



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

**Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)**

---

**Document de recherche 2020/073**

**Région du Centre et de l'Arctique**

**Estimation de l'abondance de narvals (*Monodon monoceros*) d'après le relevé  
aérien de la population du nord de la baie d'Hudson réalisé en 2018**

Cortney A. Watt, Claire Hornby, et Justine Hudson

Institut des eaux douces  
Pêches et Océans Canada  
501, University Crescent  
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

---

## Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

### Publié par :

Pêches et Océans Canada  
Secrétariat canadien de consultation scientifique  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/  
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020  
ISSN 2292-4272

### La présente publication doit être citée comme suit :

Watt, C.A., Hornby, C., et Hudson, J. 2020. Estimation de l'abondance de narvals (*Monodon monoceros*) d'après le relevé aérien de la population du nord de la baie d'Hudson réalisé en 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/073. iv + 16 p.

### Also available in English :

Watt, C.A., Hornby, C., and Hudson, J. 2020. Narwhal (*Monodon monoceros*) abundance estimate from the 2018 aerial survey of the Northern Hudson Bay population. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/073. iv + 15 p.

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	iv
INTRODUCTION .....	1
MÉTHODES .....	1
AIRE ÉTUDIÉE .....	1
RELEVÉ .....	2
ANALYSE .....	2
FONCTION DE DÉTECTION .....	3
MODÈLE DE MARQUAGE-RECAPTURE.....	3
BIAS DE DISPONIBILITÉ.....	4
ESTIMATIONS DE LA DENSITÉ ET DE L'ABONDANCE .....	4
RÉSULTATS.....	5
RELEVÉ .....	5
FONCTION DE DÉTECTION .....	5
MODÈLE DE MARQUAGE-RECAPTURE.....	5
ESTIMATIONS DE L'ABONDANCE .....	6
ANALYSE .....	6
REMERCIEMENTS .....	8
RÉFÉRENCES CITÉES.....	8
TABLEAUX ET FIGURES.....	11

---

## RÉSUMÉ

Les narvals (*Monodon monoceros*) du nord de la baie d'Hudson forment une population génétique distincte et géographiquement isolée. Des relevés aériens visuels ont été effectués du 3 au 14 août 2018 afin d'estimer l'abondance de cette population de narvals. Le relevé a été conçu de façon à reprendre le plan du relevé de 2011, la seule modification étant une couverture accrue dans la baie Wager, conformément aux recommandations de l'Organisation des chasseurs et trappeurs d'Arviq à Naujaat. Le relevé portait sur quatre zones principales couramment utilisées par le narval : la baie Wager, le détroit de Roes Welcome, la baie Repulse et les baies du Nord, soit la baie Gore et Lyon Inlet. L'estimation de l'abondance des narvals à la surface était de 5 055 individus (CV = 0,270). Après ajustement pour tenir compte du biais de disponibilité, c'est-à-dire les narvals qui n'étaient pas visibles parce qu'ils avaient plongé (facteur d'ajustement  $C_a = 2,80$  [CV = 0,05]), et du biais de perception, c'est-à-dire les narvals omis par les observateurs (facteur d'ajustement  $C_p = 1,36$  [CV = 0,092]), l'abondance ajustée estimée est de 19 232 narvals (CV = 0,278, IC à 95 % = 11 257–32 856).

---

## INTRODUCTION

Les narvals (*Monodon monoceros*) du nord de la baie d'Hudson forment l'une des deux populations de narvals du Canada et sont génétiquement et géographiquement distincts des narvals de la population de la baie de Baffin (Richard 1991, Petersen et al. 2011). Les narvals de la population du nord de la baie d'Hudson (NBH) passent l'été près de la communauté de Naujaat (anciennement Repulse Bay), au Nunavut, approximativement du mois de juin à octobre, après quoi ils parcourent environ 1 250 km jusqu'à leur aire d'hivernage, située juste à l'est du détroit d'Hudson (Richard 1991, Westdal et al. 2010, Elliott et al. 2013, Heide-Jørgensen et al. 2013, Westdal et al. 2013).

