètres sont tous décrits par des distributions statistiques, qui prévoient un vaste éventail de scénarios possibles pouvant aboutir à la charge à admettre. En se basant sur cette approche, la charge horizontale globale de 10 000 ans de l'iceberg sur la géométrie de la SEP, préalable à la phase d'ingénierie de base, est de 517 MN, et peut, par exemple, être causée par un iceberg de 3,13 millions de tonnes dont la longueur de flottaison est de 250 m et la vitesse de dérive 0,72 m/s. Cette charge sera mise à jour au cours de la phase de l'ingénierie de base et de la conception détaillée, quand la géométrie de la SEP sera finalisée.

Un graphe du nombre annuel d'icebergs dans d'autres mailles de 1° entre les 45°N et 53°N (utilisant les données de PAL de 1989 à 2008 montrant la répartition régionale des icebergs) est montré à la figure 3-47. Les nombres maximaux représentent les cas les plus sévères de présence locale annuelle d'icebergs. Les quantités maximales d'icebergs n'arrivent cependant pas toutes dans la même année. La base de données de PAL sur les icebergs contient plus de 43 000 observations d'icebergs confirmées visuellement effectuées entre les 42°N et 55°N. Environ 23 pour cent d'entre elles ont été faites au sud du 48°N. Le plus grand nombre d'observations d'icebergs (214)

pour la maille contenant l'emplacement de la plate-forme d'Hebron fut observé en 1990. Ce nombre, bien qu'élevé, a été établi par les enregistrements de suivi d'icebergs du site du forage A-26 de King's Cove de Petro-Canada.



Source : Base de données d'observations d'icebergs de PAL 1989-2008

Remarque: Les nombres en haut et en bas de chaque rectangle indiquent, respectivement, les nombres maximum et moyen d'icebergs observés chaque année

Figure 3-47 Nombres maximum et moyen annuels d'icebergs observés

D'une manière générale, ces données montrent que les icebergs sont plus fréquents dans le chenal Avalon adjacent à Terre-Neuve et sur les pentes nord et est des Grands Bancs. Ce sont les régions où les bras du courant du Labrador sont les plus puissants. Le plus grand nombre d'icebergs immédiatement adjacents à la maille contenant l'emplacement de la plate-forme d'Hebron tend à se trouver dans la maille de 1° immédiatement au nord-est. Cette zone est traversée par la courbe 200 m, qui est associée au bord le plus proche de la côte du bras externe du courant du Labrador.

Variations locales et régionales du nombre d'icebergs

Le nombre d'icebergs traversant toute latitude au large de l'Est Canada varie considérablement annuellement et mensuellement. Avant 1999, l'inventaire sur le long terme indiquait une tendance vers un plus grand nombre. Il y eut cependant une chute drastique du nombre d'icebergs au sud du 48°N au

début de cette décennie. Ces faibles nombres sont attribués à la combinaison des températures de l'eau supérieures à la normale sur les Grands Bancs, d'une très fine couverture de glace de mer et des périodes prolongées de vents prédominants de l'est provenant du large pendant les mois printaniers, qui poussaient les icebergs sur la côte du Labrador où ils se sont échoués. En conséquence, la glace n'a pas été en mesure de dériver vers le sud, dans les eaux de Terre-Neuve. Cette tendance de répartition plus faible des icebergs au sud du 48°N se termina avec la saison 2008 qui vit un grand nombre d'icebergs et la tendance reprit avec la saison 2009 (données de PAL non publiées).

Cette situation n'est pas unique. Au cours du siècle passé, il y a eu plusieurs périodes où l'on a enregistré moins d'une douzaine d'icebergs. En fait, il y a eu plusieurs saisons consécutives avec des nombres très bas. Les archives indiquent que ces périodes ont été généralement suivies par un retour à la « normale ». Il semble que ces faibles nombres font juste partie de la variabilité à long terme du dénombrement annuel.

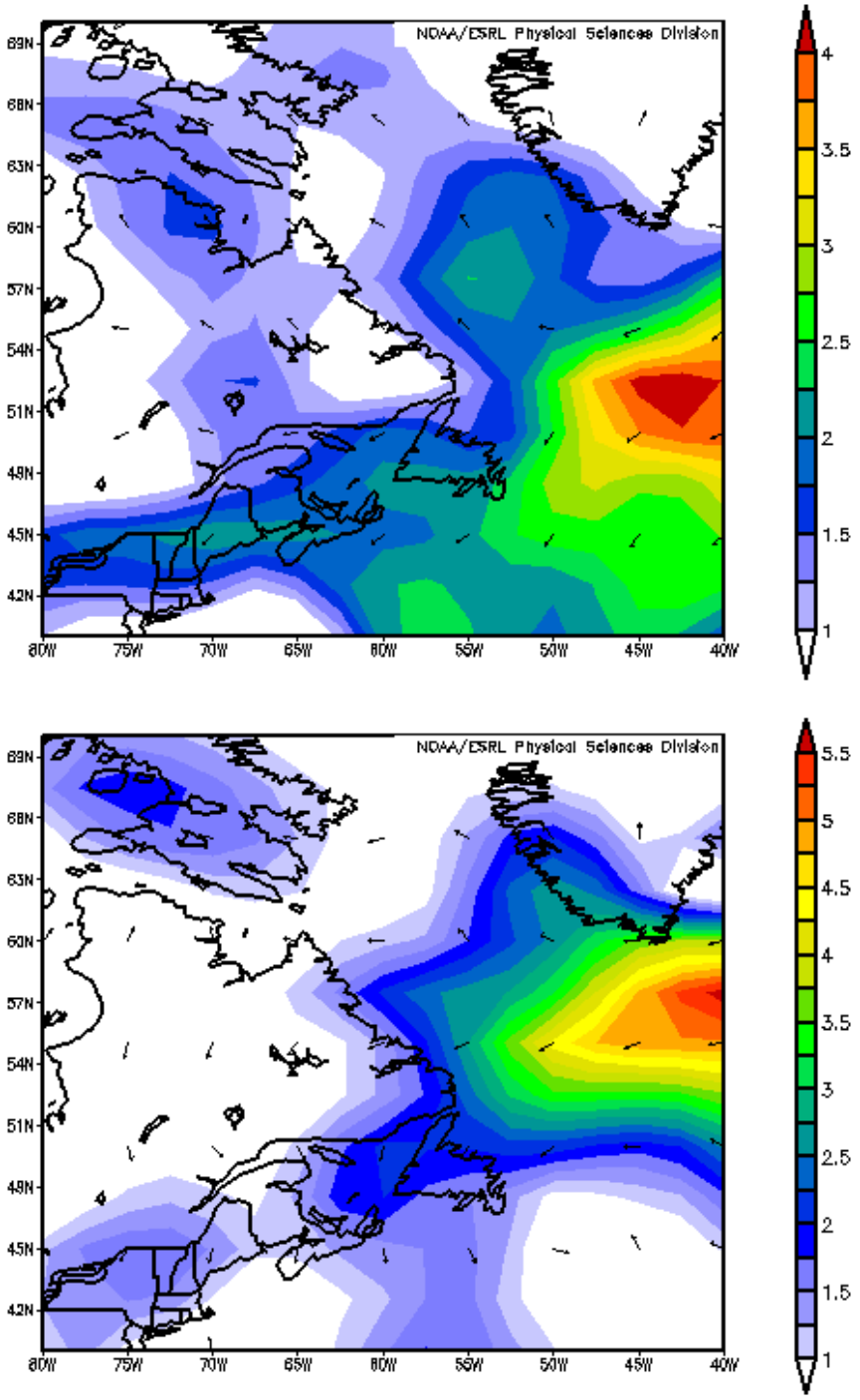
Les graphiques d'anomalies des vecteurs vent de mars à mai (vitesses du vent exprimées en m/s), créés à partir de données réanalysés des National Centers for Environmental Prediction, figurant sur le site Web du Earth System Research Laboratory, sont présentés à la figure 3-48 avec les cartes quotidiennes des icebergs du Service canadien des glaces, pour la période débutant en mai 2005 (figure 3-49).

Au niveau du 48°N, (c'est-à-dire une zone qui s'étend jusqu'à 185 km (100 miles nautiques) au nord-ouest de la zone du projet Hebron, de laquelle la majorité des icebergs s'approchent), les moyennes sur le long terme des données compilées par PAL de 1989 à 2008 dans la figure 3-50 montrent que, quelque soit le nombre d'icebergs qui arrivent, ce nombre connaît une pointe en avril tout en gardant un niveau élevé de mars à juin.

Quoique le flux principal d'icebergs tombe dans la période allant de mars à juin, des observations d'icebergs aux abords de la zone du projet Hebron ont été faites au moins une fois pour chaque mois de janvier à décembre. En 1993, environ 20 pour cent des icebergs traversèrent le 48°N en février.

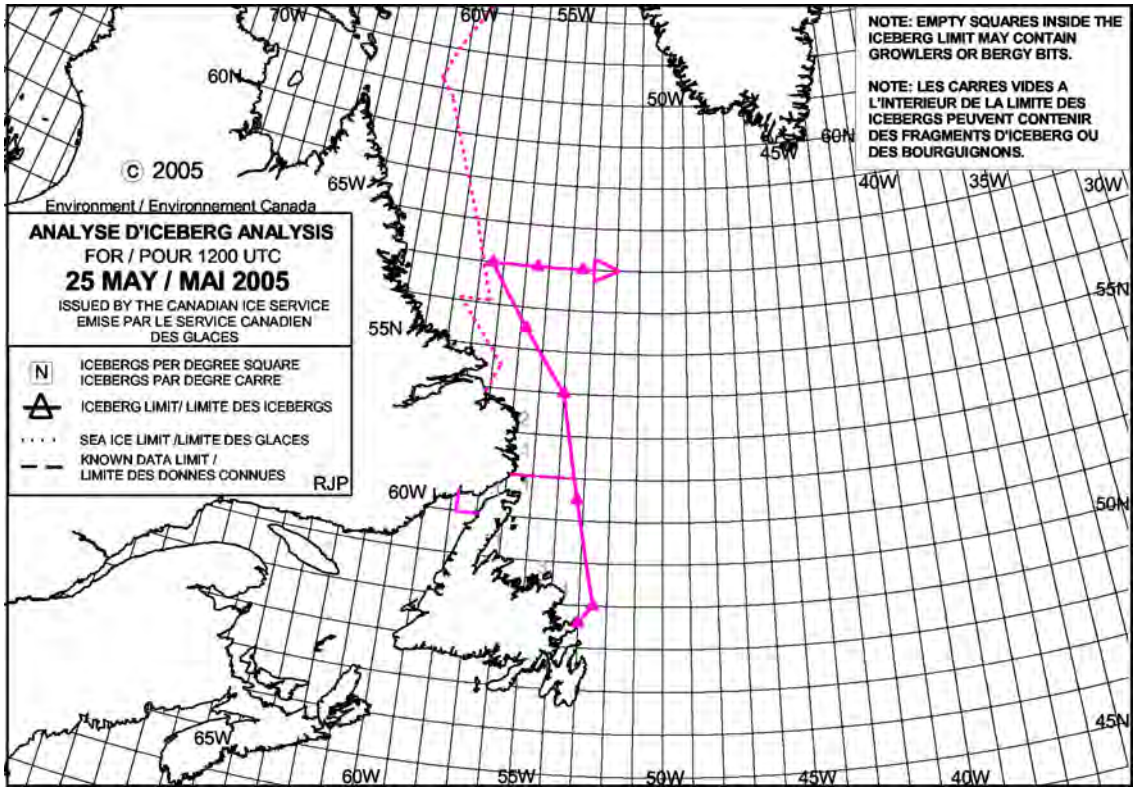
Les variations des moments d'affluence des icebergs reflètent des différences annuelles dans la vitesse de dérive vers le sud de la glace et des icebergs et dans le régime des vents. Les vents, ainsi que la position extracôtière et l'extension de la banquise, influencent fortement la vitesse de dérive des icebergs.

On doit noter que des conditions avec très peu d'icebergs (moins de 12) voire sans icebergs apparaissent sur 6 pour cent des 118 années d'enregistrements et sur 15 pour cent si l'on regarde uniquement les 20 dernières années au sud du 48°N. Les observations réalisées dans la même région au cours des deux dernières saisons glaciaires (2008-2009) sont retournées aux niveaux vus au début des années 90.



Source : National Centers for Environmental Prediction 2010

Figure 3-48 Graphiques d'anomalies des vecteurs vent de mars à mai



Source : Service canadien des glaces 2010

Figure 3-49 Cartes quotidiennes des icebergs à partir de mai 2005

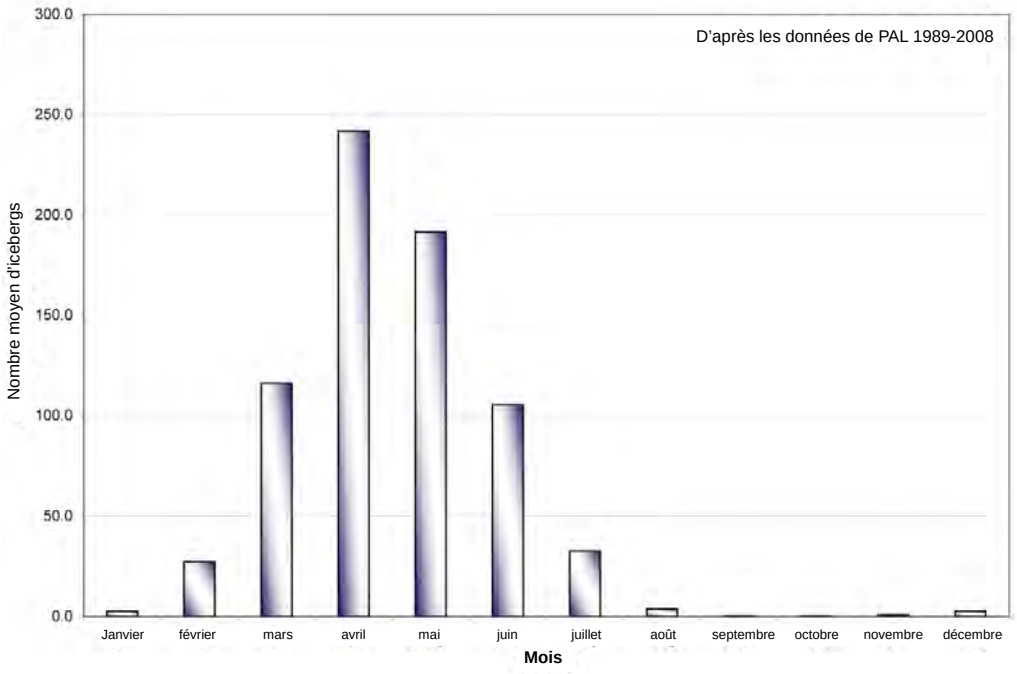


Figure 3-50 Nombre moyen d'icebergs au sud du 48°N par mois

Dérive

Au voisinage de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron, une zone généralement caractérisée par des concentrations faibles à modérées de glace de mer relativement fine, les icebergs tendent à se mouvoir indépendamment de la glace de mer, reflétant l'influence de courants plus profonds.

Les vitesses des icebergs et les directions de la dérive sur les Grands Bancs (figure 3-51) telles que mesurées sur des intervalles de temps d'une à trois heures dans les années 2000 à 2008 (PAL 2008), sont qualitativement semblables aux champs de vélocité moyenne de la glace de mer. Environ 65 pour cent des vitesses mesurées étaient inférieures à 30 km par jour et présentaient principalement une composante vers le sud, avec une dérive sud-est prédominante dans 19,5 pour cent des cas. Bien que peu d'icebergs se déplacent rapidement, ils peuvent encore poser un problème pour une plate-forme fixe, car la taille et la vitesse sont deux facteurs importants à considérer en lien avec les effets qu'un iceberg est susceptible de provoquer,. La gestion de ce type d'icebergs peut s'avérer plus difficile.

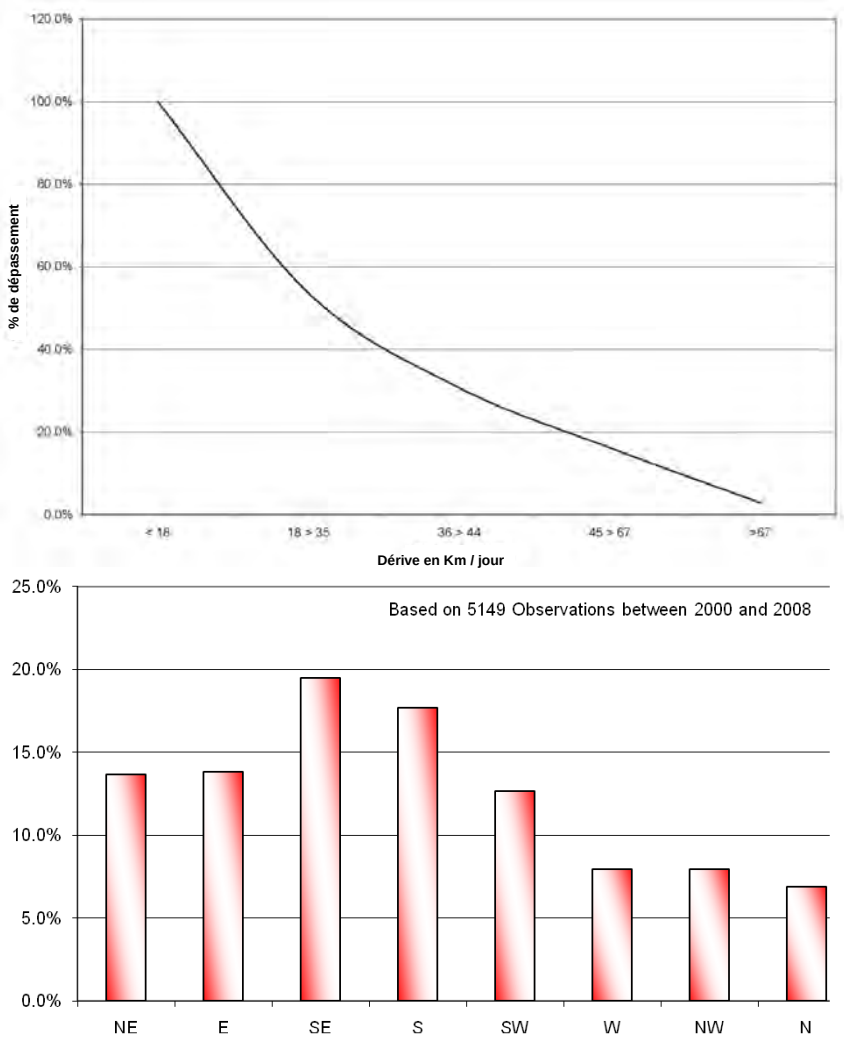


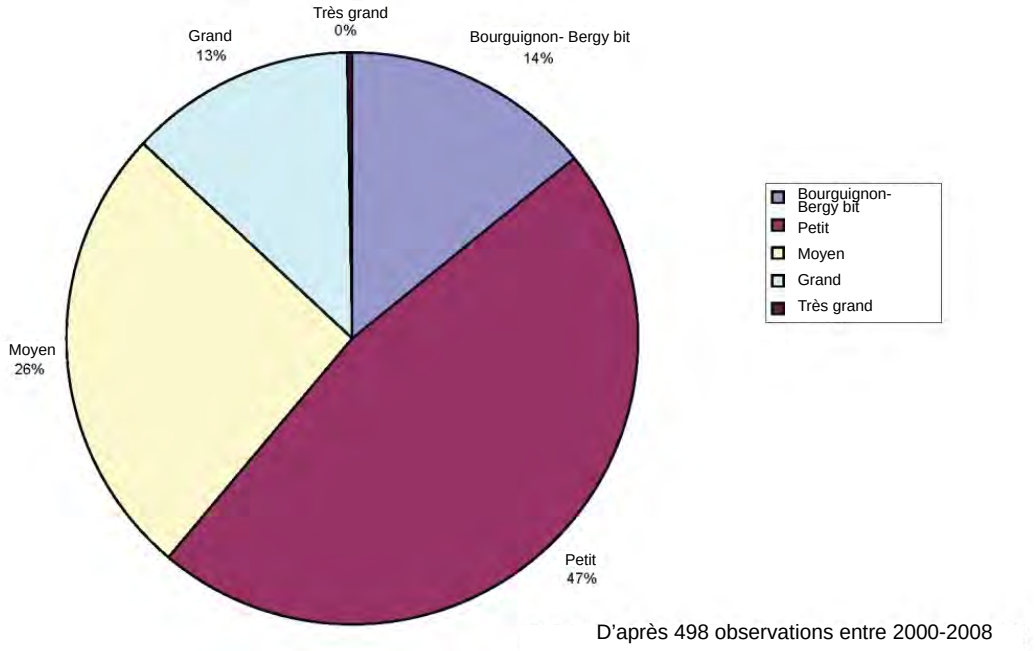
Figure 3-51 Dépassement de vitesse et distribution de la direction de la vitesse

Distributions de taille

Les icebergs sont classés par taille (telle que définie dans le tableau 3-21). Ces classifications générales de taille ont été utilisées pendant les 30 dernières années par tous les collecteurs de données sur les icebergs (PIG, SCG et PAL). Toutefois, la justesse des distributions de taille extraites des diverses bases de données est discutable, car l'essentiel des données se base sur des estimations visuelles et des critères de sélection non spécifiés.

Sur les huit dernières années, on a suivi et enregistré plus de 500 icebergs dans les rapports de saisons des glaces par les installations extracôtières des Grands Bancs. Ce jeu de données reflète de manière plus exacte la répartition sur l'emplacement de la plate-forme d'Hebron et ainsi constitue la base de l'analyse qui suit.

Les jeux de données montrent que la majorité (73 pour cent) des icebergs au sud du 48°N tombe dans les catégories de taille petite à moyenne comme illustré à la figure 3-52. Ces résultats sont comparables à ceux indiqués dans l'étude approfondie de White Rose (Husky Oil Ltd. 2000) et l'étude d'impact sur l'environnement de Terra Nova (Petro-Canada 1995).



Source : Provincial Aerospace Ltd. (PAL), 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008

Remarque: Un petit nombre des icebergs traqués (suivis) ne furent pas affectés d'une taille et furent donc laissés en dehors du graphe de distribution

Figure 3-52 Distribution de taille des icebergs basée sur 498 observations

3.2.4 Conditions géotechniques et géologiques

3.2.4.1 Stratigraphie régionale peu profonde

La zone extracôtière du projet Hebron est située dans le bassin de Jeanne d'Arc, un des bassins sédimentaires majeurs (mésozoïque) de la zone extracôtière de l'Est Canada.

Les Grands Bancs forment une série de bancs externes peu profonds séparés de la côte de Terre-Neuve par des bassins irréguliers de plate-forme interne (chenaux d'Avalon et de St. Pierre). Les Grands Bancs ont une superficie globale de 100 000 km^2. La zone extracôtière du projet Hebron est située sur la marge nord-est des Grands Bancs à une profondeur d'eau d'environ 93 m au plus. Le fond marin est en pente douce vers l'est-nord-est.

Une subdivision stratigraphique peu profonde a été développée sur la marge nord-est des Grands Bancs pour les 100 m supérieurs en se basant sur des profils géophysiques et des corrélations de sondages (Zawadski 1991; Taylor *et al.* 1993; Sonnichsen *et al.* 1994; Terraquest Associates 1995; Sonnichsen and Cumming 1996; Sonnichsen and King 2005). La différentiation de trois principales unités stratigraphiques a été principalement basée sur la reconnaissance de séquences progradantes bien définies de réflexions obliques de progradation (comprenant le « delta d'Hibernia ») et de séquences à faible pendage presque parallèles sus-jacentes et sous-jacentes (les séquences à réflexions parallèles supérieures et inférieures). Les séquences obliques de progradation ont été interprétées comme un delta alluvial proglaciaire ou, alternativement, des dépôts de débordements de levées d'âge tertiaire supérieur (king and Sonnichsen 2000). Les séquences d'aggradation sont associées aux phases transgressives (Zawadski 1991; Sonnichsen and Cumming 1996; Miller 1999; Sonnichsen and King 2005). La séquence à réflexions obliques de progradation (Unité 2, aussi connue sous le nom de « delta d'Hibernia ») affleure en subsurface sur une large bande au nord-ouest et sud-ouest d'Hibernia et s'amincit par un passage progressif des lits frontaux vers des lits de base à environ 7 km à l'ouest du champ de Terra Nova.