En été, les narvals du NBH sont chassés à des fins de subsistance par les membres de la communauté de Naujaat et d'autres communautés des régions de Qikiqtaaluk et de Kivalliq (figure 1). Les narvals du NBH peuvent aussi être chassés par les communautés du détroit d'Hudson lorsqu'ils migrent vers leurs aires d'estivage ou en reviennent. De 2000 à 2017, environ 90 narvals en moyenne ont été prélevés chaque année dans la population du NBH (MPO, données non publiées). De plus, l'habitat du narval du NBH subit des changements, notamment un déclin de la glace de mer estivale depuis 1968 (Tivy et al. 2011), des modifications de la dynamique trophique, y compris des augmentations du capelan (*Mallotus villosus*) et des diminutions simultanées de la morue arctique (*Boreogadus saida*) (Gaston et al. 2003), ainsi que la présence accrue d'épaulards (*Orcinus orca*) (Higdon et Ferguson 2009).

Des relevés aériens systématiques des narvals du NBH ont été effectués au début des années 1980 (Richard 1991), ainsi qu'en 2000 (Bourassa 2003) et 2011 (Asselin et al. 2012). En 2011, au moyen de relevés visuels et photographiques, la population a été estimée à 12 485 narvals (CV = 0,26, IC à 95 % = 7 515–20 743) (Asselin et al. 2012). Pour gérer efficacement la chasse de subsistance, il faut estimer l'abondance à intervalles réguliers. La présente étude visait à fournir une estimation à jour de l'abondance de la population de narvals du NBH à partir d'un relevé effectué en 2018.

## MÉTHODES

### AIRE ÉTUDIÉE

L'aire étudiée et la couverture du relevé de 2018 ont été conçues pour reproduire les zones survolées pendant le relevé aérien de 2011 et ont été divisées en quatre strates : la baie Wager, le détroit de Roes Welcome, la baie Repulse et les baies du Nord, qui comprennent la baie Gore et Lyon Inlet (figure 1). Comparativement au relevé précédent, la couverture a été augmentée dans la baie Wager. En 2011, un plan en zigzag avait été utilisé, tandis que le relevé de 2018 repose sur des transects parallèles systématiques espacés de 10 km pour accroître la couverture, comme l'a recommandé l'Organisation des chasseurs et trappeurs d'Arviq (OCTA). Dans les strates de la baie Repulse et des baies du Nord, un plan de relevé systématique a également été utilisé avec des transects distants de 13 km et 5,6 km, respectivement, de manière à obtenir une probabilité de couverture uniforme (Buckland et al. 2001). Dans le détroit de Roes Welcome, nous avons utilisé un plan en zigzag de 15 km pour maximiser la couverture et réduire le temps de déplacement entre les transects (Buckland et al. 2001). Toutes les strates ont fait l'objet d'un relevé visuel. Toutefois, des photographies ont été prises tout au long du relevé, pour permettre la contre-vérification des détections et des doubles potentiels, et comme mesure de précaution dans les cas où les observateurs ne seraient pas en mesure d'enregistrer les distances d'observations.