La séquence qui repose sur l'unité progradante a été appelée la « séquence à réflexions parallèles supérieure » (Unité 1) et est interprétée comme consistant de sables, silts et argiles marins interstratifiés. Les recherches de Sonnichsen and King (2005) indiquent que cette séquence comprend quatre sous-unités régionales limitées par des discontinuités (a à d). Ces sous-unités affleurent en subsurface en un motif de bandes étroites arquées vers l'est sous les fins dépôts superficiels à l'est d'Hibernia. Sous-jacente à l'unité progradante se trouve la « séquence à réflexions parallèles inférieure » (Unité 3), qui forme approximativement la base de l'intervalle stratigraphique peu profond, et qui est limitée à son sommet par une discordance angulaire distincte, localement incisée. Cette sous-unité affleure à l'ouest des champs d'Hibernia et de Terra Nova et s'enfonce vers l'est-nord-est.

Sédiments superficiels régionaux

La répartition des sédiments superficiels sur les Grands Bancs Nord Est a été bien étudiée au cours des dernières décennies, à la fois par des membres de la Commission Géologique du Canada - Atlantique et des entreprises géophysiques privées. A l'heure actuelle, l'opinion admise est que le sommet des Grands Bancs (tout ce qui se situe au-dessus de l'actuelle courbe bathymétrique de 110 m) était exposé à l'air libre pendant le Wisconsin récent (il y a environ 15 000 ans). Le niveau de la mer monta ultérieurement, les sédiments superficiels furent remaniés ce qui eut pour résultat un placage relativement fin (en moyenne de 1 à 3 m) de sable et de gravier qui recouvre la formation tertiaire tronquée de Banquereau (Fader and King 1981; Stoffyn-Egli *et al.* 1992; Sonnichsen and King 2005) ou les sédiments d'origine glaciaire là où ils existent. Il existe un dépôt résiduel de graviers et galets de surface de transgression, qui est surmonté par des venues d'ondulations sableuses discontinues. Ces sables superficiels et graviers résiduels de base sont classés comme les « sables et graviers des Grands Bancs » (Fader and Miller 1986). Les affouillements et dépressions creusées par les icebergs sont communs sur les marges et régions des Grands Bancs. Les affouillements observés à des profondeurs d'eau <110 m, tels que ceux dans la zone d'étude extracôtière d'Hebron, sont considérés s'être formés depuis l'exposition et la transgression du sommet des bancs (Fader and Miller 1986). On peut trouver des blocs au fond de la mer ou dans les sédiments peu profonds (Sonnichsen and King 2005).

Les zones plus profondes que 110 m à l'heure actuelle (du côté extérieur de la zone extracôtière du projet Hebron) ne furent pas exposées en milieu subaérien durant la dernière baisse du niveau de la mer mais équivalaient à un environnement marin peu profond. Les conditions étaient probablement très dynamiques, telles que l'attestent le remaniement côtier et la présence de volumes importants d'icebergs et de banquise. Ces zones reçurent des dépôts de sable (sable Adolphus) (Fader and Miller 1986) vanné de régions moins profondes pendant le remaniement transgressif. Le champ de White Rose est situé dans la zone du sable Adolphus.

3.2.4.2 Géologie peu profonde de la zone extracôtière du projet Hebron

Comme il en a été question, les sédiments superficiels au sommet des bancs sont constitués des sables et graviers des Grands Bancs (Fader and Miller 1986). L'emplacement proposé pour la plate-forme d'Hebron est situé près du milieu d'une grande barre sableuse. Un dépôt résiduel transgressif de graviers et galets (« le gravier des Grands Bancs ») sous-jacent aux sables forme le fond de la mer en l'absence des sables. Au-dessous des sables et graviers superficiels, la vraie stratigraphie peu profonde de la région (c'est-à dire moins de 15 m au-dessous du fond marin) est communément interprétée comme le reflet d'épisodes de la glaciation quaternaire ainsi que des variations relatives du niveau marin qui leur sont associées et à divers degrés de remaniement par les icebergs (Sonnichsen and King 2005).

Fugro Jacques GeoSurveys (2001a) passa en revue les études par ordinateur des données existantes géotechniques et de profileur sous-marin

de la zone du projet Hebron ainsi que l'expérience acquise pendant le dragage. On ne dispose que d'un nombre limité de données sous-marines à haute résolution. Les profils de dispositif de traction à grande profondeur Huntec (McGregor 1997) ont donné un aperçu sur les premiers 25 à 30 m de la colonne sédimentaire, mettant en évidence un réflecteur discontinu à 10-15 m de profondeur et de temps en temps des chenaux enfouis. Ceci est assez en accord avec les autres interprétations stratigraphiques fournies par la géophysique et généralement confirmé par les données géotechniques de la région.

Fugro Jacques GeoSurveys (2001b) a prédit que les sables non consolidés superficiels (désignés comme Strate I; sable des Grands Bancs) auraient une épaisseur de 0,5 à 2 m, en association avec la barre de sable. Les sédiments sous-jacents (désignés comme Strate II), à des profondeurs de 12 à 20 m au-dessous du fond marin, furent prédits être d'une nature très variable reflétant les influences de l'érosion glaciaire, de la sédimentation, de la compaction, de l'exposition subaérienne et des modifications diagénétiques. On envisagea l'existence possible de blocs et d'horizons cimentés (surfaces durcies). On anticipa que les sables présents seraient compacts à très compacts à proportions variables de silts, argiles et graviers et occasionnellement à galets et blocs. On signala l'éventuelle existence de chenaux peu profonds. La sismostratigraphie régionale (Fugro Jacques Geosurveys 2001c) en déduisit que les sédiments au-dessous des dépôts superficiels, séquence apparemment très variable, étaient constitués des silts et argiles marins interstratifiés de la « séquence à réflexions parallèles supérieure » tertiaire (Strate III) et des unités sous-jacentes (séquence à réflexions obliques de progradation, séquence à réflexions parallèles inférieure).

Les activités précédentes d'exploration et de développement à Terra Nova et White Rose ont documenté l'existence d'une couche discontinue et cimentée de « surface durcie » dans les strates peu profondes des Grands Bancs à des profondeurs d'eau semblables à celles de la zone du projet Hebron (Sonnichsen *et al.* 1994; Hewitt 1999). La reconnaissance de la cartographie de ce phénomène se sont avérées difficiles, en grande partie à cause de l'incapacité des outils classiques de reconnaissance géophysique à pénétrer le fond marin durci acoustiquement (et physiquement). On pense que la création de ce niveau induré est liée aux effets de la diagenèse pendant un épisode ou plus d'exposition subaérienne (Coniglio 1996; King and Sonnichsen 2000). On n'est pas certain de l'extension de ce phénomène aux seules zones affectées par le dernier épisode de bas niveau marin (c'est-à-dire les zones au-dessus de la profondeur d'eau actuelle de 110 m) et des manifestations locales peuvent être observées à des profondeurs d'eau actuelles allant jusqu'à 160 m (King and Sonnichsen 2000).

On en conclut que la stratigraphie peu profonde à l'emplacement de la plate-forme d'Hebron serait semblable à celle de Terra Nova, comme l'attestent les données limitées de profileur sous-marin, les données géotechniques, les profondeurs d'eau semblables et la proximité des sites.

En termes d'autres contraintes de développement, on n'a pas identifié de failles peu profondes pénétrant la tranche stratigraphique peu profonde au voisinage de la zone du projet Hebron. On n'a pas reconnu de poches éventuelles de gaz peu profond dans les premiers 100 m ou plus de la colonne sédimentaire (McGregor and Fugro Jacques GeoSurveys 1998; Sonnichsen and King 2005). Comme on l'a signalé ci-dessus, on peut trouver des blocs sur le fond marin ou au-dessous du fond à des profondeurs éventuelles de quelques dizaines de mètres (Sonnichsen and King 2005). Comme on l'a remarqué et comme cela a été prouvé sur les profils sismiques, il est probable que l'on trouve des chenaux peu profonds dans la zone du projet Hebron.

Comparaison avec les données géotechniques

On estime probable que les sables fins mal classés de la Strate I fassent partie de la barre sableuse superficielle sur laquelle la plate-forme d'Hebron sera située. Cette structure s'est avérée (en se basant sur la topographie relative du fond marin) être de l'ordre de 1 à 2 m d'épaisseur (McGregor and Fugro Jacques Geosurveys 1998; Fugro Jacques Geosurveys 2001c). Ces sables seraient équivalents de la composante sableuse du sable et gravier des Grands Bancs.

Les sédiments grossiers de la Strate II sont probablement semblables aux intervalles grossiers peu profonds observés à Terra Nova (Newfoundland Geosciences Limited 1988; Jacques McLelland Geosciences Inc. 1997a, 1997b; Hewitt 1999) ainsi que dans d'autres sondages pétroliers dans la région (par exemple Sonnichsen and King 2005). Ces sédiments peuvent bien être équivalents au dépôt glaciaire des Grands Bancs, une nappe de moraine de fond (ou diamicton). Le dépôt glaciaire des Grands Bancs (là où il fut auparavant interprété comme présent (Sonnichsen and King 2005)) a été interprété comme sur-consolidé, peut-être en relation avec la charge de glace. Les affouillements d'icebergs formés dans des conditions marines peuvent être préservés à la surface des dépôts glaciaires des Grands Bancs (par exemple à White Rose). Comme on l'a remarqué dans les données Huntec 1997 (McGregor 1997; Fugro Jacques Geosurveys 2001b), on peut trouver des chenaux près de la surface.

Il est tout-à-fait probable que le sable compact (Strate II) des dépôts glaciaires des Grands Bancs nappe le sommet incisé par les glaciers et/ou découpé de chenaux des sédiments marins de la formation Banquereau (Strate III et inférieurs). Ces sédiments seraient équivalents de la « séquence à réflexions parallèles supérieure » à pendage doux au sein de la formation Banquereau (par exemple Sonnichsen *et al.* 1994; Terraquest Associates 1995; Sonnichsen and Cumming 1996; King and Sonnichsen 2000; Sonnichsen and King 2005).

3.2.4.3 Géologie superficielle de la zone extracôtière du projet

La répartition des dépôts superficiels au nord-est des Grands Bancs est montrée à la figure 3-53 (King *et al.* 2001). Cette carte reflète les levés cartographiques régionaux de la Commission Géologique du Canada et aussi

des études d'implantation et de développement de puits de pétrole et de gaz. Comme on l'a démontré, les projets d'Hibernia, de Terra Nova et d'Hebron sont tous situés au sommet du banc, dans les zones du sable et gravier des Grands Bancs (Fader and Miller 1986). Comme précédemment décrit, le gravier des Grands Bancs est un dépôt résiduel, qui reflète l'enlèvement des sédiments fins par les processus sédimentaires transgressifs au fur et à mesure que le niveau marin s'élève. Le sable des Grands Bancs sus-jacent se présente comme des barres sableuses de grande échelle et, à petite échelle, de dunes sous-marines sableuses, rubans sableux et mégarides traduisant à la fois des processus sédimentaires reliques et, à un moindre degré, modernes (Sonnichsen *et al.* 1994) au sommet du dépôt résiduel de base. La zone d'étude extracôtière d'Hebron est dominée par de grands corps sableux (barres) d'orientation prédominante nord-sud et intercalées d'importantes aires de dépôts de gravier. Les flancs des barres sableuses montrent des formes sédimentaires secondaires de taille variée (rides à dunes sableuses). Les flancs est des dunes sableuses (et des barres) sont plutôt bien définis et abrupts, tandis que les flancs ouest sont diffus (figure 3-54). Cela peut suggérer une mobilité progressive vers le sud-ouest, bien que les reconnaissances répétées aient suggéré que les formes sédimentaires étaient très stables au cours des périodes d'observation.

Le fond marin près de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron est relativement plat (à légère pente vers le sud-sud-ouest). Des dépressions de figures sédimentaires apparaissent au nord-est. Les vidéos du fond marin et les échantillons de sédiments indiquent que le fond marin dans la zone de la plate-forme d'Hebron est principalement constitué de sables fins à moyens sans figures sédimentaires. Les venues de sédiments plus grossiers (probablement des graviers et des galets) sont situées au sud-ouest de la zone définie ainsi qu'au nord-est (associées aux dépressions des formes sédimentaires) (McGregor and Fugro Jacques GeoSurveys 1998). Aucune cible de pointé (par exemple des éventuels blocs) n'a été remarquée dans la zone proposée de la plate-forme d'Hebron.

Les reconnaissances d'implantation sur la zone extracôtière plus étendue du projet Hebron (McGregor 1997; McGregor and Fugro Jacques GeoSurveys 1998) identifièrent occasionnellement des cibles de pointé sonar, interprétées comme des blocs de 1 à 2 m de diamètre. On remarqua que ces derniers apparaissaient de préférence dans les aires de fond marin grossier plutôt que sur les barres sableuses relativement sans figures. Des blocs furent également signalés dans la région par Fader and Miller (1986) et Sonnichsen et al. (1994). De plus, une série de dépressions peu profondes et à fond plat d'origine inconnue ont été signalées (McGregor and Fugro Jacques GeoSurveys 1998), principalement dans les zones du gravier des Grands Bancs. Aucune figure de ce type n'a été observée dans les zones de sable comme dans la zone actuelle du projet Hebron.

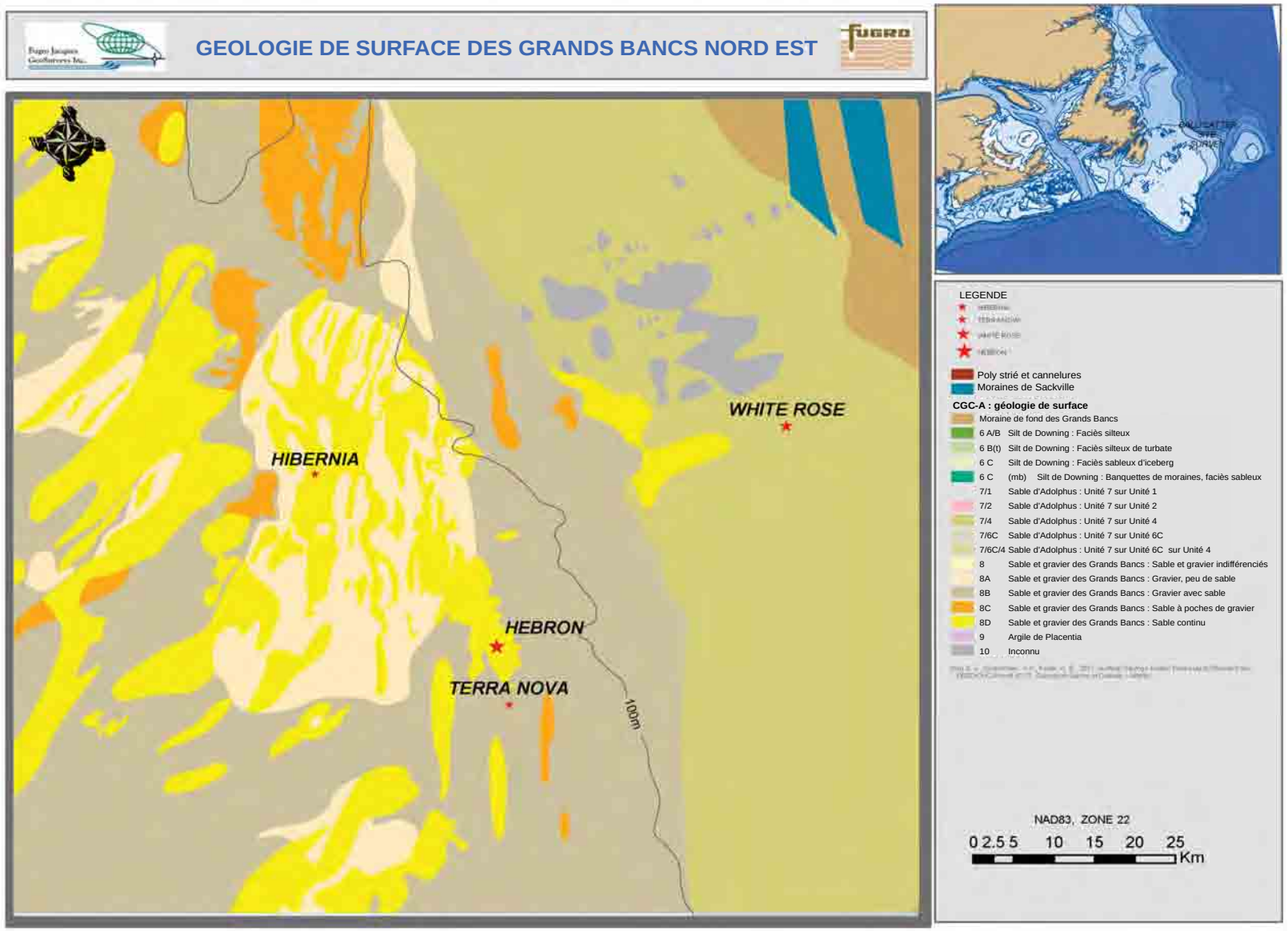


Figure 3-53 Géologie superficielle d'Hebron d'après la Commission Géologique du Canada (Atlantique)

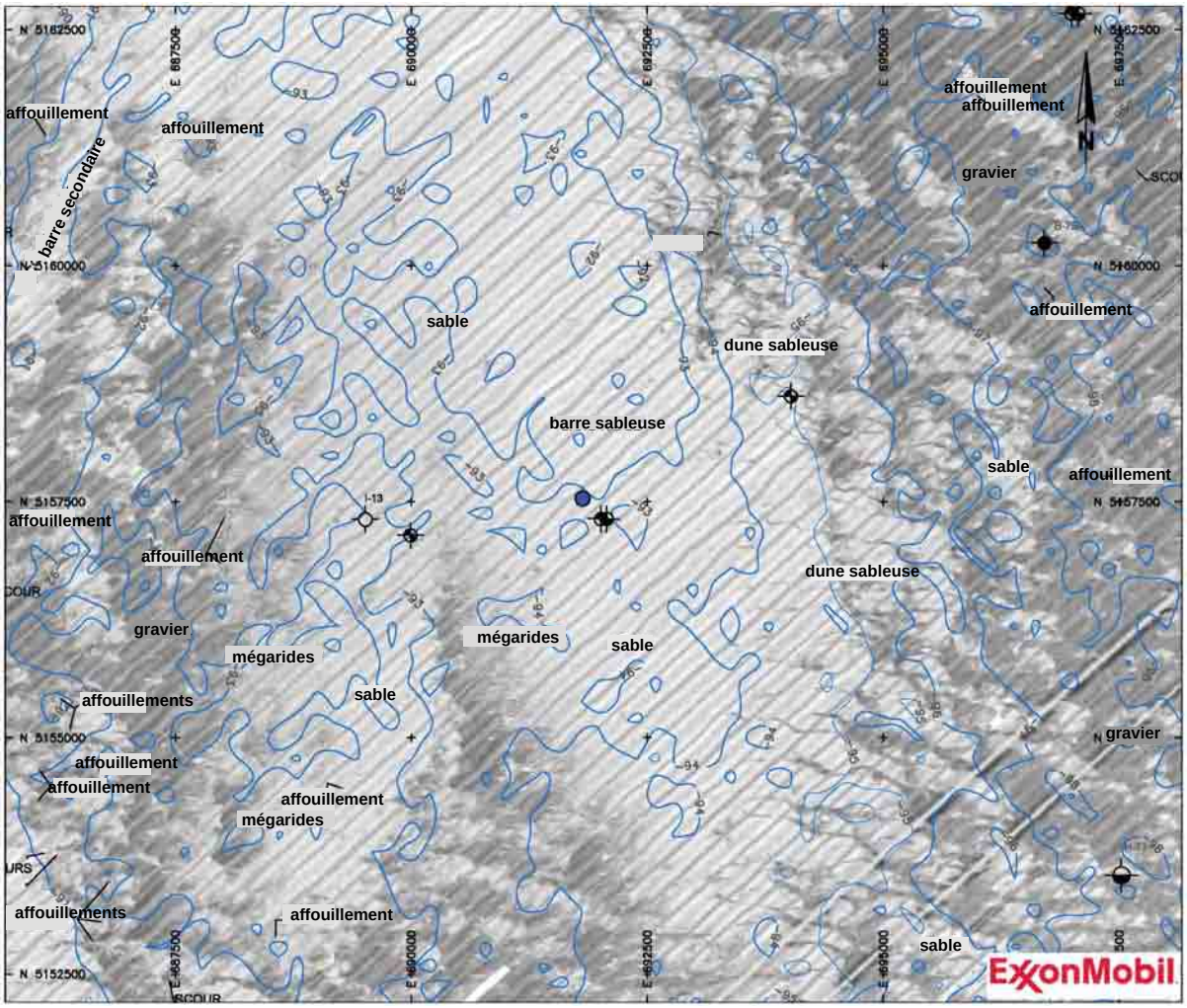


Figure 3-54 Mosaïque de sonar à balayage latéral d'Hebron

3.2.4.4 Données géotechniques provenant de l'emplacement de la plate-forme d'Hebron

En 2005, Fugro Jacques GeoSurveys conduisit une étude géotechnique extensive dans la zone proposée du projet Hebron (Fugro Jacques GeoSurveys 2005). De multiples sondages d'essais et d'échantillonnages de pénétration au cône ainsi que d'essais de pénétration au cône uniquement furent effectués à l'emplacement proposé de la plate-forme d'Hebron. Quelques sondages rencontrèrent un refus à cause des supposés blocs, galets et graviers et eurent à forer de nouveau à côté. Les sédiments superficiels et peu profonds rencontrés sont globalement les suivants:

- Strate I: 0 à 2 m - SABLE meuble à compact à fragments coquilliers
- Strate II: 0 à 8 m – SABLE très compact, gravier et galets passant à SABLE passant à SABLE avec silt
- Strate III: 3 à 10 m – ARGILE très rigide à dure passant à SABLE argileux
- Strate IV: 8 à 12 m – SABLE compact et SABLE argileux
- Strate V: 12 à 20 m - ARGILE très rigide à dure passant à ARGILE sableuse

La variabilité des profondeurs auxquelles chaque strate a été rencontrée est illustrée par le chevauchement des profondeurs des sommets et bases de chaque strate. Cette variabilité est démontrée plus loin par des exemples lorsque l'on comprend que ces variations ont été observées dans un rayon de 65 m.

Trois jeux de sondages furent acquis en 2005 aux emplacements éventuels des piles d'amarrage. Les sédiments superficiels et peu profonds traversés pour chaque jeu sont globalement les suivants (Fugro Jacques Geosurveys 2005):

Pile d'amarrage 1 & 1a

- Strate I: 0 à 0,4 m – SABLE meuble à moyennement compact
- Strate II: 0 à 5,4 m – SABLE graveleux compact avec galets
- Strate III: 3,9 à 11,5 m – ARGILE très rigide interstratifiée avec ARGILE sableuse dure
- Strate IV: 11 à 14,3 m – SABLE argileux moyennement compact à compact interstratifié avec ARGILE très rigide
- Strate V: 14 à 22,7 m – ARGILE très rigide à dure

Pile d'amarrage 2 & 2a

- Strate I: 0 à 1,1 m - SABLE meuble à compact
- Strate II: 0 à 7,7 m – SABLE compact à très compact avec graviers passant à SABLE graveleux à galets
- Strate III: 7,2 à 9,7 m – ARGILE très rigide passant à ARGILE sableuse
- Strate IV: 9,5 à 13 m - ARGILE très rigide interstratifiée avec SABLE moyennement compact à compact passant à SABLE argileux
- Strate V: 13 à 20,3 m - ARGILE très rigide à dure passant à ARGILE avec sable

Pile d'amarrage 3 & 3a

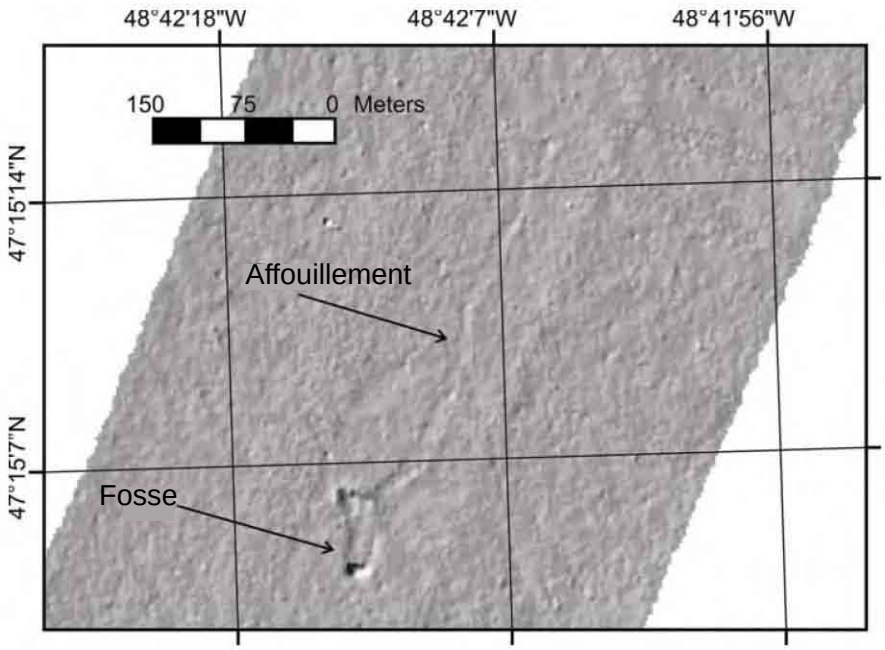
- Strate I: 0 à 0,5 m - SABLE meuble à compact
- Strate II: 0 à 4,1 m - SABLE très compact graveleux à galets passant à SABLE argileux
- Strate III: 2,8 à 8 m - ARGILE très rigide et ARGILE sableuse
- Strate IV: 7,4 à 12 m – SABLE argileux moyennement compact à compact interstratifié avec ARGILE très rigide
- Strate V: 11 à 19,2 m - ARGILE très rigide à dure

3.2.4.5 Entraves d'origine humaine

D'après les informations que détiennent les forces maritimes de l'Atlantique également connues sous le nom de FMAR[A], il n'y a pas d'inquiétude à avoir concernant des épaves ou des munitions non explosées dans cette zone.