---

## RELEVÉ

Les relevés ont été effectués à partir d'un Twin Otter DeHavilland (DH-6) équipé de quatre coupoles d'observation et d'une trappe ventrale pour caméra en verre optique à l'arrière de l'avion. Les survols des transects des relevés ont été effectués à une altitude cible de 1 000 pi (305 m) et à une vitesse au sol de 110 nœuds (204 km/h). Un système de positionnement global (Bad Elf GPS pro+) enregistrait la position, l'altitude, la vitesse et le cap de l'avion à chaque seconde. Deux iPad synchronisés exécutant Foreflight (une application de navigation aérienne) étaient également reliés au GPS Bluetooth et utilisés par le coordonnateur des relevés et les pilotes pour entrer et modifier les points de cheminement de chaque strate. Ce programme fournissait également des outils de navigation et des cartes de référence, et enregistrait les trajectoires de vol quotidiennes. Les relevés n'ont été effectués que dans les conditions environnementales suivantes : pas de pluie, aucun risque de givrage, plafonds de 2 500 pieds ou plus sans brouillard au-dessus de l'eau dans la zone du relevé, et un état de la mer de Beaufort (BF) de 0 à 3. Pour tous les relevés visuels, on a utilisé une conception à plateforme double, dans laquelle deux observateurs étaient assis dans chacune des deux coupoles d'observation situées de chaque côté de l'avion (Buckland *et al.* 2001). Les quatre observateurs restaient à leur poste respectif dans l'avion tout au long du relevé, et les deux observateurs placés du même côté de l'avion étaient isolés visuellement et acoustiquement l'un de l'autre afin de garantir l'indépendance des observations. Les deux observateurs principaux à l'avant de l'avion enregistraient les données environnementales suivantes au début et à la fin de chaque transect (de même que tout changement observé) : concentrations de glace (en dixièmes), état de la mer (échelle de Beaufort), brouillard (% du champ de vision), éblouissement (% du champ de vision avant) et couverture nuageuse (%). Les observations de narvals étaient enregistrées à l'aide d'enregistreurs audio Sony PCM-D50, tout comme les observations d'autres espèces, la taille des groupes, et l'angle de déclinaison perpendiculaire au centre de chaque groupe, lequel était mesuré au moyen d'un compas numérique/clinomètre Peco DCC1 lorsque l'individu ou le groupe se trouvait sur le travers par rapport à l'observateur. Un « groupe » était défini comme des individus se trouvant à une longueur de corps l'un de l'autre et présentant un comportement homogène. Des photographies de la zone située sous l'avion ont également été prises pendant les relevés visuels. Deux appareils photographiques Nikon D850, équipés d'objectifs de 25 mm, étaient montés à l'arrière de l'avion et pointaient directement vers le bas, le côté le plus long étant perpendiculaire au tracé. Pour géoréférencer les photographies, les appareils photographiques étaient reliés par Bluetooth à un récepteur GPS Bluetooth (Bad Elf GPS Pro+) à l'aide d'un module accessoire Bluetooth (module Bluetooth D200+ Folography Unleashed). Chaque appareil photographique était également connecté à un ordinateur portable pour contrôler les paramètres d'exposition et l'intervalle entre les photographies, et pour enregistrer les photographies RAW et JPEG à haute résolution sur le disque dur de l'ordinateur.

## ANALYSE

Les données du relevé visuel par transects linéaires ont été analysées à l'aide du logiciel Distance 7.2 (Thomas *et al.* 2010), qui requiert la mesure de la distance perpendiculaire de chaque observation par rapport au tracé. Cette distance est calculée au moyen de l'angle de déclinaison (et en tenant compte de la courbure terrestre [Lerczak et Hobbs 1998]), qui a été mesuré pour toutes les observations sauf quatre. La distance perpendiculaire de trois observations a été estimée à partir d'une photographie aérienne à l'aide de l'équation suivante :

$$D_s = \left( \frac{W_v}{W_t} \right) * D_o$$

---

où  $D_s$  est la distance de l'observation,  $W_v$  est le champ de vision total en mètres (m) dans le sens de la largeur,  $W_i$  est le nombre total de millimètres (mm) dans l'image dans le sens de la largeur, et  $D_o$  la distance entre le tracé (qui est au centre de la photo) et l'objet en millimètres. Une observation, qui était hors du champ de vision des photographies, n'avait pas de distance enregistrée et n'a par conséquent pas été utilisée aux fins d'ajustement de la détection, mais a été prise en compte dans l'estimation de l'abondance.

L'analyse classique de la distance suppose que la probabilité de détection sur le tracé ( $p(0)$ ) est de 1; cependant, les observateurs peuvent manquer certaines baleines visibles à la surface (Richard *et al.* 2010). Les méthodes à deux observateurs, comme celles utilisées dans cette étude, permettent d'estimer le « biais de perception ». Pour déterminer la valeur de  $p(0)$ , on a déterminé que les observations en double se produisaient entre les observateurs principaux et secondaires de chaque côté de l'avion à 10 secondes l'une de l'autre, et avec une différence de déclinaison de moins de 10 degrés (Southwell *et al.* 2002, Pike et Doniol-Valcroze 2015). Dans trois cas, les angles de déclinaison différaient de plus de 10 degrés (11 à 13 degrés), mais comme les intervalles de temps étaient inférieurs à 5 secondes, ces observations ont également été classées comme des doubles. Dans la mesure du possible, les doubles potentiels ont également été confirmés par l'évaluation des photographies ( $n = 26$  paires) et tous ont été confirmés comme étant des doubles. Les observateurs principaux du côté gauche et du côté droit de l'avion étaient appelés observateur 1, et les deux observateurs arrière étaient considérés ensemble comme l'observateur 2. Un modèle sous hypothèse d'indépendance des points, qui suppose que les détections n'étaient indépendantes que sur le tracé (Buckland *et al.* 2009), a été exécuté dans le progiciel MRDS en R (R Core Team 2013, Laake *et al.* 2020).