3.2.5 Données sur l'affouillement par la glace dans la zone d'étude extracôtière d'Hebron

Les icebergs dont le tirant d'eau excède la profondeur de l'eau raclent le plancher marin, créant des gouges et fosses continues ou interrompues et peuvent finalement s'échouer au fond de la mer. Ces phénomènes sont connus comme « affouillements d'icebergs ». Un affouillement d'iceberg est généralement composé d'un sillon linéaire avec une dépression flanquée de murs latéraux. Occasionnellement, le sillon se termine en fosse semi-circulaire (figure 3-55) qui se forme lorsque l'iceberg qui affouille s'arrête de dériver et reste stationnaire. Les fosses sur les Grands Bancs sont plus profondes et plus larges que les sillons et possèdent généralement des murs latéraux plus hauts.



Source: Sonnichsen and King 2005

Figure 3-55 Image en relief ombré des données bathymétriques multifaisceaux de l'affouillement 00-18

Le fond marin des Grands Bancs, au voisinage du site d'Hebron, est régulièrement soumis aux contacts d'icebergs à la dérive. Une moyenne (quoique très variable) de 400 icebergs par an atteint les Grands Bancs (Sonnichsen et King 2005). Les données de bathymétrie par sonar à balayage latéral et multifaisceaux prises du sommet des bancs indiquent de fréquents affouillements linéaires par la glace (ou sillons) causés par des icebergs échoués (figure 3-55). De plus, les icebergs peuvent produire de grandes fosses semi-circulaires par vélage ou roulage ou encore en restant à la même place pendant une longue période (Lewis et Blasco 1990; Parrott *et al.* 1990).

Quoique l'on ne connaisse que partiellement les détails des processus d'affouillement, ils dépendent certainement des facteurs suivants:

- La forme et la composition du plancher marin

- La forme et la stabilité de l'iceberg
- La puissance des vecteurs de forces du courant, du vent et de la glace de mer agissant sur l'iceberg

On a observé des affouillements jusqu'à environ 200 m de profondeur d'eau sur les Grands Bancs Nord Est. Les mesures de tirant d'eau des icebergs collectées à ce jour, quoique limitées, appuient également cette observation.

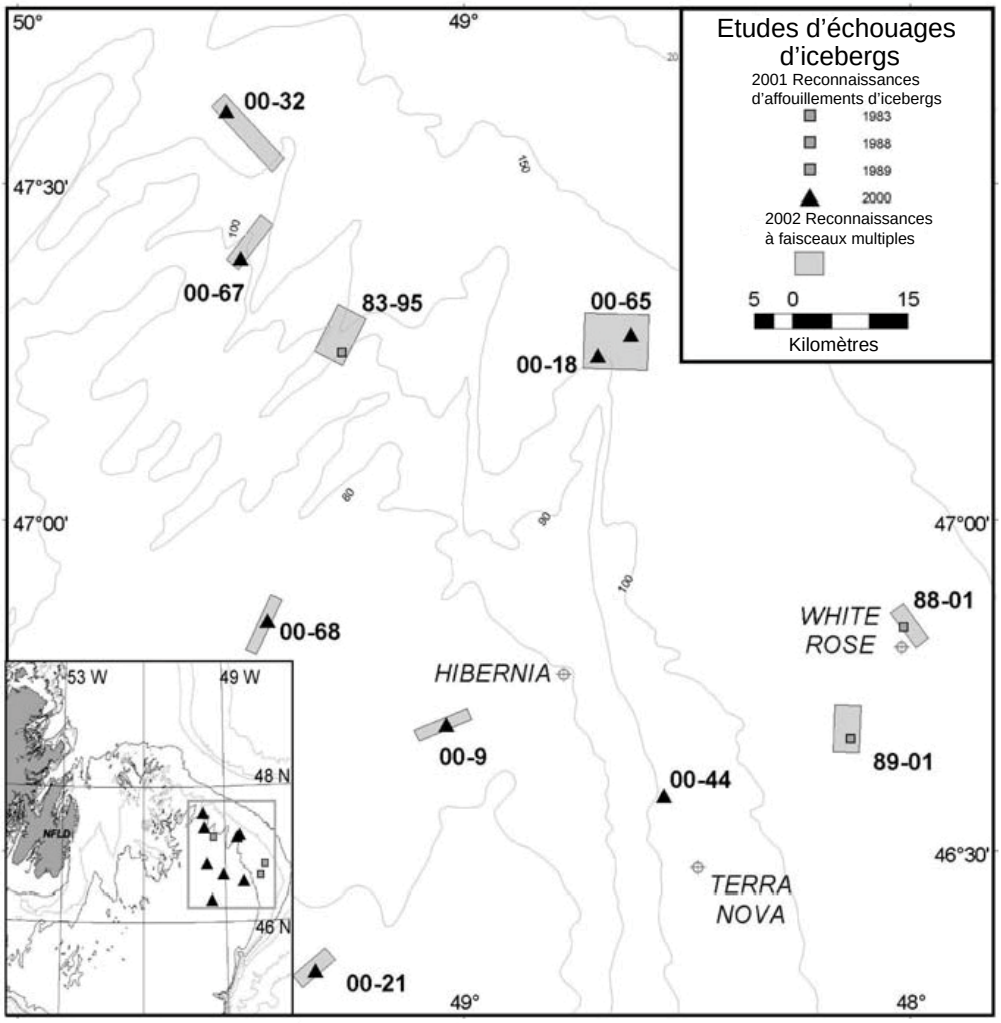
On a étudié les dimensions et la fréquence d'existence d'affouillements d'icebergs afin d'évaluer la probabilité qu'un iceberg puisse affecter les installations de production de pétrole sur le plancher marin et en-deçà. Les profondeurs d'affouillements et les probabilités ont été estimées en utilisant diverses techniques et un mélange variable de données, comprenant:

- Les taux de sédimentation
- Le nombre d'icebergs, leur tirant d'eau, leur vélocité et leur densité
- L'âge des affouillements existants

Des études récentes utilisant des données de reconnaissances sismiques à haute résolution avec sonar à balayage latéral et véhicules télécommandés (VT) ont documenté les affouillements d'icebergs d'échouages d'icebergs connus (figure 3-55) depuis 2000 et mis à jour les affouillements précédemment documentés. Ces études ont apporté une meilleure compréhension des affouillements sur les Grands Bancs Nord Est et ont confirmé les estimations passées des statistiques sur les moyennes d'affouillements.

Des affouillements d'icebergs reliques du fond marin ont été observés à 650 m au-dessous du niveau de la mer au large des Grands Bancs (Sonnichsen et King 2005). Des affouillements par iceberg contemporains du fond marin ont été documentés jusqu'à 127 m (Sonnichsen et al. 2005), mais en fonction des tirants d'eau des icebergs mesurés, l'affouillement par iceberg est prévu se produire à des profondeurs de plus de 200 m, voire à 230 m. Toutefois, la bathymétrie joue un rôle dans la taille des icebergs susceptibles d'atteindre un site particulier, car le tirant d'eau ne pourra guère dépasser la profondeur d'eau. À Hebron, la profondeur d'eau est d'environ 90 à 95 m. De même, la présence de régions peu profondes « amont » peut aboutir à une bathymétrie protectrice (Lewis et Blasco 1990; Sonnichsen et King 2005). De plus, l'utilisation de techniques de gestion de la glace à l'échelle d'une région (comme le bassin de Jeanne d'Arc) résulte en une diminution des contacts avec les icebergs. Une carte de localisation des icebergs échoués dans les Grands Bancs de Terre-Neuve et de ses environs est fournie à la figure 3-56.

Sonnichsen and King (2005) rapportent que pour les Grands Bancs Nord Est (qui incluent la zone du projet Hebron), la profondeur maximum des sillons est de 1,5 m, tandis que l'on a enregistré des fosses de profondeur allant jusqu'à 9 m. D'autres statistiques sur les affouillements donnaient une profondeur moyenne d'affouillements de 0,4 m, une profondeur moyenne de fosses de 1,8 m et une longueur moyenne d'affouillements de 829 m et une largeur moyenne d'affouillement de 22 m.

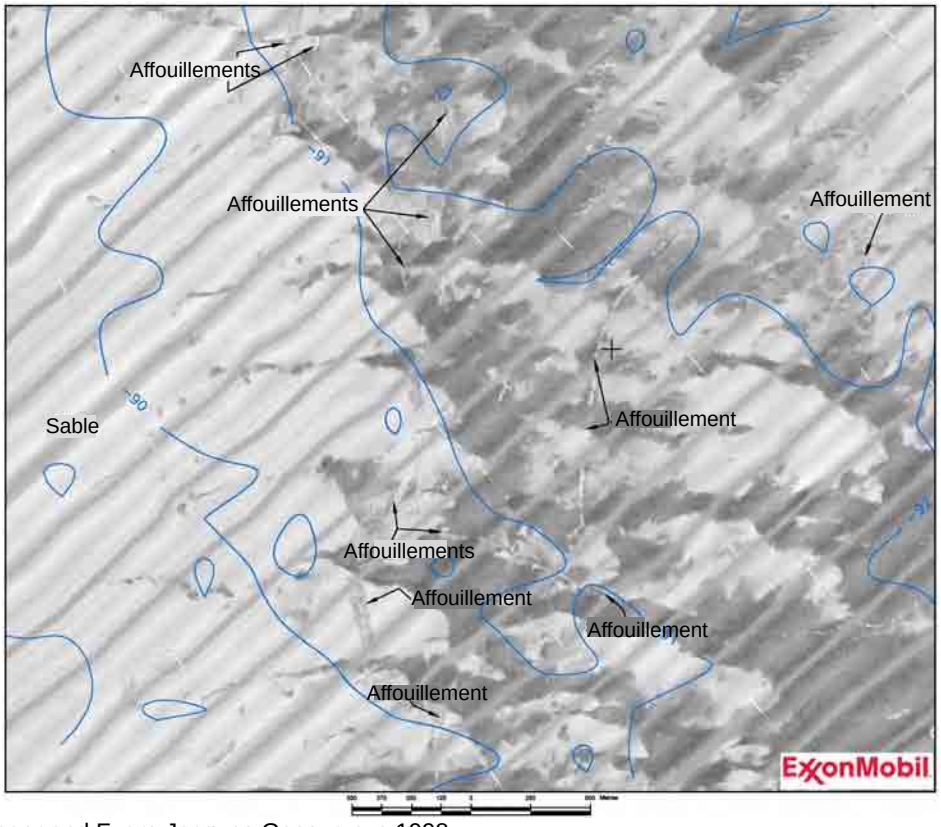


Source: Sonnichsen and King 2005

Figure 3-56 Plan de situation d'échouages d'icebergs sur les Grands Bancs de Terre-Neuve et zones

Selon les enregistrements de Provincial Aerospace ltd. (PAL) et de la Patrouille internationale des glaces (IIP), de 0 à 2,202 icebergs atteignent les Grands Bancs chaque année. La bathymétrie protectrice limite le nombre d'icebergs pouvant traverser la région du sommet des bancs et entrer dans la région d'Hebron. Les données de bathymétrie par sonar à balayage latéral et faisceaux multiples, prises du sommet des bancs, indiquent de fréquents affouillements linéaires par la glace (ou sillons) causés par des icebergs échoués. De plus, les icebergs peuvent produire de grandes fosses semi-circulaires par vêlage ou roulage ou encore en restant à la même place pendant une longue période (Lewis and Blasco 1990; Parrott *et al.* 1990). Les affouillements cartographiés (au sonar à balayage latéral) dans la zone du projet Hebron sont indiqués à la figure 3-55. Certains des affouillements évidents sont remplis de sable et sont vraisemblablement anciens (bien qu'établir un âge absolu des figures d'affouillement par la glace soit difficile). Voir ci-dessous la prédiction des fréquences d'affouillements par la glace.

Tel que mentionné, les sédiments superficiels dans la région d'Hebron sont composés de sables et de graviers des Grands Bancs (Fader et Miller 1986; Sonnichsen et King 2005). Les graviers sont un dépôt résiduel, témoignant de l'enlèvement des sédiments fins par des processus sédimentaires transgressifs. Les sables forment souvent à grande échelle des barres sableuses et, à petite échelle, des dunes sous-marines sableuses, rubans sableux et mégarides traduisant à la fois des processus sédimentaires reliques et, à un moindre degré, modernes (Sonnichsen et al. 1994). La surface dure « blindée » de gravier et de galets sur le fond marin ou à proximité sert à limiter la profondeur d'affouillement par la glace dans la région du sommet des bancs. Les sillons linéaires sont plus apparents dans les zones sableuses où ils sont généralement plus profonds ou dans les zones de substrat de gravier, où un remplissage par sable a lieu (souvent seulement en fonction du contraste de textures). Les affouillements cartographiés (au sonar à balayage latéral) dans la zone du projet Hebron sont présentés à la figure 3-57.



Source: McGregor and Fugro Jacques Geosurveys 1998

Figure 3-57 Affouillements d'icebergs dans la zone d'étude extracôtière d'Hebron

Il a été noté (C-CORE 2001) que la moyenne de la profondeur d'affouillement (depuis le fond marin original jusqu'à la base de l'incision), applicable aux caractéristiques d'affouillement linéaire, était de 0,44 m (avec un écart type de 0,43 m). Tel que mentionné, ce résultat est basé sur une quantité réduite d'informations disponibles (492 affouillement par traversées). Sonnichsen et King (2005) examinèrent un sous-ensemble de données différentes et établirent une profondeur moyenne d'affouillement (linéaire) de 0,4 m. Fugro

Jacques GeoSurveys (2004) examina 1 557 affouillements cartographiés par multifaisceaux, au nord d'Hebron, et remarqua que les profondeurs d'affouillement types étaient inférieures à 0,5 m. La profondeur de fosse à été évaluée par C-CORE (2001) à 1,2 m (la profondeur maximale indiquée était de 7 m). Sonnichsen et King ont signalé une profondeur moyenne de 1,8 m. Par ailleurs, une fosse d'une profondeur de 9,3 m a été signalée dans la région (Fugro Jacques GeoSurveys 2004).

La largeur des affouillements (mesurée d'une crête de mur latéral à l'autre) est fonction de la profondeur de l'eau (les plus grands icebergs étant capables de pénétrer plus profondément dans l'eau) (C-CORE 2001). Dans la zone du projet Hebron, la largeur moyenne des affouillements est de 22,8 m, avec un écart-type de 14,5 m. La largeur maximale d'affouillements observée est de 118 m. La taille moyenne des fosses est de 60 m (C-CORE 2001). Dans la région plus étendue de Jeanne d'Arc, Sonnichsen et King (2005) rapportèrent une largeur moyenne de 22 m et un maximum de 157 m. La largeur moyenne des fosses relevée était de 50 m.

Les longueurs des affouillements telles qu'enregistrées dans les bases de données sont fortement dépendantes du dispositif utilisé pour la cartographie et de l'imagerie complète ou non le long d'un sillon linéaire individuel. Sonnichsen et King (2005) examinèrent les affouillements sur des mosaïques de grande surface et déterminèrent une longueur moyenne de 829 m.

On a remarqué que l'orientation dominante des affouillements était du nord au sud à nord-est à sud-ouest (Sonnichsen and King 2005). D'après les directions actuelles, il est généralement admis que la plupart des affouillements suivent une trajectoire à tendance vers le sud. C-CORE (2001) présenta un diagramme en rose illustrant l'orientation des affouillements.

Le paramètre de densité des affouillements peut être calculé pour une région donnée ayant une couverture suffisante. Globalement, la densité moyenne rapportée d'affouillements pour des profondeurs d'eau de 90 à100 m sur les Grands Bancs est de 1,17 affouillements par kilomètre carré (Croasdale and Associates 2000; Sonnichsen and King 2005). C-CORE (2001) rapporte une densité d'affouillements de 0,9 à 1,08 affouillements par kilomètre carré pour la zone du projet Hebron, en se basant largement sur la mosaïque de grande étendue de sonar à balayage latéral acquise pour Chevron Canada Resources (McGregor and Fugro Jacques Geosurveys 1998).Toutefois, un paramètre peut-être plus important est celui de la fréquence d'affouillements déduite. Des estimations de l'ordre de 4×10^{-4} affouillements par kilomètre carré et par année ont été avancées pour la région de Jeanne d'Arc et elles paraissent raisonnables (Lewis and Parrott 1987; Croasdale and Associates 2000; Sonnichsen and King 2005). C-CORE (2001) nota que cette estimation ne reflète peut-être pas les fluctuations à court terme (à l'échelle d'une décennie ou davantage).

3.2.6 Changement du climat

3.2.6.1 Montée du niveau de la mer

Il est généralement accepté que le niveau global de la mer s'élèvera dans un monde qui se réchauffe. Ce paragraphe traite d'une partie de la littérature sur le sujet et des changements possibles qui pourraient se produire sur les Grands Bancs.

Kolker et Hameed (2007) examinèrent les facteurs météorologiques moteurs des tendances à long terme de la montée globale du niveau marin. Ils trouvèrent que les indices atmosphériques comme l'oscillation nord-atlantique expliquent une grande partie de la variabilité et de la tendance au niveau de cinq marégraphes dans l'Océan Atlantique depuis 1900. Kolker et Hameed (2007) déclarent que ce *« débat s'est centré sur la relative contribution des flux d'eau douce, l'expansion thermique et les anomalies dans la rotation de la Terre ».* Ils ont aussi noté que la variabilité locale du niveau moyen de la mer d'une année à l'autre est d'un ordre de grandeur d'une fois ou deux supérieur à la tendance à long terme, la cause de cette variabilité étant inconnue. Quand ils eurent soustrait de leur analyse de la montée sur le long terme les facteurs tels que celui de l'ONA, ils trouvèrent que la montée « résiduelle » du niveau marin était entre 0,49 ± 0,25 mm par an et 0,93 ± 0,39 mm par an. Cette montée résiduelle pourrait être due à l'augmentation globale des températures (Kolker and Hameed, 2007).

En 2007, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) nota que le « niveau moyen global de la mer s'éleva à un taux moyen de 1,8 (1,3 à 2,3) mm par an de 1961 à 2003. Le taux était plus rapide de 1993 à 2003: approximativement de 3,1 (2,4 à 3,8) mm par an. On n'est pas certain que le taux plus rapide de 1993 à 2003 reflète une variabilité décennale ou une augmentation de la tendance à long terme ». Le GIEC prédit une augmentation mondiale de 18 à 58 cm d'ici à 2100.

Une étude réalisée par Hu *et al.* (2009) trouva que des taux modérés à élevés de fonte des glaces du Groenland pourraient causer une montée du niveau de la mer au large de la côte nord-est de l'Amérique du Nord de 30 à 51 cm de plus que dans les autres zones côtières. Ils trouvèrent également que les océans ne s'élèveront pas uniformément avec le réchauffement de la terre car la dynamique océanique pousserait l'eau dans des directions différentes (Hu *et al.* 2009).

Plus récemment, Vermeer et Rahmstorf (2009) ont utilisé un modèle semi-empirique pour estimer l'élévation du niveau de la mer au cours du prochain siècle en se basant sur les scénarios d'émission de l'évaluation 2007 IPCC. Ils ont établi une relation entre l'historique de la température du globe et de l'élévation du niveau de la mer, et ont utilisé cette relation pour obtenir des projections révisées du niveau de la mer. Cette méthode semi-empirique tient implicitement compte des effets de la récente fonte glaciaire rapide, et diffère des méthodes physiques plus explicites et généralement plus complexes, mais qui sont limitées par les processus physiques comme la fonte glaciaire qui ne sont pas encore pleinement compris. D'après

Rahmstorf (2010), ces nouveaux résultats ont obtenu une large reconnaissance dans la communauté scientifique.

Les scientifiques se montrent généralement prudents en matière de prédictions sur le changement du niveau de la mer, en partie, parce que la dynamique de la nappe glaciaire est complexe et qu'elle n'est pas bien comprise. De plus, certaines études indiquent que la variabilité inter-annuelle du niveau de la mer pourrait être partiellement imputable à des états atmosphériques à long terme, tels que l'oscillation nord-atlantique. Selon les études mentionnées ci-dessus, les évaluations de la hausse du niveau des mers du globe au cours des 100 prochaines années, attribuables uniquement au réchauffement climatique, oscillent entre 5 cm et 190 cm.

Toutefois, pour la période comprise entre 2010 et 2050, l'estimation moyenne de l'élévation totale prévue est de 45 cm avec une limite supérieure d'environ 70 cm (basée sur un taux de 1,7 cm par an selon Vermeer et Rahmstorf (2009).

La base de conception pour calculer les charges imputables à une profondeur d'eau accrue, résultant de l'élévation du niveau de la mer et du mouvement des vagues, est prise en compte dans les facteurs de sécurité servant à déterminer la hauteur minimale du pont et des crêtes de vagues. Une évaluation de la charge à admettre sur la plate-forme Hebron, en fonction des conditions météorologiques et océaniques, sera effectuée durant la prochaine phase de conception (ingénierie de base) et prendra en compte les incertitudes météorologiques et océaniques.

3.2.6.2 Houle

La houle est peut-être la plus importante variable marine présentant le plus grand intérêt lorsqu'on examine le changement du climat dans les Grands Bancs. Une étude effectuée par Wang et Swail (2001) regarda les tendances de Hs extrême basées sur une simulation rétrospective sur 40 ans. Ils trouvèrent des tendances statistiquement significatives uniquement en hiver et qu'elles étaient liées à l'oscillation nord-atlantique. Si la période d'étude est allongée et couvre les 100 dernières années, on ne trouve aucune tendance statistiquement significative. Une étude ultérieure menée par Wang *et al.* (2004) élargit leurs résultats à l'examen des hauteurs de vagues dans l'Atlantique Nord sous des scénarios de changements climatiques acceptés. Ils trouvèrent des augmentations statistiquement significatives de hauteur des vagues dans l'Atlantique Nord Est (plus proche de l'Europe) mais des augmentations négligeables ou même négatives au voisinage des Grands Bancs.

Perrie *et al.* (2004) utilisèrent la modélisation à haute résolution sur un jeu de données actuelles de tempêtes hivernales et effectuèrent des simulations de tempêtes basées sur un scénario de changement climatique pour la période de 2041 à 2060. Ils trouvèrent que, quoiqu'il y ait moins de tempêtes au total dans le scénario de changement climatique, il y avait plus de fortes tempêtes avec des vagues plus hautes et moins de tempêtes faibles à hauteurs associées à des vagues plus petites (Perrie *et al.* 2004). Une autre étude par

Lambert (2004) eut des résultats très similaires. Bien qu'elle n'examinât pas explicitement la hauteur des vagues, elle trouva que, quoiqu'il y ait moins de cyclones dans un monde plus chaud, il y avait un nombre plus important d'événements intenses. On peut en déduire qu'il devrait aussi y avoir des Hs associées plus élevées. Ces résultats sont logiques en ce sens qu'un monde plus chaud signifierait un gradient de température pôle-équateur diminué et moins d'énergie totale disponible pour les tempêtes. Il n'est cependant pas clair de définir ce qui causerait une plus grande intensité des tempêtes. Une des possibilités serait la fréquence plus grande de tempêtes tropicales, puisqu'il y aurait vraisemblablement un volume plus grand d'eau chaude disponible pour alimenter les systèmes tropicaux.

On doit remarquer que les Grands Bancs seraient plus susceptibles aux tempêtes tropicales dans un climat plus chaud. Généralement les tempêtes disparaissent lorsqu'elles rencontrent l'eau océanique plus froide au sud de la Nouvelle Ecosse. Dans un climat plus chaud, elles seraient capables de garder leur intensité plus loin au nord et seraient en moyenne probablement plus intenses lorsqu'elles passent au-dessus des Grands Bancs. Cela suggérerait des hauteurs associées de vagues de pointe plus élevées. Comme la saison des ouragans tropicaux dure de juin jusqu'à novembre, avec un pic en août et en septembre, on s'attendrait à voir une augmentation des hauteurs de vagues de pointe pendant les mois d'été et aussi à la fin de l'automne.

3.2.6.3 Températures de surface de la mer

Il est généralement admis que les températures de surface de la mer augmenteront d'1°C à 2°C au cours des quelques prochaines décennies si le réchauffement climatique continue. Ceci pourrait toutefois être réfuté à un certain degré sur les Grands Bancs puisque le courant du Labrador traverse la zone. Avec une fonte accentuée des glaces du Groenland, le courant du Labrador tendrait à maintenir un écoulement abondant d'eau froide vers la région.

3.2.6.4 Glace de mer et icebergs

Depuis le début des années 2000, le nombre d'icebergs observés a augmenté dans l'océan Atlantique Nord (Rudkin *et al.* 2005). Ce phénomène peut être la conséquence d'une hausse des températures de la mer et de l'air, mais il peut être aussi attribuable à l'amélioration des technologies d'observation des sources glaciaires. Si les températures de l'air et de la mer augmentaient au nord des Grands Bancs, le nombre d'icebergs entrant dans la zone du projet augmenterait probablement initialement en raison du vêlage accru des glaciers et des îles de glace. Toutefois, la taille et la présence des icebergs diminueraient éventuellement à cause de la fonte, lorsque les icebergs dérivent dans des eaux plus chaudes. De la même façon, le nombre d'icebergs pourrait diminuer en raison du manque de banquises, car celles-ci aident à transporter et à maintenir les icebergs sur les Grands Bancs et à leur fournir une sorte d'isolant dans les eaux plus chaudes.

Au Groenland, le nombre d'icebergs augmente à mesure que les températures se réchauffent. L'accélération glaciaire entraîne un amincissement des glaciers et donne lieu à une fracturation accrue ainsi qu'à une production d'un plus grand nombre d'icebergs, mais d'un tirant d'eau qui devrait être plus faible. Toutefois, les températures plus chaudes de l'eau de mer, de même que le chemin de dérive de l'iceberg du glacier d'origine vers les Grands Bancs contribuent à une hausse du taux de destruction des icebergs et à une baisse de leur fréquence d'arrivée dans les Grands Bancs. Un effet concurrentiel veut que, durant les années où les banquises abondent sur la côte est du Canada, celles-ci refroidissent l'eau de mer et permettent ainsi à un plus grand nombre d'icebergs d'atteindre les Grands Bancs avant de fondre. Lorsque ce phénomène a été observé en 2008 et en 2009, la population d'icebergs des Grands Bancs était encore dans une plage comparable à celle observée au cours des dernières décennies. Des facteurs concurrentiels pourraient avoir une influence sur l'environnement des icebergs des Grands Bancs, mais les données actuelles ne suggèrent pas d'écart important par rapport à ce que l'on a connu durant les deux dernières décennies. On pourra trouver une analyse plus détaillée dans McClintock et al. (2007).

Reste à voir si cet effet sera cyclique, permanent ou s'il aura réellement lieu. Il n'existe actuellement aucun moyen fiable de prédire l'occurrence ni le mouvement de la glace de mer et des icebergs.

3.2.6.5 Résumé

En général, la science ne permet pas de conclure sur la nature des changements du milieu marin qui seront ressentis sur les Grands Bancs en raison du réchauffement climatique. Les simulations du climat pour le siècle prochain ne montrent pratiquement pas de changement de Hs de pointe pour l'Atlantique Nord occidental, ce qui est en accord avec les tendances récentes des données observées. D'autres études montrent en général moins de tempêtes, mais davantage de fortes tempêtes accompagnées de Hs de pointe en hausse. Dans un monde plus chaud, on s'attend à ce que davantage de tempêtes tropicales survivent plus au nord, apportant avec elles de plus hautes vagues durant la saison des tempêtes tropicales. En ce qui concerne la montée du niveau de la mer, on s'accorde bien sur le fait que le niveau de la mer continuera à monter, mais un désaccord existe sur son estimation. Les estimations varient de moins de 5 cm sur les 50 prochaines années jusqu'à 15 cm. Enfin, une grande incertitude règne sur la question du réchauffement des températures de la surface de la mer, du fait que la fonte des glaces au nord de Terre-Neuve exercerait une influence rafraîchissante sur les eaux extracôtières.

Le climat est naturellement variable et peut changer sur une longue période de temps. Les variations météorologiques à court terme sont dues en grande partie au passage de systèmes atmosphériques à échelle synoptique : systèmes de basses et hautes pressions, creux barométriques et crêtes de pression. L'énergie de ces systèmes varie de façon saisonnière en fonction de la force du gradient de température moyenne tropicale et polaire. Les

changements à long terme se produisent en réaction aux modifications à petite et à grande échelle des types de circulation atmosphérique. Par le passé, les changements dans les types de circulation atmosphérique dans l'hémisphère nord étaient principalement dus à des changements de l'oscillation nord-atlantique. Alors que l'oscillation nord-atlantique a encore une incidence sur les régimes climatiques, la communauté scientifique s'accorde généralement pour dire que les émissions de gaz à effet de serre ont joué un rôle important en matière de climat au cours des cinquante dernières années. Toutefois, le degré élevé des variations climatiques naturelles rend incertain l'identification des tendances résultant directement du changement climatique (Environnement Canada, 1997).

En tant qu'exploitant, ExxonMobil applique des méthodes de gestion des risques dans le cadre des différents aspects de ses activités, y compris dans la conception de ses installations. La base de conception pour calculer les charges imputables à une profondeur d'eau accrue, résultant de l'élévation du niveau de la mer et du mouvement des vagues, est prise en compte dans les facteurs de sécurité servant à déterminer la hauteur minimale du pont et des crêtes de vagues. Une évaluation de la charge à admettre sur la plate-forme Hebron, en fonction des conditions météorologiques et océaniques, ainsi que des incertitudes inhérentes, sera effectuée au cours de l'ingénierie de base et affinée davantage au cours de la conception détaillée.

TABLE DES MATIÈRES

4 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES EFFETS 4-1

4.1 Types d'effets environnementaux 4-1

4.2 Portée de l'évaluation environnementale 4-2

4.2.1 Facteurs à considérer 4-2

4.2.2 Étendue des facteurs à considérer 4-3

4.3 Méthodes d'évaluation environnementale 4-3

4.3.1 Étape 1 – Définition des problématiques et sélection des composantes valorisées de l'écosystème 4-3

4.3.2 Étape 2 – Établissement des limites 4-6

4.3.2.1 Limites spatiales 4-7

4.3.2.2 Limites temporelles 4-9

4.3.2.3 Limites administratives 4-10

4.3.3 Étape 3 – Définition de l'importance 4-11

4.3.4 Étape 4 – Description de l'environnement existant 4-12

4.3.5 Étape 5 – Identification des effets environnementaux et des interactions entre les CVE et le Projet 4-12

4.3.6 Étape 6 – Analyses et atténuation des effets environnementaux 4-17

4.3.7 Étape 7 – Effets environnementaux cumulatifs 4-19

4.3.8 Étape 8 – Détermination de l'importance 4-23

4.3.9 Étape 9 – Évaluation des besoins de suivi 4-24

4.4 Détermination des effets de l'environnement sur le Projet 4-24

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 4-1 Zone du Projet et zone d'étude – Secteur côtier 4-8

Figure 4-2 Zone du Projet et zone d'étude – Secteur en mer 4-9

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4-1 Étendue temporelle des zones d'étude 4-10

Tableau 4-2 Exemple de matrice illustrant les interactions possibles entre les composantes du projet et celles de l'écosystème 4-13

Tableau 4-3 Exemple de matrice d'évaluation des effets environnementaux (construction) 4-18

Tableau 4-4 Projets et activités passés, présents et futurs probables considérés dans l'évaluation environnementale 4-20

Tableau 4-5 Exemple sommaire d'une matrice des effets environnementaux résiduels 4-23

4 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES EFFETS

Les méthodes utilisées pour évaluer les effets environnementaux possibles du projet Hebron (ci-après «le Projet») sont décrites dans ce chapitre.

4.1 Types d'effets environnementaux

Les types d'effets considérés dans le rapport d'étude approfondie (CSR) sont :

- Les effets environnementaux du Projet sur l'environnement
- Les effets de l'environnement sur le Projet
- Les effets environnementaux sont définis à l'article 2(1) de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE)

  a) Tout changement que le projet peut causer dans l'environnement, y compris tout changement qu'il peut causer sur une espèce sauvage de la liste, son habitat critique ou les résidences des individus de cette espèce, conformément à la définition de ces termes à l'article 2(1) de la Loi sur les espèces en péril,

  b) Toute répercussion de tout changement indiqué au paragraphe (a) sur :

  (i) les conditions de santé et socio-économiques
  (ii) l'héritage physique et culturel,
  (iii) l'utilisation actuelle du terrain et des ressources pour des activités traditionnelles par des autochtones ou
  (iv) toute structure, site ou chose qui a une signification historique, archéologique, paléontologique ou architecturale ou

  c) tout changement du Projet qui peut être causé par l'environnement, qu'un tel changement ou effet ait lieu à l'intérieur ou à l'extérieur du Canada.

Les effets environnementaux potentiels de chaque phase du Projet ont été évalués pour chacune des composantes valorisées de l'écosystème (CVE). L'analyse des effets environnementaux comprend à la fois les effets directs et les effets indirects. Les effets environnementaux cumulatifs ont été évalués conformément à la LCEE et sa documentation de référence (Hegmann *et al*., 1999). Tel qu'exigé par les *Directives du plan de développement* (OCTLHE, 2006) et la LCEE, les effets environnementaux résiduels (ou les effets environnementaux restant après l'application des mesures d'atténuation) sont présentés.

L'analyse des effets de l'environnement (ou du milieu naturel), particulièrement l'environnement physique, sur le Projet comprennent entre autres les effets reliés aux conditions océanographiques et climatiques, et les implications ultérieures pour la conception du Projet.

Les impacts socio-économiques résultant des effets environnementaux sont décrits ci-après.

4.2 Portée de l'évaluation environnementale

La portée du projet Hebron inclut d'une part plusieurs études (géophysiques, géotechniques, géorisques et environnementales), et d'autre part, la construction, l'installation, la mise en service, les forages de développement, la production, l'exploitation et l'entretien ainsi que le déclassement du système de production de pétrole et de gaz en mer et des installations qui y sont associées.

4.2.1 Facteurs à considérer

Ce rapport d'étude approfondie (REA) tient compte des facteurs suivants, tel que prescrit à l'article 16 de la LCEE :

- L'objectif du Projet et les besoins requérant sa réalisation
- Alternatives possibles au Projet
- Autres moyens d'exécuter le Projet qui sont techniquement et économiquement faisables et les effets environnementaux qui en résulteraient
- Les effets environnementaux du Projet, y compris ceux causés par des mauvais fonctionnements ou accidents qui peuvent être associés au Projet et tous les effets environnementaux cumulatifs qui peuvent potentiellement résulter du Projet, en combinaison à d'autres projets ou activités qui ont été ou seront exécutés, et l'importance de ces effets (le terme « effets environnementaux » est défini à l'article 2 de la LCEE et à l'article 137 de *Loi sur les espèces en péril* (LEP)
- Diverses mesures, notamment en terme de contingence et de compensation si jugé pertinent, qui sont techniquement et économiquement faisables et qui mitigeraient tout effet environnemental négatif important du Projet
- L'importance des effets environnementaux négatifs suivant la mise en œuvre des mesures de mitigation
- Le besoin et les critères de tout programme de suivi concernant le Projet (consulter « Déclaration de politique d'exploitation » de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (ACEE) concernant les programmes de suivi (ACEE, 2007a))
- La capacité des ressources renouvelables qui ont le potentiel d'être affectées de manière importante pour le Projet pour répondre aux besoins actuels et ceux du futur
- Le rapport de consultation entrepris par ExxonMobil Canada Properties (EMCP) avec les parties intéressées qui peuvent être affectées par le Projet et les commentaires qui sont reçus des parties intéressées et le grand public représentant une des questions décrites ci-dessus

4.2.2 Étendue des facteurs à considérer

Ce REA traite des facteurs de l'ACEE indiqués ci-dessus, ainsi que des éléments listés dans les sections appropriées des *Directives du plan de développement* (OCTLHE, 2006), le document d'orientation (OCTLHE, 2009) ainsi que des problématiques et inquiétudes identifiées et documentées par EMCP au cours des consultations publiques, y compris les consultations avec les organismes de réglementation et les parties prenantes.

En ce qui a trait à l'utilisation actuelle des terres et des ressources par la population autochtone, ces facteurs n'ont pas été pris en considération dans l'évaluation environnementale et ce, en conformité avec la définition des effets environnementaux. La zone d'étude et la zone du Projet Hebron n'ont pas été historiquement identifiées comme étant assujetties à une utilisation par les Autochtones ou à un titre ancestral. Ces zones ne font pas l'objet de revendication territoriale auprès du gouvernement du Canada ou du gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador. En se basant sur cette évaluation, l'utilisation actuelle des terres et des ressources par la population autochtone n'a donc pas été prise en considération dans le REA.

4.3 Méthodes d'évaluation environnementale

Cette section décrit l'approche méthodologique utilisée pour l'évaluation environnementale et les limites de la portée du projet Hebron. Le cadre méthodologique est basé sur l'ouvrage de Barnes *et al*. (2000) et les documents d'orientation produits par l'ACEE (1994, 2007b). La discussion présentée ci-dessous fournit les grandes lignes de l'approche utilisée pour le projet Hebron.

4.3.1 Étape 1 – Définition des problématiques et sélection des composantes valorisées de l'écosystème

Pour cerner ou « définir » une évaluation environnementale, une liste concise des éléments de l'environnement portant une valeur sociale, économique, culturelle ou scientifique, et représentant un intérêt particulier doit être dressée afin de considérer les effets environnementaux possibles d'un projet. Dans ce processus, les renseignements fournis lors de consultations avec le public, les organismes de réglementation et les parties prenantes sont résumés et présentés sous la forme d'une liste des questions et préoccupations générales. Le document d'orientation (OCTLHE, 2009) pour l'évaluation environnementale du projet Hebron fournit la portée du projet, la portée de l'évaluation et les facteurs à considérer dans l'évaluation. Il présente le processus complet des consultations avec le public et les autorités et constitue un guide pour déterminer la portée de l'évaluation environnementale.

L'équipe d'étude du projet Hebron a mené des consultations avec le public et les parties prenantes pour préparer le REA et le plan de développement. Un résumée du processus de consultation est fourni au chapitre 5. Lorsque les problématiques concernent la portée du Projet, elles sont été traitées dans le

REA. Pour faciliter le travail des lecteurs et des évaluateurs, l'emplacement où chaque question est traitée dans le REA est indiqué au chapitre 5.

Chaque CVE a été sélectionnée en fonction des questions qui ont été soulevées durant le processus de consultation, tel qu'indiqué dans le document d'orientation et en fonction de l'expérience professionnelle de l'équipe d'étude. Les CVE sélectionnées reflètent les préoccupations soulevées, tout en permettant de se concentrer sur l'évaluation environnementale afin que les effets puissent être évalués de manière valable. Les CVE comprises dans l'évaluation sont les suivantes.

Qualité de l'air

La qualité de l'air a été sélectionnée comme CVE pour les raisons suivantes :

- La qualité de l'air a une valeur intrinsèque ou naturelle, parce qu'elle est nécessaire pour maintenir la vie, la santé et le bien-être des humains, des animaux sauvages, de la végétation et autres biotes
- Si elle n'est pas gérée correctement, le rejet d'émissions atmosphériques dans l'air issus du Projet pourraient nuire à la santé des humains et autres ressources biologiques à proximité du Projet
- Les émissions de gaz à effet de serre (GES) peuvent s'accumuler dans l'atmosphère et il appert que ceux-ci jouent un rôle majeur au niveau des changements climatiques

Poissons et habitat des poissons

Les poissons et l'habitat des poissons ont été sélectionnés comme CVE pour les raisons suivantes :

- Des dispositions de la *Loi sur les pêches* traitant de la détérioration, de la perturbation ou de la destruction de l'habitat des poissons exigent que les effets environnementaux sur les poissons et leur habitat soient évaluées de façon complète
- Le potentiel d'interaction avec le Projet
- Les poissons marins et leur habitat sont importants du point de vue écologique et commercial ainsi que pour les loisirs

Les CVE des poissons et de leur habitat comprennent les poissons marins, les crustacés, le benthos, le plancton, l'eau et les sédiments qui ne sont pas considérés comme étant des espèces en péril par la LEP ou par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). Ces éléments sont associés les uns aux autres de façon intrinsèque et, ensemble, ils permettent une approche holistique à l'évaluation des effets potentiels sur l'environnement marin.

Oiseaux marins

Les oiseaux marins ont été sélectionnés comme CVE pour les raisons suivantes :

- Ils sont abondants dans les zones d'études côtières et en mer

- Ils sont sensibles au mazoutage
- Ils sont protégés par la *Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs* de 1994 (oiseaux migrateurs)
- En tant que prédateurs de haut niveau, les oiseaux marins peuvent jouer un rôle écologique important en indiquant la santé de l'écosystème marin

Le CVE des oiseaux marins inclut les espèces d'oiseaux qui, typiquement, utilisent les environnements marins côtiers et en mer qui ne sont pas considérés comme étant des espèces en péril par la LEP ou le COSEPAC. Les groupes considérés sous le CVE d'oiseaux marins sont les gibiers d'eau (oies et canards), cormorans, fulmars et autres puffins, pétrels, fous de Bassan, phalaropes et autre oiseaux de rivage, laridés, labbes, labres, mouettes et sternes) et alcidés (mergule nain, guillemots et macareux moines).

Mammifères marins et tortues de mer

Les mammifères marins et les tortues de mer ont été sélectionnés comme CVE pour les raisons suivantes :

- Les populations de mammifères marins et de certaines espèces de tortues de mer migrent dans la zone d'étude en mer, principalement pour chasser leur nourriture
- Le potentiel d'interaction avec les activités du Projet
- À titre de prédateurs de haut niveau, les mammifères marins et les tortues de mer jouent un rôle écologiquement important en servant d'indicateurs de changements dans l'écosystème marin

La CVE des mammifères marins et des tortues de mer comprend des cétacés (baleines, dauphins et marsouins), des pinnipèdes (phoques communs) et des tortues de mer qui ne sont pas considérées comme étant des espèces en péril par la LEP ou par le COSEPAC.

Espèces en péril

Les espèces en péril ont été sélectionnées comme CVE pour les raisons suivantes :

- Les espèces en péril et leur habitat sont légalement protégés par la législation fédérale (LEP) ou ont été évaluées par COSEPAC
- À cause de leur nature, les espèces en péril peuvent être plus vulnérables aux changements induits par l'humain dans leur habitat ou niveaux de population et nécessitent donc des considérations spéciales concernant les stratégies de mitigation
- Plusieurs espèces marines en péril identifiées sur la liste fédérale ou évaluées par le COSEPAC peuvent potentiellement être présentes dans les zones d'étude

Pêches commerciales

Les pêches commerciales ont été sélectionnées à titre de CVE à cause de leur importance culturelle et économique et de l'interaction possible avec le Projet.

Zones sensibles ou spéciales

Les zones sensibles ou spéciales ont été sélectionnées à titre de CVE principalement à cause des préoccupations des parties prenantes et des organismes de réglementation concernant la vulnérabilité des zones sensibles ou spéciales aux effets potentiels du Projet, y compris l'exposition possible aux contaminants issus des rejets opérationnels et des déversements accidentels du Projet.

Les zones sensibles ou spéciales sont souvent associées aux caractéristiques rares ou uniques de l'habitat marin. Il s'agit d'un habitat qui soutient des étapes sensibles de la vie des ressources marines importantes ou des habitats critiques pour des espèces ayant un statut de conservation spécial. Selon le document d'orientation (OCTLHE, 2009), les zones sensibles ou spéciales comprennent :

- Un habitat important ou essentiel pour soutenir des ressources marines
- Des zones identifiées au sein de l'initiative du Plan de gestion intégrée de la zone de gestion en haute mer de la Baie de Placentia- Grand Banks

Dans la zone côtière, ces zones sensibles ou spéciales comprennent les plages de capelans (ex : Plage Bellevue) et les zostères marines. Les zones sensibles ou spéciales en mer comprennent l'écosystème marin vulnérable (VME) du Platier proposé par l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (l'OPANO) et diverses VME des zones de canyons et de monts et collines marins. En plus, des zones écologiquement et biologiquement importantes identifiées par Pêches et Océans Canada (MPO) sont présentes dans la zone d'étude en mer de Hebron. Ces zones sont identifiées comme suit : Northeast Shelf and Slope (plate-forme continentale et la pente du nord, Virgin Rocks (rochers vierges) immédiatement adjacents à la zone d'étude en mer de Hebron, le Lilly Canyon-Carson et le Southeast Shoal and Tail of the Banks (Le Platier et la Queue du Grand Banc). Ces zones sont décrites au chapitre 12. Le cantonnement de morue de Bonavista est situé à l'extérieur de la zone d'étude en mer de Hebron et n'est donc pas pris en compte dans le cadre de cette étude.

4.3.2 Étape 2 – Établissement des limites

Un aspect important de l'évaluation environnementale est la détermination des limites, car elles permettent de se limiter à la portée définie de l'évaluation et de faire une analyse valable des effets environnementaux possibles associés au Projet. L'établissement des limites aide également à déterminer l'usage le plus efficace des ressources d'études disponibles.

4.3.2.1 Limites spatiales

Les limites spatiales décrites plus bas ont été définies en fonction des interactions environnementales du Projet, des résultats de modélisation et d'une considération des limites spécifiques de la CVE, conformément aux instructions opérationnelles de l'ACEE (2003b). Conformément au document d'orientation, les limites spatiales suivantes ont été utilisées dans ce REA.

Secteur côtier

- Zone du Projet : La zone marine située dans le secteur de Bull Arm est la zone à l'intérieur de laquelle toutes les activités et travaux du Projet ont lieu. Elle est définie par les zones marines de la limite de propriété de Bull Arm (voir figures 4-1 et 1-1 au chapitre 1)
- Zone affectée : La zone qui pourrait être affectée par les travaux ou activités du Projet, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur dans la zone du Projet. La limite de la zone affectée varie selon l'élément considéré (par exemple, une zone affectée par les émissions atmosphériques ou une zone à l'intérieur de laquelle les poissons et l'habitat du poisson sont affectés), la nature de la CVE et la sensibilité des différentes espèces dans la CVE. Les zones affectées par plusieurs activités du Projet ont été déterminées à l'aide de modélisations (voir les documents d'appui suivants concernant le bruit (JASCO, 2010), les dépôts des déblais de forage et dispersion de l'eau produite (AMEC, 2010) et la modélisation de déversements (ASA 2011a, 2011b)
- Zone d'étude : La zone d'étude côtière (voir figure 4-1) a été définie par une modélisation des interactions entre l'environnement et le Projet, telles que des situations accidentelles, en considérant toutes les interactions de l'environnement du Projet. C'est une zone à l'intérieur de laquelle l'importance sera déterminée pour les activités côtières et celle-ci représente une compilation des diverses zones côtières affectées pour tous les travaux, activités et CVE du Projet

En mer

- Zone du Projet : La zone marine à l'intérieur de laquelle toutes les activités et travaux du Projet ont lieu (comme défini au chapitre 2). La zone en mer du Projet (voir figures 4-2 et 1-2 au chapitre 1) est définie par les quatre licences de découvertes importantes (LDI) (LDI Hebron 1006, LDI Hebron 1007, LDI Ben Nevis 1009 et LDI Ben Nevis Ouest 1010) et la zone exigée par le rayon de manœuvre des vaisseaux sismiques
- Zone affectée : La zone qui pourrait être affectée par les travaux ou activités du Projet, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur dans la zone du Projet. La limite de la zone affectée varie selon l'élément considéré (par exemple, une zone affectée par la décharge des déblais de forage ou une zone affectée par les émissions atmosphériques), la nature de la CVE et la sensibilité des différentes espèces dans la CVE. Les zones affectées par plusieurs activités du Projet ont été déterminées à l'aide de modélisations (AMEC 2010; ASA 2011a, 2011b; JASCO, 2010; Stantec, 2010b)

- Zone d'étude : La zone d'étude en mer (voir la figure 4-2) a été définie par une modélisation des interactions entre l'environnement et le Projet, telles que des situations accidentelles, des émissions ou décharges, en considérant toutes les interactions entre l'environnement et le Projet. C'est une zone à l'intérieur de laquelle l'importance sera déterminée pour les activités côtières et celle-ci représente une compilation des diverses zones côtières affectées pour tous les travaux, activités et CVE du Projet

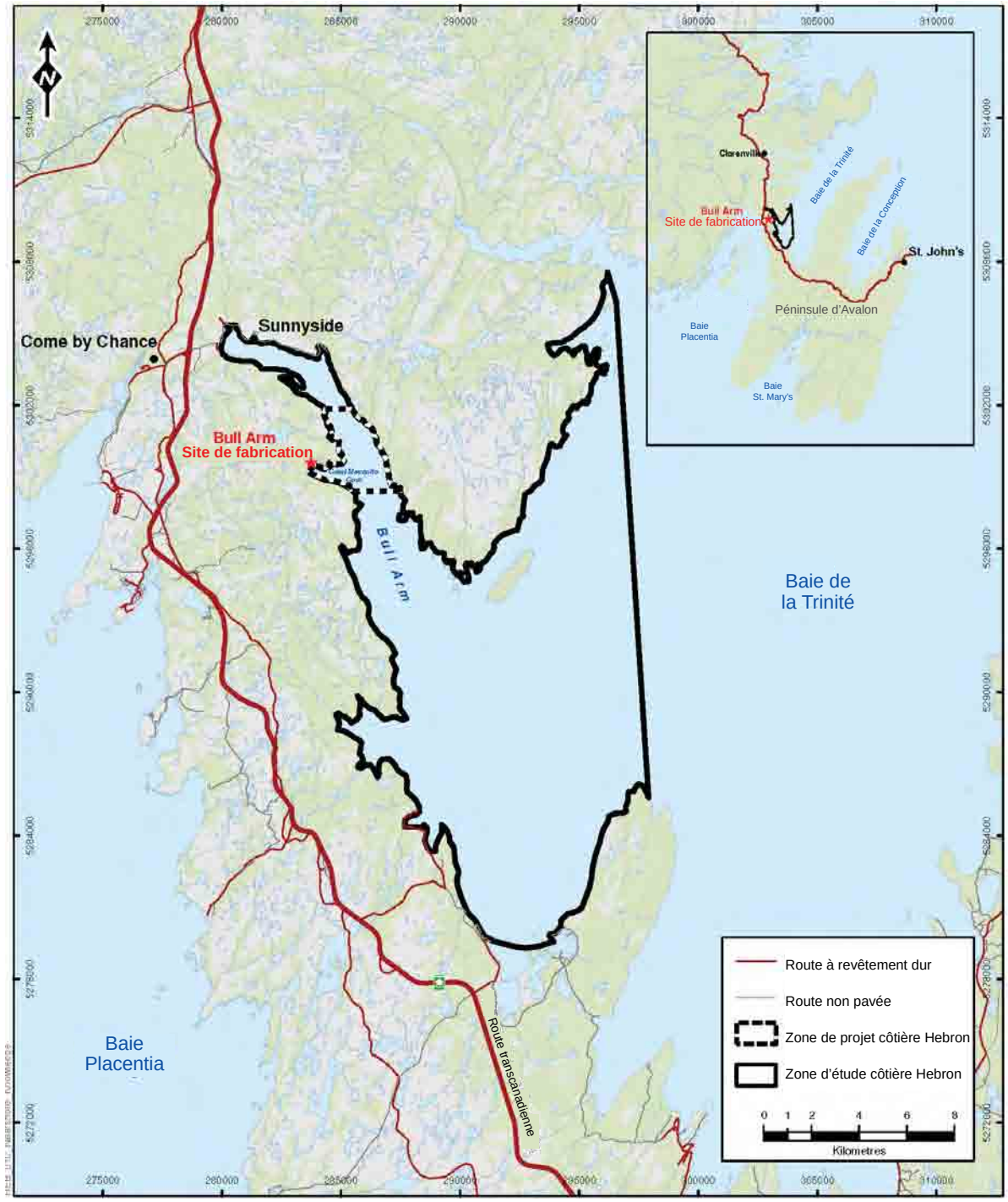


Figure 4-1 Zone du Projet et zone d'étude – Secteur côtier

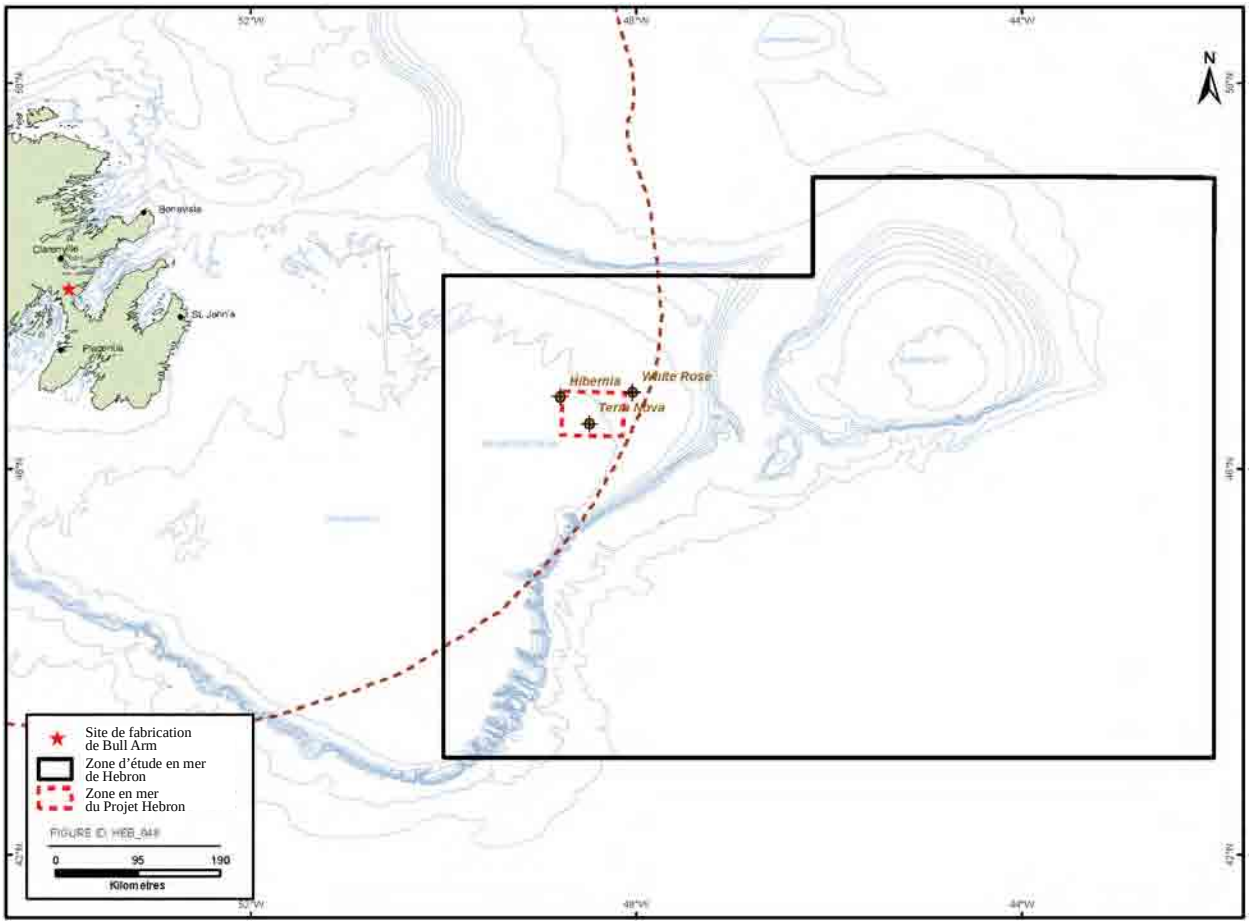


Figure 4-2 Zone du Projet et zone d'étude – Secteur en mer

4.3.2.2 Limites temporelles

Les limites temporelles de l'évaluation environnementale reflètent la période de construction, la durée de vie du Projet, jusqu'au déclassement et l'abandon. L'échéancier des travaux physiques et activités associés au Projet a été pris en compte par rapport aux cycles de vie sensible des CVE. Le chapitre 2 présente une description des activités qui auront lieu au cours des différentes phases du projet.

Zone côtière

Les premiers travaux (par exemple, rétablissement de la digue de protection, construction des cales sèches, dynamitage et dragage) doivent débuter dans le deuxième quart de 2011. La construction de la structure-poids (GBS) doit commencer pendant le second quart de 2012. La construction de GBS, la fabrication et l'assemblage des installations en surface ainsi que les activités de mise en service continueront à Bull Arm jusqu'à la fin de 2016 environ.

En mer

Les activités de construction pourront débuter dès 2013 pour bénéficier des synergies potentielles avec les autres opérations en mer. Le début de la préparation/démarrage du site et des activités de forage est prévu pour 2016-2017, mais pourrait débuter dès 2015. Les opérations de production se poursuivront au cours des 30 années de durée de vie utile du champ Hebron. Le déclassement et l'abandon auront lieu à la fin des activités de production. Les activités du Projet, y compris les programmes de relevés sur place, peuvent avoir lieu à n'importe quelle période de l'année.

La programmation potentielle des activités du Projet dans la zone en mer du Projet inclut :

a) Les études en mer (géotechniques, géophysiques, géorisques et environnementales) de 2011 jusqu'à la fin de vie du Projet
b) Activités de construction en mer à partir de 2013
c) Préparation du site dès 2015
d) Forage et production débutant en 2016 ou 2017 (ou avant) et continuation jusqu'à la fin du cycle de vie du Projet, estimé à 30 ans ou plus. Toutes les activités de production et de forage (de la plate-forme Hebron ou des unités mobiles de forage en mer (UMFM) et les activités connexes auront lieu à n'importe quel moment de l'année, en fonction des besoins
e) Possibilités d'expansion – tirants d'ancrage sous-marins (centres de déblais de forage excavés, installations sous-marines, forage des MODU, installation des conduites d'écoulement) peuvent avoir lieu à n'importe quel moment de l'année, pendant toute la durée du Projet

L'étendue temporelle est résumée dans le tableau 4-1.

Tableau 4-1 Étendue temporelle des zones d'étude

Zone d'étude	Étendue temporelle
Secteur côtier	• Construction : 2011 à 2016, les activités auront lieu toute l'année
En mer	• Études (géophysiques, géotechniques, géologiques, environnementales) : 2011 pendant tout le cycle de vie du Projet, toute l'année • Activités de construction : 2013 jusqu'à la fin du Projet, toute l'année • Préparation du site / démarrage / forage : dès 2015 • Production toute l'année jusqu'en 2046 ou plus tard • Possibilités d'expansion – selon les besoins, toute l'année jusqu'à la fin du Projet • Déclassement et abandon : après 2046 environ

4.3.2.3 Limites administratives

Les limites administratives sont les limites associées à la gestion des ressources ou des limites socio-culturelles (par exemple, division et zones d'unités représentant les zones de pêche côtières et extracôtières de Terre-Neuve et du Labrador de l'OPANO. Les limites administratives sont décrites pour chacune des CVE, selon les besoins.

4.3.3 Étape 3 – Définition de l'importance

Selon l'ACEE, la détermination de l'importance des effets environnementaux est essentielle dans le processus de prise de décision. Les définitions de l'importance sont développées pour chaque CVE afin de fournir le seuil d'importance des effets environnementaux résiduels négatifs. Ces définitions ont été établies en utilisant les renseignements obtenus au moment de définir la portée des préoccupations, les informations disponibles sur le statut et les caractéristiques de chaque CVE et l'expérience des membres de l'équipe d'étude. L'importance des seuils indique à quel point la CVE pourrait subir des effets environnementaux en fonction de variables telles que l'étendue géographique, l'ampleur, la durée, la fréquence ou la réversibilité, et à un point tel que son statut ou son intégrité pourrait être modifié au-delà d'un niveau acceptable, même après l'application des mesures d'atténuation (chacune de ces mesures est détaillée à l'étape 6, section 4.3.6).

Les définitions importantes de chacun des CVE sont fournies ci-après.

Qualité de l'air : Un effet environnemental résiduel négatif important est un effet qui dégrade la qualité de l'air au point que la concentration maximale au sol du critère de contaminants atmosphériques évalués pour le Projet dépasse fréquemment les normes de qualité d'air stipulées dans la zone d'étude côtière ou en mer. Les normes sont fréquemment exprimées par une période de 1-heure (une fois par semaine) ou de 24-heures (une fois par mois).

Poissons et habitat des poissons : Un effet environnemental résiduel négatif important est un effet qui affecte les poissons ou l'habitat du poisson en causant une réduction de l'abondance ou un changement de la distribution de la population pendant plus d'une génération, dans les zones d'étude côtière ou en mer. Il est possible qu'un recrutement naturel ne rétablisse pas les populations à leur niveau d'origine dans l'espace de plusieurs générations ou que la zone soit évitée en permanence.

Dans le cadre des effets environnementaux possibles sur l'habitat du poisson de mer, un effet environnemental résiduel négatif important entraîne une détérioration, une perturbation ou une destruction de l'habitat du poisson d'une telle ampleur ou bien la population et l'habitat des poissons sont d'une telle importance qu'il s'avère impossble de les compenser adéquatement.

Pêches commerciales : Un effet environnemental résiduel négatif important a un effet négatif mesurable et soutenu sur les revenus de pêche commerciale.

Oiseaux marins : Un effet environnemental résiduel négatif important est un effet qui affecte les oiseaux marins en causant une réduction de l'abondance ou un changement de la distribution de la population pendant plus d'une génération dans les zones d'étude côtière ou en mer. Il est possible qu'un recrutement naturel ne rétablisse pas les populations à leur niveau d'origine dans l'espace de plusieurs générations ou que la zone soit évitée en permanence.

Mammifères marins et tortues de mer : Un effet environnemental résiduel négatif important est un effet qui affecte les mammifères marins ou tortues de mer en causant une réduction de l'abondance ou un changement de la distribution de la population pendant plus d'une génération dans les zones d'étude côtière ou en mer. Il est possible qu'un recrutement naturel ne ré-établisse pas les populations à leur niveau d'origine dans l'espace de plusieurs générations ou que la zone soit évitée en permanence.

Espèces en péril : Un effet environnemental résiduel négatif important est un effet qui, après application de la ou des mesures d'atténuation et la prise en considération d'alternatives raisonnables du Projet.

- Met en cause l'atteinte des objectifs de population autonome ou des buts de restauration
- N'est pas conforme aux évaluations permises de risque applicables
- Entraîne une perte permanente de l'habitat critique des espèces en péril défini dans le plan de restauration ou une stratégie d'action
- Un permis de risque connexe ne serait probablement pas fourni

Zones sensibles ou spéciales : Un effet environnement résiduel négatif important est un effet qui modifie de manière physique, chimique ou biologique un habitat valorisé des zones sensibles ou spéciales identifiées, en qualité ou en quantité, à un degré tel qu'il y a une diminution de l'abondance d'espèces clés ou d'espèces en péril ou un changement de structure dans la communauté, au-delà duquel le recrutement naturel (reproduction et immigration depuis des zones non-affectées) ne renouvellerait pas la population ou la communauté à son niveau d'origine dans l'espace de plusieurs générations.

Une population comme celle présentée ci-dessus dans les définitions de l'importance de chaque CVE est celle des individus dans les zones de l'étude.

4.3.4 Étape 4 – Description de l'environnement existant

Une étape clé de l'évaluation environnementale est la caractérisation des conditions environnementales d'exploitation du Projet. Dans ce REA, les conditions environnementales existantes de chaque CVE sont présentées, mettant l'emphase sur les zones côtières et les zones en mer. Les sources principales de données comprennent la qualité des sédiments et des études de poissons conduites par Chevron en 2002 et 2003, les programmes de suivi des effets environnementaux (EEM) conduits sur les Grands Bancs de Terre-Neuve, la littérature primaire, les rapports d'évaluation environnementale de pétrole et gaz de Terre-Neuve et Labrador et les bases de données d'Environnement Canada et du MPO.

4.3.5 Étape 5 – Identification des effets environnementaux et des interactions entre les CVE et le Projet

Pour conduire une évaluation environnementale, il est nécessaire de comprendre comment un projet peut affecter les CVE définies à l'aide de méthodes directes et indirectes. La manière dont un projet peut affecter les

CVE est fonction des liens ou voies de passage entre l'un (projet) et l'autre (CVE). Les effets environnementaux d'un projet sont fonction de ses activités, alors que les passages sont une fonction de plusieurs choses, y compris les activités du projet, les systèmes écologiques et les propriétés des contaminants. Les effets et voies de passages environnementaux ont été identifiés et pris en compte en utilisant les critères suivants :

- Intrants des experts, parties prenantes et organismes de réglementation
- Expérience des évaluations environnementales précédentes, en particulier les évaluations environnementales des projets d'exploitation pétrolière en mer
- Littérature scientifique primaire
- Résultats des programmes d'EEM sur les Grands Bancs de Terre-Neuve
- Analyses des études de modélisation des rejets et situations accidentelles

Cette étape inclut l'identification des effets environnementaux spécifiques aux CVE résultant des interactions avec le Projet et inclut une description des problématiques et des préoccupations concernant des interactions clés. Une matrice d'interaction entre les activités du Projet et les effets environnementaux est utilisée pour chaque CVE, tel que montré au tableau 4-2. « L'effet » présenté dans le tableau est spécifique à chaque CVE, un exemple « d'effet » est le « Changement de la quantité de l'habitat ».

Tableau 4-2 Exemple de matrice illustrant les interactions possibles entre les composantes du projet et celles de l'écosystème

Activités possibles du Projet, travaux physiques, décharges et émissions	Effets possibles			
	Effet 1	Effet 2	Effet 3	Effet 4
Construction				
Activités du Projet en zone côtière				
Présence de zones de sécurité (zone de Great Mosquito Cove, suivie d'une zone en eau profonde)				
Construction de la digue de protection (par exemple, enfoncement de pieux et de palplanches, remplissage)				
Dynamitage sous l'eau				
Assèchement de cale sèche/zone de préparation de cale sèche				
Production de béton (poste flottant de béton)				
Circulation des navires (par exemple, approvisionnement, support pour remorqueurs, remorquage, support pour la plongée, barge ou péniche, transbordeur à passagers vers le site en eau profonde)				
Éclairage				
Émissions atmosphériques				
Rétablir les mouillages au site en eau profonde de Bull Arm				
Dragage de la digue de protection et possiblement des sections de la route de remorquage vers le site en eau profonde (peut nécessiter le rejet en mer)				
Enlèvement de la digue de protection et élimination (dragage et rejet dans l'océan)				

Activités possibles du Projet, travaux physiques, décharges et émissions	Effets possibles			
	Effet 1	Effet 2	Effet 3	Effet 4
Remorquage de la structure-poids au site en eau profonde de Bull Arm				
Ballastage et déballastage de la structure-poids (eau de mer seulement)				
Construction complète de la structure-poids et équipements de surface au site en eau profonde de Bull Arm				
Branchement et mise en service des équipements en surface				
Études (ex : géophysiques, géologiques, géotechniques, environnementales, engin télécommandé (ROV), plongée)				
Remorquage de la plate-forme du site en eau profonde				
Construction et installation en mer				
Présence d'une zone de sécurité				
Installation et essai du système de chargement extracôtier (OLS)				
Largage de tampons de béton matelassés et de roches sur les conduites de déchargement de l'OLS				
Installation de mouillages temporaires				
Remorquage de la plate-forme et installation en mer				
Injection (de ciment) sous la base				
Lestage possible de solides en mer				
Mise en place des protections d'affouillement des rochers sur le fond de l'océan autour de l'emplacement final de la plate-forme				
Branchement et mise en service de la plate-forme				
Exploitation des hélicoptères				
Exploitation des navires (ravitaillement, soutien, navires de secours et de remorquage/barge/plongée/ROV)				
Émissions atmosphériques				
Éclairage				
Possibilités d'expansion				
Présence d'une zone de sécurité				
Dragage du centre de forage excavé et élimination des débris				
Installation des canalisations/lignes d'écoulement et essais des centres de forage à la plate-forme, plus matelas de bétons, recouvrement de roches ou autre isolation des lignes d'écoulement				
Branchement mise en service des centres de forage				
Études (ex : géophysiques, géotechniques, géologiques, environnementales, environnementales, ROV, plongée)				
Exploitation et maintenance en mer				
Présence d'une zone de sécurité				
Présence de structures				
Éclairage				

Activités possibles du Projet, travaux physiques, décharges et émissions	Effets possibles			
	Effet 1	Effet 2	Effet 3	Effet 4
Activités d'entretien (ex : plongée, ROV)				
Émissions atmosphériques				
Brûlage à la torche				
Eaux usées (par ex. eau de procédé, eau de refroidissement, eau de déplacement de stockage, eau de pont)				
Utilisation de produits chimiques / gestion / stockage (ex : inhibiteurs de corrosion, fluides de traitement de puits)				
Déblais de boues à base d'eau (WBM) de forage				
Exploitation des hélicoptères				
Exploitation des navires (ravitaillement, soutien, navires de secours et de remorquage / barge / plongée / ROV)				
Études (par exemple, géophysiques, sismiques 2D/3D/4D, profil sismique vertical(PSV), géorisques, géologiques, géotechniques, environnementales, ROV, plongée)				
Possibilités d'expansion				
Présence d'une zone de sécurité				
Opérations de forage de MODU à des centres de forage excavés futurs				
Présence de structures				
Déblais de forage de WBM et de SBM				
Utilisation et gestion de produits chimiques (fluides de bloc obturateur de puits, fluides de traitement de puits, inhibiteurs de corrosion)				
Études géophysiques et sismiques				
Déclassement et abandon en mer				
Présence d'une zone de sécurité				
Élimination de la plate-forme de Hebron et des points d'atterrissage OLS				
Éclairage				
Obturation et abandon des puits				
Abandon de la canalisation du système de chargement en mer				
Exploitation des hélicoptères				
Exploitation des navires (navires de ravitaillement, soutien, secours et remorquage / ROV)				
Études (par exemple, géophysiques, géologiques, géotechniques, environnementales, ROV, plongée)				
Accidents, mauvais fonctionnement et événements imprévus				
Rupture de digue de protection				
Déversement près de la côte (au site de Bull Arm)				
Défaillance ou déversement du système de chargement en mer				
Blowout sous-marin				
Déversement de pétrole brut en surface				

Activités possibles du Projet, travaux physiques, décharges et émissions	Effets possibles			
	Effet 1	Effet 2	Effet 3	Effet 4
Autres déversements (carburant, produits chimiques, boue de forage ou déchets / débris de l'appareil de forage, structures-poids, plate-forme de Hebron)				
Incidents de navires (c'est-à-dire, déversements de carburant)				
Collisions (mettant en cause la plate-forme de Hebron, des navires ou un iceberg)				
Effets environnementaux cumulatifs				
Exploitation du champ pétrolifère de Hibernia et extension méridionale d'Hibernia (HSE) (forage et production)				
Exploitation de Terra Nova (production)				
Exploitation et expansion du champ pétrolifère de White Rose (forage et production)				
Activités de forage d'exploration en mer				
Activités sismiques d'exploration en mer				
Transport maritime (côtier et en mer)				
Pêches commerciales (côtière et en mer)				

Remarques

- Les activités de branchement et de mise en service d'équipement en surface peuvent causer des rejets dans l'environnement
- Les études géophysiques et sismiques peuvent inclure l'utilisation de 2D, 3D et 4D au besoin, des études de géorisques et d'emplacements de puits
- Les lignes d'écoulement font partie intégrante des conduites du OLS

Dans le cadre de l'évaluation environnementale, la phase de construction du Projet comprend deux phases secondaires : la construction en zone côtière (c'est-à-dire, toutes les activités à Bull Arm, y compris l'enlèvement de la digue de protection) et la construction en mer (c'est-à-dire le remorquage de la plate-forme, l'installation, le branchement et la mise en service). Les phases d'exploitation et de maintenance comprennent toutes les activités ayant lieu sur la plate-forme. Le déclassement et l'abandon comprendront le déclassement de la plateforme de Hebron au site localisé en mer. Toutes les activités associées à ce Projet seront réalisées dans les zones du Projet. Tel qu'exigé par l'ACEE et le document d'orientation (OCTLHE, 2009), les effets environnementaux potentiels reliés aux situations accidentelles et aux effets environnementaux cumulatifs sont également pris en compte. Le potentiel d'événements accidentels et d'autres projets et activités qui pourraient entraîner des effets environnementaux potentiels ayant un rôle cumulatif avec le Projet sont également identifiés au tableau 4-2. Des informations additionnelles concernant l'évaluation des effets environnementaux cumulatifs sont présentées à la section 4.3.7.

4.3.6 Étape 6 – Analyses et atténuation des effets environnementaux

La prochaine étape du processus d'évaluation environnementale comprend l'évaluation des effets environnementaux négatifs résiduels potentiels pour chacune des phases du Projet. L'évaluation des effets environnementaux, y compris les effets environnementaux cumulatifs, comprend :

- L'interaction possible entre les activités du Projet, pour chaque phase du Projet, et leurs effets environnementaux combinés à d'autres projets antérieurs, actuels et possiblement futurs
- Les stratégies de mitigation applicable à chacune des interactions
- Les critères d'évaluation pour caractériser la nature et l'étendue des effets environnementaux

Des matrices d'évaluation des effets environnementaux ont été utilisées pour résumer l'analyse des effets environnementaux, y compris les effets environnements cumulatifs pour chacune des phases du Projet. L'évaluation comprend également les situations accidentelles, les mauvais fonctionnements et les événements imprévus (tableau 4-3). Ceci permet d'obtenir une analyse détaillée de toutes les interactions entre les CVE et le Projet. En soutien aux informations présentées dans les matrices, les textes d'accompagnement permettent de mettre en évidence des liens particulièrement importants, des données ou des résultats d'analyse issues des évaluations. Lorsqu'approprié (ex : qualité de l'air), les effets résultant des diverses activités du Projet ont été évaluées dans le cadre d'une seule activité du Projet (ex : les émissions atmosphériques des navires sont évaluées dans le contexte de l'exploitation des navires).

Le concept de la classification des effets environnementaux a simplement pour but de déterminer si ces derniers sont négatifs ou positifs. Certains facteurs clés devant être pris en compte pour déterminer les effets environnementaux négatifs, selon les directives de l'ACEE (1994), sont présentés ci-après :

- Effets environnementaux négatifs sur la santé des biotes
- Perte des espèces rares ou en voie de disparition
- Diversité biologique réduite
- Perte ou évitement de l'habitat critique ou productif
- Fragmentation de l'habitat ou interruption des corridors de mouvement et des routes de migration
- Transformation des paysages naturels
- Rejets de produits chimiques
- Effets négatifs sur la santé humaine
- Perte ou changement nuisible dans l'utilisation actuelle des terrains et ressources à des fins traditionnelles
- Saisie ou fin de l'utilisation ressources ou de la production dans le futur
- Effets environnementaux négatifs sur la santé ou le bien-être des humains

Tableau 4-3 Exemple de matrice d'évaluation des effets environnementaux (construction)

Activité du projet	Effet environnemental positif (P) ou négatif (A) possible	Mesure d'atténuation	Critère d'évaluation pour l'évaluation des effets environnementaux négatifs résiduels				
			Ampleur	Étendue géographique	Durée / fréquence	Réversibilité	Contexte écologique/ socio-économique
Activité 1							
Activité 2							
Activité 3							
Activité 4							
Activité 5							
Activité 6							

CLÉ

Ampleur
1 = Basse : <10 % de la population ou de l'habitat dans la zone d'étude sera affecté
2 = Moyenne : 11 à 25 % de la population ou de l'habitat dans la zone d'étude sera affecté
3 = Haute : >25 % de la population ou de l'habitat dans la zone d'étude sera affecté

Étendue géographique
1 = <1 km^2
2 = 1 à 10 km^2
3 = 11 à 100 km^2
4 = 101 à 1000 km^2
5 = 1001 à 10 000 km^2
6 = >10 000 km^2

Durée
1 = <1 mois
2 = 1 à 12 mois.
3 = 13 à 36 mois.
4 = 37 à 72 mois.
5 = >72 mois

Fréquence
1 = <10 événements/an
2 = 11 à 50 événements/an
3 = 51 à 100 événements/an
4 = 101 à 200 événements/an
5 = >200 événements/an
6 = continu

Réversibilité
R = Réversible
I = Irréversible

Contexte écologique/socio-économique
1 = La zone est relativement vierge ou pas affectée négativement par les activités humaines.
2 = Évidence d'effets négatifs.

Remarques : Un exemple clé est typique pour les CVE biologiques et est fourni comme illustration seulement. La clé varie d'une CVE à l'autre, en fonction des besoins.

La mesure d'atténuation inclut la conception environnementale, les stratégies de protection environnementales, les systèmes de gestion environnementale, la compensation et les mesures spécifiques de l'évitement, la réduction ou le contrôle des effets environnementaux négatifs possibles pour une CVE particulière. Tel qu'exigé par l'ACEE, ces mesures doivent être techniquement et économiquement réalisables. Dans le cas d'effets environnementaux positifs, les opportunités d'amélioration doivent être prises en compte. En fonction des effets environnementaux anticipés, les mesures d'atténuation et les stratégies d'amélioration doivent être optimisées pour réduire les effets environnementaux négatifs et améliorer ceux qui sont positifs. Par conséquent, la signification des effets environnementaux est déterminée en tenant compte des mesures d'atténuation pour déterminer les effets environnementaux résiduels.

Les critères utilisés pour caractériser les effets environnementaux possibles pour les CVE sont décrits plus bas et sont conformes à ceux décrits dans les documents d'orientation de l'ACEE (ACEE, 1994), conformément au document d'orientation Ces critères ont permis d'établir le cadre de l'évaluation des effets environnementaux.

- **Nature :** La tendance ultime à long terme des effets environnementaux (par exemple, positive, neutre ou négative)
- **Ampleur :** la quantité ou le degré de changement d'un paramètre mesurable ou variable par rapport aux conditions existantes
- **Étendue géographique :** la zone dans laquelle l'effet doit avoir lieu
- **Fréquence :** le nombre de fois pendant le Projet ou une phase spécifique du Projet à l'intérieur de laquelle l'effet peut avoir lieu (par exemple, une fois ou plusieurs fois)
- **Durée :** la période de temps pendant laquelle l'effet doit avoir lieu
- **Réversibilité :** la probabilité qu'une CVE sera rétablie d'un effet environnemental, y compris la considération des techniques de gestion active (par exemple, les travaux de restauration d'habitat). Ceci peut être dû au retrait d'un élément ou d'une activité du Projet ou à l'habilité d'une CVE à se rétablir ou à s'habituer. Aussi, la réversibilité est considérée à l'échelle d'une population dans le cadre des CVE dites biologiques. Par conséquent, bien qu'un effet environnemental tel que la mortalité soit irréversible à un niveau individuel, l'effet environnemental sur la population peut être réversible
- **Contexte écologique ou social :** les caractéristiques générales de la zone à l'intérieur de laquelle se trouve le Projet, tel qu'indiqué par les niveaux existants d'activité humaine et nuisance associée

Ces critères sont définis et présentés dans les analyses des effets environnementaux dans le tableau 4-3.

- **Le niveau et le degré de certitude de connaissances :** niveau de confiance dans les connaissances qui soutiennent la prévision. Le niveau et le degré de certitude de connaissance sont évalués pour déterminer l'importance et sont résumés au tableau des effets environnementaux résiduels pour chaque CVE (voir exemple à la section 4.3.8).

4.3.7 Étape 7 – Effets environnementaux cumulatifs

Les projets et activités passés, présents et futurs probables qui seront exécutés et qui pourraient interagir en combinaison avec le Projet Hebron sont identifiés au tableau 4-4. Ces projets ont été caractérisés afin d'être pris en compte dans l'analyse de la contribution du Projet Hebron aux effets environnementaux cumulatifs. Les effets environnementaux cumulatifs reliés au Projet ont été évalués dans le cadre de l'analyse des effets environnementaux spécifiques au Projet. L'étendue des autres projets, passés, présents et futurs, est déterminée en fonction de la documentation d'orientation développée par l'ACEE (Hegmann *et al*., 1999). Les activités actuelles (ex : transport maritime et pêches commerciales) et les projets ou activités futurs qui seront probablement poursuivies (soit la continuation du

processus d'obtention de permis) ont été prises en compte. Les projets et activités décrits au tableau 4-4 ont été identifiés comme ayant le potentiel d'être réalisées conjointement avec le Projet de Hebron et de causer des effets environnementaux cumulatifs pour une ou plusieurs des CVE définies.

Tableau 4-4 Projets et activités passés, présents et futurs probables considérés dans l'évaluation environnementale

Nom du projet	Description du projet ou activité
Projets	
Développement d'Hibernia et le Projet HSE	Le champ pétrolifère d'Hibernia se trouve à environ 35 km au nord-ouest de l'emplacement du Projet de Hebron. La plate-forme d'Hibernia, y compris une structure-poids avec une capacité de stockage de 1,3 millions de barils de pétrole est en exploitation depuis novembre 1997. Une zone de sécurité d'environ 6 km² a été établie conformément aux Directives de forage et production et fait un périmètre autour de la plate-forme d'Hibernia et du OLS qui est approximativement à 2 km à l'est de la plate-forme. Les activités associées à ce champ incluent des activités de forage et production, trois navires polyvalents de soutien et de secours, et trois pétroliers-navettes qui transportent le brut au terminal de transbordement du terminal pétrolier international de Matex à Whiffen Head (ou directement au marché). Le Projet HSE est situé à environ 6 km d'Hibernia et pourra inclure jusqu'à six centres de forage qui seront connectés à la structure-poids existante d'Hibernia. Chaque centre de forage pourra inclure le forage d'un maximum de 11 puits. La taille approximative totale de la zone de sécurité doit être établie pour l'HSE à 53 km², plus des zones pour chacune des conduites d'écoulement. Des études géotechniques sont prévues en 2010 et les travaux d'excavation des centres de forages excavés et de construction sous-marine sont prévus de 2011 à 2012. Il est prévu que la production débute à la fin 2012, avec une durée utile du Projet d'environ 24 ans.
Développement de Terra Nova	Le champ pétrolifère de Terra Nova se trouve à environ 9 km au nord-ouest de l'emplacement du Projet de Hebron. Terra Nova est en production depuis 2002. L'exploitation de Terra Nova utilise une installation flottante de production, de stockage et de déchargement (FPSO) pouvant stocker un maximum de 960 000 barils de pétrole. L'exploitation de Terra Nova comprend quatre centres de forage. Terra Nova a terminé sa phase la plus récente de son programme initial de forage d'exploitation en août 2007. Un total de 34 puits de forage et de puits décalés distincts ont été forés jusqu'à ce jour. Les opérations de forage ont recommencé en 2009 pendant environ six mois. Quatorze puits d'exploitation ont été forés dans la zone de Graben, 11 puits d'exploitation dans la zone de l'East Flank et un producteur de portée étendue et un puits d'injection d'eau à portée étendue dans la zone centrale de Far Est Central. La zone de sécurité de Terra Nova s'étend à 9,26 km (5 miles marins) de la FPSO et est reconnue par l'Organisation maritime internationale et Transports Canada. Deux pétroliers-navettes et de deux à quatre navires de soutien sont associés à l'exploitation de Terra Nova.
Développement du champ pétrolier de White Rose et expansion	Le développement de White Rose est situé approximativement à 46 km au nord-est du champ de Hebron. Le projet inclut un navire FPSO, avec trois centres de forage (nord, central et sud), et des conduites d'écoulement sous-marines raccordées au FPSO. Un total de 21 puits soutient le centre d'exploitation de White Rose. La zone de sécurité de White Rose (y compris les nouveaux centres de forage proposés) couvre approximativement 95 km². La zone de sécurité a été établie conformément aux *Réglementations de forage et de production*. Husky propose de développer un maximum de cinq centres de forage supplémentaires dans le champ de White Rose et au sud du champ Améthyste nord. La zone de sécurité associée doit couvrir approximativement 17 km². La construction du centre de forage excavé, y compris l'installation de l'équipement sous-marin, pour le centre de forage d'Améthyste nord a été complétée en 2008. Le forage d'exploitation a débuté pendant le quatrième quart de 2008 et la 1ere cible de pétrole est le second quart de 2010. Les activités associées aux champs de White Rose et Améthyste nord incluent le forage par des MODU et l'installation d'équipement sous-marin de production avec connexion au *FPSO SeaRose*. En décembre 2009, trois pétroliers-navettes et quatre à six navires de ravitaillement fournissent des services de soutien pendant la saison sans glace. Cinq navires de ravitaillement supplémentaires peuvent être en service pendant la saison avec la glace.

<table>
<tr><th>Nom du projet</th><th>Description du projet ou activité</th></tr>
<tr><td colspan="2">Activités</td></tr>
<tr><td>Activités d'exploration pétrolière en mer, y compris des programmes sismiques et de plusieurs années de forage</td><td>En février 2010, un total de 308 puits d'exploration, de délinéation et d'exploitation (production) ont été forés dans les Grands Bancs de Terre-Neuve, y compris 104 puits d'exploration, 45 puits de délinéation et 159 puits de développement ou production (OCTLHE, 2010a). En avril 2010, il y avait 46 SDL (licences) et 24 permis d'exploration (EL) et huit permis de production actifs sur les Grands Bancs de Terre-Neuve (OCTLHE, 2010b). Selon le site web d'OCTLHE, il y a trois programmes sismiques marins et deux programmes de forage d'exploration proposés dans les Grands Bancs de Terre-Neuve. Il y a un programme sismique proposé (et exploité) dans le bassin de Jeanne d'Arc, un programme sismique proposé (et exploité) dans le bassin secondaire des Laurentides et un programme sismique ou forage proposé pour le bassin de Sydney. Trois programmes sismiques sont aussi proposés au large du Labrador.

Les programmes indiqués ci-après sont proposés :
<table>
<tr><th>Promoteur</th><th>Activité d'exploration (ex : forage, études sismiques</th><th>Emplacement</th><th>Calendrier</th><th>Commentaires</th></tr>
<tr><td>Statoil Canada</td><td>Maximum de 27 puits</td><td>Bassin de Jeanne d'Arc
Flemish Pass</td><td>2008 à 2016</td><td>Exploration à simple ou double déviation et puits d'appréciation ou de délimitation</td></tr>
<tr><td>Statoil Canada</td><td>Programme sismique 2D, 3D et 4 D (potentiel)</td><td>Bassin de Jeanne d'Arc (à l'intérieur et à proximité des EL 1100 et 1101 et dans le champ de Terra Nova)</td><td>2008 à 2016</td><td></td></tr>
<tr><td>Suncor Energy</td><td>Maximum de 18 puits</td><td>Bassin de Jeanne d'Arc</td><td>2009 à 2017</td><td>Puits d'exploration à simple ou double déviation</td></tr>
<tr><td>Suncor Energy</td><td>Études sismiques</td><td>Bassin de Jeanne d'Arc</td><td>2007 à 2010</td><td></td></tr>
<tr><td>Husky Energy</td><td>Forage</td><td>Bassin de Jeanne d'Arc</td><td>2008 à 2017</td><td>Cibles de 18 puits de pétrole et gaz, combinaison de puits verticaux et déviés (jumeaux)</td></tr>
<tr><td>ConocoPhilips</td><td>Étude sismique</td><td>Bassin secondaire des Laurentides</td><td>2010 à 2013</td><td>2 blocs d'exploration 1085/1082</td></tr>
<tr><td>ExxonMobil</td><td>Étude de géorisques</td><td>SDL 1006, 1007, 1009, 1010</td><td>2010</td><td></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Transport maritime et circulation des navires</td><td>Diverses activités de transport maritime ont lieu le long de la côte atlantique, y compris des pétroliers, cargos, navires de ravitaillement, paquebots de croisières et autres navires de types commercial et récréatif. Le transport maritime dans la baie de Trinité est principalement composé de bateaux de pêche.</td></tr>
<tr><td>Pêches commerciales</td><td>Il y a des activités considérables de pêche commerciale dans le secteur de Grands Bancs et de Flemish Cap. Le champ de Hebron ne chevauche pas de zones de pêche majeure. Il y a une grande concentration d'activités de pêche à environ 50 km au sud-est (dans la zone 3l de l'unité d'OPANO) (crabes des neiges et pétoncles) et à 50 km au nord-est (dans la zone 3L de l'unité d'OPANO) (crabes des neiges). La pêche aux crabes des neiges est également commune le long des routes de circulation proposées entre Hebron et la presqu'île d'Avalon. Le pêche commerciale est une activité à Bull Arm (et de la baie de la Trinité). Les pêches commerciales comprennent le hareng, le maquereau, le capelan, la morue, le homard et le calmar. Une description plus détaillée des pêches commerciales est présentée au chapitre 8 de ce REA.</td></tr>
</table>

Les résultats du programme de suivi des effets environnementaux (EEM) sur le milieu marin mis en œuvre à Bull Arm d'août 1991 à novembre 1997 ont indiqué que les activités de construction associées à la structure-poids d'Hibernia n'affectaient pas le milieu marin à des niveaux dépassant les niveaux acceptables (c.-à-d., aucune des hypothèses nulles, développées pour le programme EEM marin, n'ont été rejetées) (Christian et Buchanan 1998).

Les effets environnementaux cumulatifs ont été évalués d'une manière intégrée pour chaque CVE. En analysant les effets environnementaux cumulatifs dans ce cadre méthodologique intégré, un certain nombre d'éléments clés étaient essentiels pour l'évaluation de la contribution des effets environnementaux associés au Projet. L'analyse des effets environnementaux pour le REA prenaient en compte les questions suivantes, lorsqu'applicables.

- Y a-t-il des effets environnementaux associés au Projet qui agissent en combinaison avec d'autres effets pour causer des effets environnementaux cumulatifs ?
- Est-ce que des effets environnementaux associés au Projet chevauchent (c'est-à-dire agissent en combinaison avec) des effets d'autres projets passés ou présents ? Ceci peut être établi en caractérisant les conditions de base existantes de la CVE, et ensuite en illustrant le chevauchement des effets environnementaux cumulatifs avec ceux de projets passés, présents ou futurs.
- Quelle est la contribution du Projet au chevauchement des effets environnementaux cumulatifs des projets passés ou présents.
- Est-ce que les effets environnementaux du Projet et les effets environnementaux cumulatifs des projets passés ou présents chevauchent ceux de projets ou activités potentiels qui seront potentiellement réalisés?

Les tendances historiques reliées aux CVE (c'est à dire, poissons et crustacés, oiseaux marins, mammifères marins et tortues de mer) sont décrites pour faciliter la caractérisation des tendances passées et présentes des populations. Les limites temporelles et spatiales sont établies pour l'évaluation des effets environnementaux cumulatifs pour chaque CVE. Dans certains cas, les limites d'évaluation des effets environnementaux cumulatifs peuvent être différentes de celles définies pour les effets environnementaux spécifiques au Projet. L'évaluation des effets environnementaux cumulatifs comprend une indication précise vis-à-vis d'autres projets et activités pouvant contribuer aux effets environnementaux cumulatifs sur une CVE et les mesures de mitigation que EMCP propose pour réduire la contribution du Projet aux effets environnementaux cumulatifs. Les mesures d'atténuation proposées sont indiquées dans les sections spécifiques d'analyse des CVE.

4.3.8 Étape 8 – Détermination de l'importance

L'analyse et la prévision de l'importance des effets environnementaux, y compris les effets environnementaux cumulatifs, comprennent :

- La détermination de l'importance des effets environnementaux négatifs résiduels pour chaque phase du Projet et pour le projet en général;
- Pour tout effet environnemental négatif important qui est prévu, la détermination de la capacité des ressources renouvelables (ex : espèces de poissons associées à la pêche commerciale) qui seraient probablement affectées de manière importante, pour satisfaire les besoins du présent et ceux du futur et aussi, déterminer la probabilité de l'événement;
- L'établissement du niveau de confiance des prévisions;
- L'estimation de la probabilité de l'événement.

À la complétion de l'évaluation des effets environnementaux, un index général d'importance, pour chaque phase du projet, est rattaché aux effets environnementaux négatifs résiduels (par exemple, construction, exploitation et maintenance, déclassement et abandon, accidents et mauvais fonctionnements et événements imprévus). L'index d'importance pour chaque phase du projet est présenté dans un tableau sommaire des effets environnementaux résiduels. Un exemple est fourni au tableau 4-5.

Tableau 4-5 Exemple sommaire d'une matrice des effets environnementaux résiduels

Phase	Index des effets environnementaux résiduels [A]	Niveau de confiance	Probabilité de l'événement
Construction et installation[B]			
Exploitation et maintenance			
Déclassement et abandon[C]			
Accidents, mauvais fonctionnements et événements imprévus			
Effets environnementaux cumulatifs			

CLÉ

Index des effets environnementaux résiduels
S = Effet environnemental négatif important
NS = Effet environnemental négatif pas important
P = Effet environnemental positif

Niveau de confiance dans l'index d'effet
1 = Niveau de confiance bas
2 = Niveau de confiance moyen
3 = Niveau de confiance élevé

Probabilité d'un effet important
1 = Probabilité faible
2 = Probabilité moyenne
3 = Probabilité élevée

A Tel que déterminé en tenant compte des critères établis pour les effets environnementaux résiduels
B Inclut toutes les activités de Bull Arm, ingénierie, construction, enlèvement de la digue de protection, remorquage et installation de la plate-forme d'Hébron.
C Inclut le déclassement et l'abandon des structures-poids et du site en mer

Un index général « important » ou « pas important » a été assigné aux effets environnementaux négatifs à l'intérieur de chacune des phases du Projet, pour chaque CVE. L'index d'importance a été déterminé en appliquant la définition d'importance à l'ensemble des effets environnementaux associés

au Projet. Les critères d'importance ont été pris en compte et appliqués à chaque CVE. Les définitions d'importance sont fournies pour les effets environnementaux résiduels (ex : effet environnemental ressenti après l'application des mesures d'atténuation ou des méthodes de gestion des effets) et sont spécifiques aux CVE. Des effets environnementaux résiduels importants sont ceux qui sont considérés être d'une ampleur, d'une durée, d'une fréquence, d'une étendue géographique ou d'une réversibilité suffisante pour causer un changement de la CVE, et par conséquent son statut ou son intégrité est modifié au-delà d'un niveau acceptable, même après l'application des mesures d'atténuation. Les seuils développés pour cette évaluation sont basés sur de directives de l'ACEE, les normes de réglementation et critères applicables, les évaluations environnementales précédentes et l'expérience professionnelle de l'équipe d'étude du Projet de Hebron. Le texte accompagnant chaque section résume l'analyse des effets environnementaux cumulatifs, avec une détermination de l'importance pour les effets environnementaux négatifs cumulatifs.

4.3.9 Étape 9 – Évaluation des besoins de suivi

Un programme de suivi, défini par l'ACEE, est un programme qui vérifie la précision de l'évaluation environnementale d'un projet ou détermine l'efficacité des mesures appliquées pour atténuer les effets environnementaux négatifs du projet.

Un programme de suivi sera développé pour le Projet Hebron. Les éléments du programme seront développés en tenant compte de chaque CVE ; lorsqu'approprié ou jugé nécessaire, des mesures de suivi seront recommandées. Conformément aux critères de suivi du programme, des actions seront proposées pour les cas où la précision de l'analyse des effets environnementaux (pour une CVE) devrait être vérifiée et/ou lorsque l'efficacité des mesures d'atténuation doit être déterminée. Les résultats des étapes 1 à 5 aideront à mettre l'emphase sur les interactions importantes lors du développement des programmes de suivi.

En plus des programmes de suivi conformément aux critères de l'ACEE, EMCP doit également évaluer le besoin de suivi conformément à d'autres lois et principes de gestion environnementale d'EMCP.

4.4 Détermination des effets de l'environnement sur le Projet

Les effets de l'environnement sur le Projet ont également été pris en compte. Les détails de la description du Projet ont été révisés dans l'objectif de considérer toute interaction avec l'environnement naturel, y compris le vent, les vagues et la glace. Les plans et activités du Projet ont été conçus pour refléter les limitations imposées par l'environnement naturel. Un exemple d'un tableau récapitulatif des effets environnementaux du milieu naturel sur le Projet est présenté au tableau 4-6.

Tableau 4-6 Effets environnementaux du milieu naturel sur le Projet

Événement environnemental marin	Mitigation
Événements en zone côtière	
Vent/vagues – exploitation de ROV	
Vent/vagues – exploitation de barge, remorqueur ou navire de soutien	
Vent/vagues – accès aux structures-poids au site en mer profonde	
Vagues – défaillance de la digue de protection	
Vagues/courants – défaillance du mouillage	
Onde de tempête/niveau d'eau élevé – inondation et dommage de la cale sèche ou de la digue de protection	
Température de la mer – contribution au givrage possible du navire et de la structure	
Température de la mer – exposition du personnel	
Événements en mer	
Tsunamis – perturbation du système de chargement en mer/pétroliers (courants élevés)	
Vent/vagues – exploitation de remorqueur ou navire de soutien (par exemple, glace, intervention après un déversement, recherche et sauvetage	
Vagues/bas niveau d'eau affectant l'installation de la plate-forme de Hebron sur le fond de l'océan	
Courants – perturbation du système de chargement en mer/pétroliers	
Température de la mer – contribution au givrage possible du navire et de la structure	
Température de la mer – exposition du personnel	
Glace marine et icebergs saisonniers	
Changement du climat – montée du niveau de la mer	
Changement du climat - vagues	
Changement du climat – température de surface de la mer	
Changement du climat – glace marine et icebergs	

Un effet important de l'environnement sur le Projet est un effet qui :

- Cause des inconvénients au personnel du Projet ou au public
- Cause un délai substantiel dans la construction (ex : plus d'une saison) ou arrête l'exploitation
- Endommage l'infrastructure et compromet la sécurité du public
- Endommage l'infrastructure au point que les réparations ne sont pas économiquement ou techniquement faisables

Alors que les effets de l'environnement sur le Projet peuvent, à leur tour, avoir des effets directs sur l'environnement (ex : un déversement de pétrole pourrait être causé par des conditions météorologiques difficiles ou de la glace), il est difficile de traiter ce sujet de façon détaillée pour chaque CVE dans le cadre de l'évaluation environnementale. Par exemple, dans le cas d'un accident, le pire scénario, quelle qu'en soit la cause, a été évalué pour chaque CVE. Les effets de l'environnement sur le Projet sont évalués au chapitre 13.

TABLE DES MATIÈRES

5 CONSULTATION 5-1

5.1 Consultation publique 5-3

5.2 Consultations des organisations non gouvernementales de l'environnement 5-7

5.2.1 Méthode employée pour la consultation 5-7

5.2.2 Questions 5-8

5.3 Consultations avec les pêcheries 5-9

5.3.1 Zone d'étude côtière 5-10

5.3.1.1 Méthode employée pour les consultations 5-10

5.3.1.2 Questions 5-10

5.3.2 Zone d'étude extracôtière 5-14

5.3.2.1 Méthode employée pour les consultations 5-14

5.3.2.2 Questions 5-15

5.4 Réunions avec les services et agences gouvernementales 5-17

5.5 Autres méthodes de consultation 5-17

5.5.1 Suivi des médias 5-18

5.5.2 Site Internet du projet 5-18

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A Rapport de consultation

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5-1 Événements de la consultation organisée à l'appui du REA 5-3

Tableau 5-2 Commentaires concernant l'environnement 5-4

5 CONSULTATION

La L*oi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE) exige qu'une consultation publique soit organisée pendant les évaluations environnementales au niveau des études approfondies. La LCEE exige que cette consultation publique soit entreprise à trois stades au cours de l'étude approfondie :

- pendant la préparation du document définissant l'étendue de l'étude (article 21.1, al.1);
- pendant la conduite de l'étude approfondie (article 21.2);
- pendant l'examen du rapport d'étude approfondie (REA), avant l'émission par le ministère d'un avis de décision (article 22)

Le document définissant l'étendue de l'étude fut mis à la disposition du public par les autorités responsables (AR) pour étude et commentaires, selon les dispositions de l'article 21.1, al.1 de la LCEE, pendant la période comprise entre le 22 avril et le 22 mai 2009. Un avis public fut affiché sur le site Internet du Registre pour débuter la période des commentaires publics. Au nom des AR, l'Office Canada-Terre-Neuve et Labrador des hydrocarbures extracôtiers (C-NLOPB) a invité le public à faire des commentaires sur le projet de document définissant l'étendue de l'étude concernant le projet Hebron (ci-après le «Projet»). Un avis fut également affiché sur le site Internet du C-NLOPB et, le projet de document définissant l'étendue de l'étude et la Description du Projet ont été rendus disponibles sur le site Internet du C-NLOPB ; des exemplaires imprimés sont envoyés sur demande par le C-NLOPB.

Des avis furent également publiés dans les journaux locaux suivants :

- *The Telegram* – 25 avril 2009
- *The Western Star* – 25 avril 2009
- *The Advertiser* – 27 avril 2009
- *The Gulf News* – 27 avril 2009
- *The Labradorian* – 27 avril 2009
- *The Packet* – 30 avril 2009
- *The Gander Beacon* – 30 avril 2009

Des commentaires ont été demandés, soit sous forme électronique, soit par courrier postal, au plus tard le 22 mai 2009. Aucun commentaire n'a été reçu en réponse à la publication de l'avis.

Un programme de consultation destiné à répondre aux exigences de l'article 21.2 de la LCEE a été établi et mis en œuvre par ExxonMobil Canada Properties (EMCP). Des questions et des problèmes soulevés par les parties prenantes pendant toutes les consultations sont traitées dans le présent REA.

EMCP reconnaît l'importance des communications avec les organismes administratifs fédéraux, provinciaux et municipaux, les parties prenantes et le public, et par conséquent, EMCP a mené un programme de consultation étendu auprès du public et des parties prenantes concernant le Projet. Le

programme prenait pour cibles principalement les régions géographiques qui devaient être probablement les plus affectées par le Projet, notamment la région de l'isthme de Terre-Neuve, Marystown, et St. John's. Cependant, un public plus élargi a été touché par des réunions dans d'autres communautés telles que Corner Brook. Le programme de consultation pendant la préparation du REA a mis en cause :

- l'étude des documents d'évaluation environnementale préparés antérieurement pour la mise en valeur de gisements d'hydrocarbures extracôtiers au large de Terre-Neuve et du Labrador, en particulier le prolongement méridional de White Rose et d'Hibernia
- l'examen des questions soulevées pendant les consultations organisées pour la mise en valeur des projets White Rose, Terre-Neuve et Hibernia
- la consultation des membres des communautés, des pêcheurs, des entreprises et des organismes, des groupes féminins, des organisations environnementales non gouvernementales (ONGE), des groupes de jeunes et du public en général (ateliers d'information, visites libres, réunions et présentations)
- des réunions avec les services et les agences
- des visites libres
- le suivi par les médias
- la diffusion d'information concernant le Projet par les médias traditionnels et sous forme électronique
- la création d'un site Internet pour le Projet (www.hebronproject.com)

Comme composante importante du programme de consultation, il faut mentionner l'enregistrement des questions et des commentaires soulevés lors des réunions et des événements. Les réunions, les événements, les conférences de presse et les présentations furent enregistrés dans une base de données de suivi des questions contenant également les questions et les commentaires formulés. Les questions soulevées par les médias et soumises sur le site Internet furent également enregistrées dans la base de données en question.

Un rapport détaillé sur les questions reliées à l'étendue du Projet et au programme de consultation des parties prenantes est inclus dans le rapport de consultation publique du projet Hebron (Annexe A). Ce chapitre présente un résumé du programme de consultation pour le REA et indique les observations, les questions, les commentaires, les problèmes et les préoccupations identifiés par le programme.

Les consultations menées jusqu'à ce jour pendant la préparation de l'étude approfondie sont présentées en détail ci-dessous. EMCP poursuivra un dialogue ouvert avec toute partie prenante présentant des questions ou des préoccupations. Des réunions régulières sont prévues avec les pêcheries et les organismes administratifs.

En vertu de l'article 22 de la LCEE, l'Agence invitera le public à formuler des commentaires sur le REA avant la délivrance d'une décision définitive sur l'évaluation environnementale par le ministère de l'Environnement. (ci-après le «Ministère» Ce dernier pourra demander des informations supplémentaires

ou exiger que les préoccupations du public soient prises en compte de manière plus approfondie avant de formuler sa décision définitive sur l'évaluation environnementale. Après que le Ministère aura présenté sa décision, le Projet sera soumis de nouveau aux AR pour action.

5.1 Consultation publique

L'équipe de l'étude du projet Hebron a rédigé un plan de consultation engageant le public et les groupes de parties prenantes, comme mécanisme favorisant le partage de l'information, les réponses aux questions, et l'enregistrement de tous les commentaires et des questions identifiées par les participants. Pendant la préparation du Rapport d'étude approfondi (REA), le programme de consultation a mis en cause huit événements indiqués dans le Tableau 5-1. La description détaillée de ces événements ainsi que d'autres consultations entreprises par l'équipe de l'étude du Projet à l'appui du Plan de mise en valeur, de l'Étude sur l'impact socio-économique et du Plan d'avantages est incluse dans l'Annexe A.

Tableau 5-1 Événements de la consultation organisée à l'appui du REA

Événement	Date et Lieu	Nombre de participants
Groupe de travail One Ocean	Février 2009, St. John's	100
Réunion des pêcheurs de la zone de Bull Arm Représentants de : • Communautés locales de pêcheurs • One Ocean • Syndicat Fish, Food and Allied Workers (FFAW)	12 août 2009, Bellevue	9
Groupe de travail ONGE Représentants de : • Sierra Club • Natural History Society (Association d'histoire naturelle) • Newfoundland and Labrador Environmental Association (Association pour l'environnement de Terre-Neuve et du Labrador) • Alder Institute (Institut Alder) • Canadian Parks and Wilderness Society (Société pour la nature et les parcs du Canada – SNAP) • Northeast Avalon ACAP (Programme d'action pour la côte Atlantique au Nord-est d'Avalon) • Whale Release and Strandings (Groupe de libération et échouage de baleines) • Newfoundland and Labrador Environmental Network (Réseau pour la protection de l'environnement de Terre-Neuve et du Labrador)	11 septembre 2009, St. John's	6 *Remarque : certains participants représentaient plusieurs ONGE
Réunion de suivi des ONGE Représentants de :	27 janvier 2010	3

Événement	Date et Lieu	Nombre de participants
• Northwest (Nord-est) Avalon ACAP • SNAP • Natural History Society		
Groupe de travail des pêcheurs extracôtiers Représentants de : • Syndicat FFAW • One Ocean • Pêcheurs extracôtiers	03 décembre 2009, St. John's	12
Visites libres – Clarenville	14 septembre 2009, Clarenville	37
Visites libres – Marystown	15 septembre 2009, Marystown	29
Visites libres – St. John's	17 septembre 2009, St. John's	117
Visites libres – Corner Brook	21 septembre 2009, Corner Brook	39

Des réunions d'orientation des parties prenantes se sont tenues avec les pêcheurs de la région de Bull Arm, le secteur extracôtier et la communauté des ONGE locales (voir sections 5.2 et 5.3). Une présentation du Projet suivie d'une discussion générale pendant laquelle les parties pouvaient poser des questions, faire des commentaires et indiquer leurs préoccupations a eu lieu au cours de ces réunions.

Les visites libres ont eu lieu en deux groupes, l'un de 14hrs à 16hrs et l'autre de 19hrs à 21hrs. La participation était ouverte à tous les membres du public et au total, 222 personnes se sont présentées. Les visites libres ont fourni des informations sur le Projet à l'aide d'une présentation et des affiches, et elles ont fourni au grand public l'occasion de parler directement aux membres principaux de l'équipe de direction du projet Hebron et de se faire entendre sur les points faisant l'objet de leur intérêt et de leurs préoccupations.

Les commentaires offerts pendant ces réunions et les groupes de travail concernant les sujets traités dans le REA sont résumés dans le Tableau 5-2. Ce dernier indique également la section du REA où chaque commentaire ou préoccupation est adressé.

Tableau 5-2 Commentaires concernant l'environnement

Commentaire	Section du REA où sont traités les commentaires/sujets de préoccupation
Événements accidentels	
Comprennent les déversements de pétrole et de produits chimiques associés au passage des pétroliers	Section 2.9.5
Comprennent les petits déversements chroniques de pétrole et de produits chimiques impliqués dans la modélisation et les prévisions	Sections 14.1.3, 14.2, 14.3
Comprennent et précisent les données relatives aux déversements pétroliers provenant de Terre-Neuve et du Labrador	Sections 14.1, 14.2, 14.3
Effets et probabilités d'éruptions de puits	Sections 7.5.4, 8.5.3, 9.5.4, 10.5.4, 11.4.1.4, 11.4.3, 11.5.3, 11.6.3, 12.5.1, 14.1.1

Commentaire	Section du REA où sont traités les commentaires/sujets de préoccupation
Probabilité d'impact avec les icebergs et cas de modélisation utilisés	Sections 2.9, 3.1.4, 3.2.3, 13.3, 13.4, 14.4, 14.6, 17.1
Oiseaux	
Effets du brûlage sur les oiseaux marins	Section 9.5.2
Effets des petits déversements pétroliers chroniques sur les oiseaux marins	Section 9.5.4
Programmes de suivi pour les oiseaux marins	Section 9.5.7
Pêcheries commerciales	
Nécessité de programmer les explosions pour éviter les effets sur les populations de poissons migrateurs	Sections 8.4.1, 8.5.1, 8.5.4
Inquiétudes concernant les populations locales de crabes proches des sites d'amarrage en eau profonde, au cas où des dragages ou des évacuations en mer seraient envisagés.	Sections 8.4.1, 8.5.1, 8.5.4
Inquiétude des pêcheurs côtiers reliée à une interdiction possible des zones de pêche dans la région de Bull Arm, particulièrement près du site en eau profonde	Sections 8.4.1, 8.5.1, 8.5.4
Inquiétude relative aux activités et à la circulation maritime supplémentaire associées à la construction de structures à embase-poids (Gravity Base Structure--GBS) qui pourraient troubler les opérations de pêche	Sections 8.4.1, 8.5.1, 8.5.4
Effets du bruit et des éclairages liés à la construction sur la pêche	Sections 8.4.1, 8.5.1, 8.5.4
Inquiétude liée à la perte des engins de pêche et aux dommages qui leur sont infligés	Section 8.4.1
Inquiétude que les champs de pêche extracôtiers soient perdus en raison des zones de sécurité et d'exclusion supplémentaires	Section 8.4.1
Effets sur l'exploration et la production d'hydrocarbures sur les Grand Banks et les pêcheries futures	Section 8.4.1
Espèces en péril et espèces à statut spécial	
Effets sur les décharges programmées sur la faune marine et les oiseaux marins	Sections 11.4.2, 11.6.2
Effets des petits déversements chroniques de pétrole et de produits chimiques sur la faune marine et les oiseaux marins	Sections 11.4.3, 11.6.3
Effets des éruptions de puits sur la faune marine et les oiseaux marins	Section 11.4.3, 11.6.3
Évaluation environnementale / demande de mise en valeur	
Inclusion dans l'évaluation de la circulation des pétroliers associée au Projet	Section 2.9.5
Incorporation des commentaires effectués à propos d'évaluations extracôtières antérieures	REA (généralités)
Gestion de l'environnement	
Les pêcheurs locaux devraient être consultés par rapport aux programmes de suivi concernant les poissons et leurs habitats	Section 8.5.1
Les poissons et leurs habitats	
Effets des petits déversements chroniques de pétrole et de produits chimiques sur la faune marine	Section 7.5.4

Commentaire	Section du REA où sont traités les commentaires/sujets de préoccupation
Effets du dragage sur la qualité de l'eau dans la région de Bull Arm	Section 7.5.1.2
Effets des explosions sur les espèces pélagiques (hareng, maquereau, capelan)	Section 7.5.4
Effets des déversements pétroliers sur les frayères à harengs à Bull Arm	Section 7.5.4, 12.5.1.1
Mammifères marins	
Effets des explosions sur les mammifères marins	Section 10.5.1
Suivi	
Donner accès au public 24 heures sur 24 aux données brutes de suivi concernant l'eau produite et les autres courants de déchets	Chapitre 15
Donner accès au public aux données brutes relatives au suivi des effets environnementaux (EEM)	Chapitre 15
Programmes de suivi des effets environnementaux sur les poissons et leurs habitats	Section 7.5.7
Participation du public	
La communication directe entre EMCP et le public doit être permanente	Section 5.1
Il est important de communiquer au public les résultats du REA et de l'étude d'impact socio-économique	Section 5.1
Description technique/du Projet	
Est-ce que la structure à embase-poids comporte un mur de protection contre la glace ? Est-ce qu'une telle structure peut résister à l'impact d'un iceberg ?	Sections 2.6, 2.7, 2.8.2
Est-ce qu'il y aura des explosions sous-marines pour la création d'un merlon de protection à Bull Arm ?	Section 2.8.1
Quelles sont les dimensions de la cale sèche à Bull Arm ?	Section 2.8.1
Est-ce que la plate-forme de production sera capable de produire du gaz naturel en plus du pétrole ?	Section 2.11
Quantifier les produits de brûlage	Sections 2.9, 2.6.2.2, 6.3.2
Est-ce que le Projet comprend le forage d'avant-trous extracôtiers ?	Section 2.8.6
Quel sont les moyens de transport du pétrole jusqu'au marché ?	Section 2.9.5
Quelles sont les méthodes de transport des boues et des déblais de forage entre la côte et les sites extracôtiers ?	Section 2.9
Où sera l'origine des matériaux de charge des puits (boues et déblais de forage) ?	Section 2.9.5
Gestion des déchets	
Inquiétude concernant les débris/déchets flottants provenant du site de construction en eau profonde	Section 16.4.3.1
Les déchets venant des sites de construction peuvent dépasser la capacité des sites de gestion de déchets	Section 16.4.3.1

Le message principal transmis pendant les visites libres indique que la majorité des participants soutient le Projet et désire le voir aboutir d'une manière consciencieuse envers l'environnement, rapportant un maximum d'avantages, en particulier aux communautés adjacentes aux sites de construction existants, tels que Clarenville et Marystown.

Dans l'ensemble, les questions soulevées au cours du programme de consultation étaient principalement liées aux avantages industriels, à l'emploi, au concept de mise en valeur, à la construction et aux questions d'exploitation. Toutes ces questions seront traitées. La liste complète de toutes les questions soulevées pendant le programme de consultation est disponible à l'Annexe A.

5.2 Consultations des organisations non gouvernementales de l'environnement

Cette section décrit et résume les consultations entreprises par EMCP au sein des communautés d'ONGE à Terre-Neuve et au Labrador. Selon la description ci-dessus, les commentaires spécifiques qui ont été formulés avec l'indication de la section dans laquelle ils ont été traités dans le REA sont présentés en détail dans le Tableau 5-2.

5.2.1 Méthode employée pour la consultation

Un groupe de travail sur la consultation avec la communauté des ONGE s'est réuni dans les bureaux d'Hebron à St. John's, en septembre 2009. Le but de ce groupe de travail consistait à fournir des informations sur le Projet aux représentants des ONGE, à répondre à toutes les questions reliées au Projet et à documenter les points soulevant des inquiétudes.

Des invitations ont été envoyées à neuf ONGE : l'Institut Alder, la Société pour la nature et les parcs du Canada—SNAP, la Société d'Histoire Naturelle , l'Association pour la protection de l'environnement de Terre-Neuve et du Labrador, le Programme d'action pour la côte Atlantique (ACAP) au Nord-est d'Avalon, le Sierra Club, le groupe de libération et échouage de baleines, et le Fonds mondial pour la protection de la faune sauvage; huit d'entre elles ont participé. Une description du Projet fut distribuée à tous les participants et une présentation en PowerPoint a permis la visualisation de la conception, des activités et du programme du Projet, suivie de questions et de l'expression de sujets d'inquiétude.

À la clôture du groupe de travail, les participants furent invités à prendre contact avec l'équipe de l'étude du Projet pour toutes questions supplémentaires ou indications de préoccupations éventuelles. Une réunion de suivi s'est tenue en janvier 2010 avec les représentants du programme ACAP, de la SNAP, et de la Société d'Histoire Naturelle. Cette réunion était justifiée en réponse aux lettres reçues par EMCP, adressées par l'ACAP et la SNAP, posant plusieurs questions concernant les détails de la description de Projet. EMCP a fourni une brève actualisation de l'état du Projet et du processus d'évaluation environnementale. La réunion a ensuite rempli sa

mission de réponse aux questions posées dans les lettres, notamment au sujet du transport de pétrole et des boues de forage, du rejet d'eau produite, de l'origine des charges de puits et des composants de boues, ainsi que de la disponibilité des données originaires des programmes de suivi des effets environnementaux (EEM).

5.2.2 Questions

Dans les groupes de travail, les participants ont soulevé certaines questions liées au projet Hebron. Cependant, le point focal des discussions a concerné les questions en cours liées à l'industrie des hydrocarbures extracôtiers à Terre-Neuve et au Labrador, ainsi que la manière dont le projet Hebron traitera ces questions pour son exploitation.

Au cours des discussions sur les activités de construction à Bull Arm, les principales préoccupations exprimées concernait les explosions. Pendant la construction de la structure à embase-poids (GBS) d'Hibernia, une association a été évoquée entre l'échouage de baleines dans la région de Bull Arm et les explosions sur le site. On nota que les mesures standardisées telles que les écrans à bulles aideront à atténuer ces questions pendant la construction de la structure GBS Hebron et que les explosions doivent être programmées pour éviter la présence de baleines.

Au cours de la discussion sur la phase d'exploitation du Projet, la plupart des commentaires avaient pour cible les questions reliées aux installations extracôtières existantes ainsi que la manière dont l'équipe Hebron pourrait éviter ou minimiser des problèmes semblables. Les questions concernaient les déversements petits ou chroniques de pétrole, l'accès aux données de suivi environnemental et leur transparence, l'impact des brûlages et des déversements sur les oiseaux marins, ainsi que les préoccupations reliées aux décharges au large des côtes (déblais et boues de forage, eau produite, déversements de pétrole).

Les participants ont également indiqué que les questions concernant la circulation des pétroliers et tous les déversements de pétrole ou de carburant associés au transport des produits vers le marché devraient faire partie du Projet pour les besoins de l'évaluation environnementale.

Les questions et les préoccupations spécifiques soulevées pendant les consultations et comprises dans l'étendue du Projet sont décrites ci-dessous et sont comprises dans le Tableau 5-2. Elles sont étudiées de façon plus approfondie à l'Annexe A.

- Explosions sous-marines : les participants ont émis des réserves par rapport aux mesures d'atténuation mise en œuvre pour la protection des mammifères marins dans l'éventualité où des explosions sous-marines seraient provoquées pendant la construction à Great Mosquito Cove. Pendant la construction de la structure GBS d'Hibernia, on associa les explosions sur le site avec l'échouage de baleines à Bull Arm. Il fut déclaré que s'il est nécessaire de provoquer des explosions, des mesures d'atténuation standardisées telles que des écrans à bulle devraient être

prises et que les explosions devraient être programmées de manière à éviter la présence de mammifères marins ;

- Brûlage : les représentants ont indiqué qu'ils avaient des réserves concernant la quantité de produits de brûlage observée à d'autres installations extracôtières, dans la mesure où les torches attirent les oiseaux, changent leurs habitats, ce qui peut aboutir à des mortalités. Bien que ces participants préfèrent l'absence de torche, ils demandèrent que le brûlage soit minimisé, surtout pendant la nuit ;
- Déversements pétroliers et éruptions de puits : une inquiétude se manifesta, demandant que les déversements petits ou chroniques, ainsi que les films luisants qui entourent les plates-formes de production, fassent l'objet de plus d'attention pendant l'évaluation environnementale. Il fut mentionné que dans les évaluations passées ces déversements chroniques n'avaient pas été inclus et que le nombre de déversements prévus avait été dépassé de beaucoup. Il fut également demandé que l'évaluation environnementale comprenne les données sur les déversements de Terre-Neuve et du Labrador et n'utilise pas seulement des statistiques mondiales ;

  Outre les déversements pétroliers accidentels, les participants étaient concernés par la probabilité d'éruption de puits et l'impact possible sur les oiseaux marins. Les participants ont également demandé si l'option d'avant-trou augmenterait le risque d'éruption de puits avant l'installation ;
- Décharges extracôtières : les participants étaient préoccupés par la décharge prévue d'eau produite et préféreraient qu'il y ait absence complète d'utilisation de l'environnement marin pour le traitement des déchets et leur élimination. Cependant, les participants étaient satisfaits d'apprendre que les déblais et les boues de forage seraient réinjectés ;
- L'impact des icebergs et la gestion des glaces : les participants ont soulevé le problème des conséquences environnementales si la structure à embase-poids faisait l'objet d'une collision avec un iceberg. Ils ont indiqué que la structure GBS devait être construite de manière à résister à l'impact des icebergs et de la glace de mer, en tenant compte du changement de climat dans la conception.

Chacune de ces questions fut l'objet de discussions aux réunions et/ou sont traitées dans des sections spécifiques du REA (consulter le Tableau 5-2).

5.3 Consultations avec les pêcheries

Cette section décrit et résume les consultations du Projet avec les secteurs de pêcheries côtières et extracôtières. Le chapitre 8 (Pêcheries commerciales) fournit des informations sur ces pêcheries, en incorporant des détails sur les pratiques de pêche locales recueillis pendant les consultations (concernant surtout la zone d'étude côtière). L'évaluation des effets du Projet sur les pêcheries, notamment les questions soulevées pendant les consultations ainsi que les moyens et les mécanismes identifiés pour atténuer les effets possibles sont présentés au chapitre 8.

Avant la mise en œuvre des groupes de travail des consultations Hebron, EMCP a participé à une conférence de pêcheurs organisée par One Ocean en février 2009. One Ocean est un organisme de liaison destiné à maintenir les communications entre les industries de la pêche et des hydrocarbures à Terre-Neuve et au Labrador. Les généralités du Projet furent présentées et certaines inquiétudes furent évoquées par les participants au sujet des effets possibles sur les pêcheries commerciales. Ces commentaires ont été inclus dans le Tableau 5-2. Des détails supplémentaires relatifs aux consultations avec l'industrie de la pêche sont inclus dans l'Annexe A.

5.3.1 Zone d'étude côtière

5.3.1.1 Méthode employée pour les consultations

Des consultations furent organisées avec les pêcheurs et les Comités de pêcheurs établis dans sept ports de base compris dans la zone d'étude côtière : Sunnyside, Chance Cove, Bellevue, Thornlea, Norman's Cove, Long Cove et Chapel Arm. Ces communautés comprennent un Comité de pêcheurs qui est une structure établie dans les années 80 par le syndicat de pêcheurs FFAW (Fish, Food and Allied Workers) et des représentants des pêcheurs. Ces comités élus au niveau communautaire (quatre dans la zone de l'étude) ont pour mission de représenter les pêcheurs dans une zone ou une municipalité particulière. Les comités se composent normalement de quatre ou cinq membres, y compris un président.

Des représentants de l'équipe EMCP chargée des consultations ont tenu des réunions avec chacun des comités en juin et juillet 2009. Une description du Projet a été fournie à chaque groupe et les activités du Projet prévues pour la zone de Bull Arm furent étudiées et discutées de manière approfondie. Les pêcheurs ont posé des questions sur le Projet, indiqué leurs préoccupations et les problèmes éventuels, discuté les effets possibles sur leurs activités et présenté des suggestions de mesures d'atténuation.

Une réunion conjointe avec les représentants des comités de pêcheurs s'est tenue le 12 août 2009 afin de présenter l'équipe de projet d'EMCP, des informations sur le projet Hebron, et examiner et discuter des activités de projet spécifiques prévues pour le site de construction de Bull Arm. Des représentants du syndicat FFAW et de One Ocean, organisme de liaison entre les industries de la pêche et des hydrocarbures à Terre-Neuve et au Labrador, étaient également présents. À la suite de la présentation faite par les représentants d'EMCP, une discussion générale eut lieu où les pêcheurs ont pu poser des questions, évoquer des sujets de préoccupation et partager les leçons apprises suite à leur expérience acquise pendant la construction de la structure à embase-poids d'Hibernia.

5.3.1.2 Questions

Parmi les pêcheurs, un bon nombre d'entre eux ayant eu l'expérience passée du projet de construction de la structure à embase-poids Hibernia ont partagé leurs connaissances et exprimé leurs inquiétudes concernant les activités de construction de la structure à embase-poids Hebron.

Bien que les activités de construction du projet Hebron proposées pour Bull Arm seront semblables à celles du projet Hibernia (tous deux sont des projets de construction de structure à embase-poids), les représentants des pêcheries ont indiqué que les effets économiques possibles sur leurs opérations de collecte de poissons pourraient être différents de ceux qui furent associés au projet Hibernia. Ils ont expliqué, par exemple, que les habitudes de pêche et les lieux de pêche ont beaucoup changé depuis la construction de la structure à embase-poids Hibernia dans les années 90. Au début des années 90, la pêche aux crabes à Trinity Bay en était à ses débuts; aujourd'hui, le crabe est l'espèce la plus importante économiquement pour toutes les entreprises. Les pêcheurs ont exprimé leurs inquiétudes relativement à l'interférence des activités du Projet avec cette pêche particulière.

Comme autre différence, il faut signaler la pêche d'automne pour deux espèces pélagiques importantes : le maquereau et le hareng. Ces pêches représentent une composante économique bien plus importante de la pêche locale qu'elles ne l'étaient il y a 18 ans. Les activités de collecte d'espèces pélagiques ont lieu partout sur le fond de la baie de Trinité (Trinity Bay), en particulier le long de la côte de Tickle Bay, depuis la pointe de Tickle Harbour jusqu'à Bull Arm. De nombreux navires d'une longueur dépassant 13 mètres (40 pieds) comptent désormais sur les revenus de la pêche (en fin de saison) de ces espèces pélagiques pour compléter leur revenu annuel en provenance de la pêche. Compte tenu de ces facteurs, les pêcheurs étaient très inquiets des effets possibles sur l'une ou l'autre de ces pêches.

Les pêcheurs ont également signalé les améliorations apportées aux techniques de collecte, la nouvelle technologie et de meilleurs engins de pêche ayant amélioré la possibilité d'identifier, de localiser et de collecter les ressources de pêche dans leur région. Ils ont indiqué avoir de meilleures connaissances et une meilleure compréhension de la pêche et de meilleures informations concernant les lieux de pêche. Les nouveaux systèmes de localisation des poissons leur permettent de suivre les poissons et de calculer le moment de leur collecte de façon à ce qu'elle soit maximale. Les améliorations de conception des sennes coulissantes permettent aux opérateurs de navire de pêcher le maquereau très près de l'infrastructure côtière (par ex., le quai de construction à Great Mosquito Cove). Aujourd'hui, les pêcheurs savent mieux comment ces lieux de pêche pourraient être affectés par des activités de construction maritime.

Les pêcheurs ont indiqué que, grâce aux changements structurels qui ont eu lieu dans les pêcheries de la zone d'étude des eaux littorales depuis le projet Hibernia, de nombreuses entreprises exploitantes sont très inquiètes de tout ce qui pourrait affecter les revenus et les marges bénéficiaires, en particulier, compte tenu des activités économiques actuelles, des marchés de produits et des structures coûts/prix de l'industrie de la pêche. À ces préoccupations vient s'ajouter la courte période ouverte pour la récolte de certaines espèces. Par exemple, le capelan est généralement disponible pendant 9 à 10 jours et doit donc être pêché rapidement, avant que les conditions du marché ne changent ou avant que le quota ne soit rempli. Les pêcheurs ont indiqué que

les mêmes observations s'appliquent au hareng et au maquereau qui peuvent être abondants dans une zone pendant plusieurs jours mais quittent rapidement les eaux en réponse à divers facteurs tels que la température de l'eau, le niveau de bruit ou les conditions de luminosité du site.

Pour aider à réduire les effets éventuels sur leurs pêches, les pêcheurs indiquent leur souhait de participer et d'être impliqués à un haut niveau dans les décisions concernant le Projet qui risqueraient d'affecter l'exploitation au jour le jour et leurs intérêts à long terme. Les pêcheurs avaient un fort sentiment qu'ils devaient être la voix prépondérante dans toute liaison et communication entre les pêcheries locales et le Projet. Ils ont nettement indiqué qu'ils ne souhaitaient pas que des représentants de l'industrie de la pêche vivant en dehors de la région parlent en leur nom et, ils préféraient qu'un comité de représentants locaux soit établi, comme cela avait eu lieu pendant la construction de la structure à embase-poids Hibernia. Ils pensent que les pêcheurs de la zone d'étude des eaux littorales possèdent les meilleures connaissances concernant la zone locale pour informer le Projet des questions clés de l'industrie et des problèmes, et pour recommander des mesures adéquates destinées à atténuer les effets possibles.

Les sujets d'inquiétude et les questions spécifiques soulevés pendant les consultations sont résumés ci-dessous et ont été inclus dans le Tableau 5-2. Les questions de biophysique sont traitées de façon détaillée au chapitre 7 (Poissons et habitat du poisson) et les questions relatives aux pêcheries sont traitées au chapitre 8 (Pêcheries commerciales) où les questions et les sujets de préoccupation pertinents qui ont été soulevés sont examinés dans l'évaluation des effets.

Les questions biophysiques soulevées pendant la consultation avec les pêcheurs côtiers comprenaient :

- Les explosions sous-marines : les pêcheurs ont manifesté des réserves au sujet des opérations d'explosion à Great Mosquito Cove qui pourraient avoir des effets à court et à long terme sur des espèces clés telles que le hareng, le maquereau et le capelan. Ils ont exprimé leurs opinions selon lesquelles les pêcheries de hareng de la zone sont tout juste en état de récupération à la suite du projet Hibernia (par ex., l'explosion au fond de la mer à Great Mosquito Cove). Les pêcheurs veulent être consultés avant qu'aucune explosion n'ait lieu, en particulier en ce qui concerne le calendrier des activités d'explosion. Les pêcheurs ont exprimé leurs inquiétudes, à savoir, que les explosions troublent la migration du hareng au printemps et à l'automne, ce qui pourrait avoir des effets sur les stocks si les harengs hivernent à Bull Arm comme ils l'ont fait au cours des années précédentes.

  Les pêcheurs souhaiteraient voir les résultats d'analyse des ondes de choc résultant des explosions afin d'identifier et d'évaluer l'étendue géographique des activités d'explosion. Comme option possible de suivi, les pêcheurs ont suggéré qu'un test de pêche soit effectué avant et après toute opération d'explosion pour déterminer les effets sur les stocks de poissons locaux commerciaux. Les pêcheurs ont aussi suggéré que les

navires de la zone d'étude côtière devraient participer en partie à cette recherche.

- Effets sur les zones de fraie du hareng : les pêcheurs ont signalé leur inquiétude concernant un déversement accidentel de pétrole et les effets des sédiments sur la qualité de l'eau à la suite d'un rejet de matériaux sur un site d'immersion dans l'océan. Ils ont identifié des sujets de préoccupation relatifs aux effets possibles sur les zones de fraie du hareng dans la région de Bellevue, connue localement sous le nom de « Broodn » (couvée).
- Effets sur la qualité de l'eau : des inquiétudes furent évoquées concernant les opérations de dragage et l'élimination des matériaux du fond de la mer provenant de Great Mosquito Cove à un site d'immersion approuvé, et les effets négatifs sur la qualité de l'eau.

Les questions associées aux pêcheries commerciales soulevées pendant la consultation avec les pêcheurs côtiers comprenaient :

- L'exclusion des champs de pêche : exclusion des espèces pélagiques des champs de pêche dans la région de Bull Arm, surtout dans les zones de pêche à proximité des sites en eau profonde ; et exclusion des champs de pêche de la langouste et autres espèces à Great Mosquito Cove.
- Troubles des opérations de récolte : impact des activité maritimes (circulation maritime) sur les opérations de récolte de poissons, notamment lorsque des niveaux d'activité élevés pourraient rendre la pêche plus difficile ou dangereuse et pourraient résulter en l'exclusion des zones congestionnées, et surtout, des activités du Projet qui pourraient interférer avec les opérations de pêche au crabe et autres espèces dans la partie des voies de circulation maritime de Tickle Bay.
- Dommages aux engins et navires de pêche : les dommages aux engins et navires de pêche par les navires du Projet ou par les débris reliés au Projet qui s'échappent du site.
- Effets du bruit et de la luminosité sur la possibilité de capture : effets des activités associées à la construction sur le comportement des poissons et/ou de la circulation dans la zone de Bull Arm, surtout au moment où la structure à embase-poids sera positionnée sur le site en eau profonde.

Recommandations de mesures d'atténuation

Les pêcheurs ont proposé les recommandations et les mesures d'atténuation suivantes pour réduire l'impact éventuel sur les pêcheries commerciales dans la zone d'étude côtière. Ces recommandations et mesures sont traitées en détail aux chapitres 7 et 8.

- Aide à l'achat de radios VHF ou de réflecteurs radars dans le cadre d'un plan de sécurité et de communications maritimes
- Rétablissement de la voie de circulation maritime dans le détroit de Bull Arm

- Mise en œuvre d'un programme de suivi des effets environnementaux (EEM) pour identifier les effets éventuels sur les espèces commerciales ou les habitats
- Mise en œuvre d'un programme d'échantillonnage pour vérifier la qualité de l'eau à Bull Arm avant le démarrage de la construction (les pêcheurs et les navires de pêche locaux devraient participer à ces programmes, comme cela eut lieu pour le projet Hibernia)
- Maximisation des avantages économiques locaux pour les pêcheries participantes (par ex., engagement des navires de pêche de la zone d'étude côtière pour supporter diverses opérations du Projet) afin d'aider à la compensation des pertes et dépenses supplémentaires
- Mise en application d'un programme de compensation des engins de pêche
- Prévision d'un programme de compensation pour le manque à gagner associé à la perte d'accès aux champs de pêche et à la perte d'occasions de récolte de poissons

Ces recommandations et les mesures d'atténuation seront étudiées par EMCP. Des discussions approfondies avec les pêcheurs auront lieu relativement au suivi et à la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

5.3.2 Zone d'étude extracôtière

5.3.2.1 Méthode employée pour les consultations

Les participants de la flotte extracôtière indépendante ont rencontré les représentants d'EMCP et son consultant en matière de pêcheries en décembre 2009, afin de discuter des questions et des préoccupations relatives au Projet. Des représentants de One Ocean et du syndicat FFAW étaient également présents. Cette flotte extracôtière comprend des entreprises dont les activités sont essentiellement la pêche au crabe et la récolte des crevettes, celle-ci s'accompagnant aussi de la récolte de poissons de fond et d'espèces pélagiques. La flotte comporte trois segments basés sur le type de permis détenu pour la pêche au crabe par chacune des entreprises :

- 44 entreprises se situent dans la flotte « à plein temps »
- 78 entreprises se situent dans la flotte « supplémentaire majeure »
- 240 entreprises se situent dans la flotte « supplémentaire mineure » (les navires de cette flotte n'ont pas actuellement d'activités dans le Bassin Jeanne d'Arc). Cependant, ces navires ont une possibilité d'interaction avec les opérations de l'industrie pétrolière dans d'autres zones maritimes extracôtières (par ex., le long des voies de circulation maritime utilisées par les navires de ravitaillement ou de services ou les navires utilisés pour le remorquage des engins de forage)

5.3.2.2 Questions

Pendant les consultations, les pêcheurs ont soulevé certaines questions spécifiques au sujet du projet Hebron, mais la cible de leurs préoccupations concernait le secteur des hydrocarbures extracôtiers en général et la présence croissante de cette industrie dans la partie Est des Grand Bancs en particulier. Les pêcheurs ont exprimé leur inquiétude concernant les aux relations actuelles entre les deux industries qui imposent des pressions sur leur bien-être économique et qui n'ont pas encore été adressées dans le cadre d'études. Les pêcheurs pensent qu'il existe un niveau de plus en plus élevé de frustration, d'incompréhension, de mauvaises communications et, de plus en plus, d'animosité alors que les représentants des deux industries continuent leurs tâches quotidiennes dans un environnement d'exploitation partagé.

L'une des préoccupations majeures est le manque de normalisation des procédures de gestion de la circulation maritime et des protocoles de communication en mer pour les navires travaillant près des installations de production d'hydrocarbures extracôtières. Les protocoles ont été mis au point arbitrairement, sans consultation de l'industrie de la pêche, et ils sont maintenant appliqués avec peu ou aucune considération pour leur impact économique éventuel sur l'exploitation des récoltes de poissons.

Voici quelques exemples spécifiques cités par les pêcheurs : l'ignorance des engins de pêche sur le trajet des navires déflecteurs de glace et la poursuite de navires de pêche par des navires de réserve dans le voisinage de plates-formes de production, bien que ces navires de pêche se soient trouvés bien au-delà des zones de sécurité établies. Dans un autre cas, les pêcheurs ont cité qu'un opérateur radio de l'industrie pétrolière avait informé plusieurs navires de pêche se trouvant dans les environs qu'ils ne devaient pas utiliser une certaine bande de fréquence VHF sous prétexte que cette bande « était réservée à l'industrie pétrolière ».

Les pêcheurs pensent que dans la mesure où les activités de l'industrie pétrolière augmentent (notamment et par ex., les opérations de remorquage d'icebergs, les études sismiques, le transit des engins de forage, et autres activités régulières liées aux hydrocarbures), le besoin de communications et de protocoles mutuellement acceptables deviendra de plus en plus problématique. Les pêcheurs pensent que ce problème doit être résolu au niveau des rapports entre les représentants des deux industries.

Ce qui suit résume les questions éventuelles liées au projet Hebron qui furent soulevées pendant les consultations avec le secteur extracôtier. Ces questions sont décrites de manière plus approfondie au chapitre 8 :

- Perte de champs de pêche : par l'exclusion des zones de sécurité établies pour la construction et l'exploitation, ainsi que par l'exclusion de zones d'activités et d'intervention des navires au-delà des plates-formes, à l'intérieur d'une « zone d'influence » identifiée par les pêcheurs;

- Pertes ou dommages aux équipements : dommages aux engins de pêche et perte concomitante ou subséquente de collecte de poissons et de temps de pêche résultant des opérations standard de navires, ainsi que des dommages résultant d'autres activités telles que le remorquage d'icebergs ou les études géophysiques;
- Réduction des occasions de pêche : occasions de pêche réduites en général par suite des effets combinés de la mise en valeur actuelle de la zone de champs pétrolifères du Bassin Jeanne d'Arc (exploitation du site, activités de support, zones d'intervention des navires autour de chaque installation, activités de déflection des glaces, et relevés/études). Les pêcheurs signalent que la situation actuelle a pour résultat de prolonger les trajets suivis par les navires de pêche pour contourner les zones de sécurité extracôtières et atteindre les champs de pêche autour des activités, ce qui se résume par une perte de temps de pêche, une perte de revenus et des dépenses supplémentaires;
- Effets sur les pêches futures : effets potentiels sur les futures activités de pêche, particulièrement si la mise en valeur du Bassin Jeanne d'Arc se concrétise. Ce problème pourrait devenir plus sérieux si le MPO augmente les quotas de pêche au crabe dans le secteur ou s'il réintègre des quotas pour la pêche de fond;
- Déversements pétroliers : les effets d'un déversement d'hydrocarbures et comment fonctionnerait un programme de compensation dans un cas de déversement. Les connaissances à l'égard des étapes concrètes que suivrait l'industrie pétrolière à la suite d'un déversement de pétrole

Recommandations de mesures d'atténuation

Les pêcheurs ont proposé des recommandations et des conseils au sujet de diverses mesures d'atténuation qui, selon eux, pourraient aider à réduire les effets sur la pêche (voir le chapitre 8 pour plus de détails).

- Nécessité de mettre en place un mécanisme permettant de définir clairement le « code de la route » adéquat pour tous les usagers appartenant aux deux industries. Ceci devrait inclure la création d'un mécanisme permanent pour les communications et la résolution de futures problématiques (cette recommandation a été considérée comme étant la plus urgente de toutes celles proposées.) Depuis la réunion du groupe de travail des pêcheurs extracôtiers en décembre 2009, le groupe One Ocean a mis au point et rédigé un protocole intitulé « Protocoles de communication avec les installations pétrolières sur les Grand Bancs ». Une fois que la plate-forme Hebron aura été remorquée au large des côtes et que sa zone de sécurité aura été établie, le Protocole sera actualisé. Le groupe de travail comprend des représentants de l'industrie de la pêche et des industries pétrolières et gazières et inclura des représentants de Hebron lorsque le Projet sera en exploitation;
- Faire des efforts pour établir des relations de travail plus positives dans le respect de l'industrie de la pêche;

- Établir des mécanismes de compensation pour la perte de revenus résultant des activités du Projet, notamment la perte d'occasions de pêche et la perte ou le bris des engins de pêche;
- Répondre aux demandes d'information formulées par les pêcheurs relativement aux mécanismes de compensation dans l'éventualité d'un déversement pétrolier

Ces recommandations et ces mesures d'atténuation seront étudiées par EMCP. Des discussions plus approfondies avec les pêcheurs extracôtiers, One Ocean et les membres du syndicat FFAW seront organisées concernant le suivi et la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

5.4 Réunions avec les services et agences gouvernementales

L'équipe d'étude du projet Hebron a consulté des représentants officiel et des membres clés des organismes de réglementation (municipaux, provinciaux, et fédéraux), à la fois de façon officielle et de manière informelle, sur une base continue. L'objectif de ces consultations consiste à fournir des informations et des mises à jour sur le projet Hebron et l'évaluation environnementale, de même qu'à recevoir des informations et des conseils appropriés. L'Office Canada-Terre-Neuve et Labrador des hydrocarbures extracôtiers (OCTLHE) et les autorités réglementaires suivantes ont été régulièrement consultés avant et depuis le dépôt de la Description de Projet :

- L'Agence canadienne d'évaluation environnementale (l'Agence)
- Transport Canada
- Pêches et Océans Canada
- Environnement Canada
- Industrie Canada
- L'Agence de gestion de projets majeurs

Des réunions entre le ministre des Ressources naturelles de la province et les ministres-adjoints et ministres-adjoints délégués se sont tenues de façon régulière pour informer toutes ces personnes des développements du Projet.

Ces consultations ont eu lieu sous forme de réunions personnelles (localement et à Ottawa), de conversations téléphoniques et de courriels. Les questions et les préoccupations formulées pendant ces réunions ont été enregistrées dans la base de données de suivi.

5.5 Autres méthodes de consultation

EMCP a également informé le public et effectué le suivi des questions émises par des communiqués de presse et le site Internet du Projet.

5.5.1 Suivi des médias

EMCP répond aux enquêtes des médias de manière appropriée et a fourni des informations sur le Projet aux médias locaux, nationaux et internationaux. EMCP suit régulièrement les médias provinciaux, notamment la presse, les stations de radio et de télédiffusion, et les médias de la presse électronique. Toutes les questions sont enregistrées et incorporées dans la base de données de suivi EMCP.

5.5.2 Site Internet du projet

Afin d'augmenter l'accès du grand public et d'améliorer les communications avec celui-ci, un site Internet a été créé pour le Projet (http://www.hebronproject.com). Le site Internet a fait l'objet d'une publicité étendue et a fait l'objet de présentations à des groupes de travail, notamment dans le cadre de visites libres. Le site Internet est régulièrement mis à jour et le public peut soumettre des questions et soulever des problématiques à l'aide d'un questionnaire en ligne ou d'une adresse courriel générale (hebronproject@exxonmobil.com).