## FONCTION DE DÉTECTION

Une fonction de détection globale a été calculée à l'aide des données d'observation combinées de toutes les strates, dont le relevé a été effectué à partir de la même plateforme par les mêmes observateurs dans des conditions semblables. Des ajustements des principales fonctions de détection candidates (loi demi-normale, taux de risque), dans diverses combinaisons avec des développements en série candidats (cosinus, polynôme simple et polynôme d'Hermite) à des distances perpendiculaires non groupées de tous les observateurs, ont été évalués à l'aide de valeurs du critère d'information d'Akaike (CIA). L'échantillonnage par la distance suppose habituellement la détection de tous les objets sur la ligne du transect (c.-à-d. une distance nulle), ce qui n'est pas le cas dans les relevés aériens puisque la zone située immédiatement sous l'avion peut ne pas être visible par les observateurs. Pour éviter d'avoir à tronquer les données et à exclure certaines observations, on a également examiné une fonction gamma de détection. Les données ont été tronquées à droite à 1 000 m, et une observation ayant une distance perpendiculaire manquante a été exclue avant l'ajustement du modèle à l'aide du progiciel MRDS (Laake *et al.* 2020) dans le logiciel statistique R. Le brouillard (%) et la couverture nuageuse (%) ont été consignés à 0 % tout au long du relevé et aucune glace n'a été observée pendant les détections. Par conséquent, les covariables – à savoir l'observateur, l'état de la mer selon l'échelle de Beaufort, l'éblouissement par le soleil, le moment de la journée (défini comme étant l'après-midi [12 h – 18 h] ou le soir [18 h – 24 h]), le temps avant la dernière observation (défini comme 0 – 10 s, 10 – 20 s, 20 – 30 s, 30 – 60 s, 60 – 300 s, 300 – 600 s et > 600 s) et la taille du groupe – ont été modélisées individuellement et de manière combinée.

## MODÈLE DE MARQUAGE-RECAPTURE

Les modèles d'échantillonnage par la distance basés sur la méthode de marquage-recapture (MRDS) ont été construits avec différentes combinaisons de covariables, ajustés aux données

---

et comparés à l'aide du critère d'information d'Akaike. Par définition, tous les modèles sous hypothèse d'indépendance des points comprenaient une distance perpendiculaire comme covariable. Nous avons utilisé la distance enregistrée par l'observateur 1. Les autres covariables comprenaient les variables environnementales, le taux d'observation, l'observateur (1 contre 2) et le côté de l'avion. Le modèle MRDS ayant le meilleur ajustement produit des estimations de  $p(0)$  pour chaque plateforme d'observation et une estimation de  $p(0)$  pour les deux observateurs combinés, qui est utilisée comme facteur d'ajustement pour le biais de perception.

Au cours du premier relevé de la strate des baies du Nord (le 3 août), un observateur du côté droit de l'avion était malade, tandis qu'un observateur du côté gauche de l'avion avait un problème technique qui a empêché l'enregistrement de ses observations. Par conséquent, le premier relevé de la strate des baies du Nord a été analysé avec un seul observateur et on a calculé le biais de perception en excluant ce vol. Toutefois, après avoir réalisé des calculs basés sur les autres efforts, on a appliqué l'estimation du biais de perception à toutes les strates.

## **BIAIS DE DISPONIBILITÉ**

Nous avons repris les valeurs utilisées pour ajuster le relevé de 2011 (Asselin *et al.* 2012) pour tenir compte des narvals qui étaient en plongée et qui, par conséquent, n'étaient pas disponibles pour les observateurs (c.-à-d. biais de disponibilité) et ajuster ainsi les estimations de l'abondance près de la surface. Des expériences utilisant des modèles en forme de narval ont montré que les narvals pouvaient être observés et identifiés par des observateurs à des profondeurs de 2 m, mais pas au-delà (Richard *et al.* 1994). Ce seuil de profondeur de la visibilité a servi à corriger le biais de disponibilité dans les relevés de narvals précédents (Richard *et al.* 2010, Asselin *et al.* 2012). En bref, le biais de disponibilité a été estimé à l'aide des données de neuf narvals équipés d'enregistreurs de temps et de profondeur satellite (ETPS) près de la collectivité de Nauyaat en 2006 et 2007. La proportion de temps passé par les narvals à moins de 2 m de la surface au mois d'août a été estimée à 0,316 (CV = 0,053). Il s'agit de la proportion de baleines que l'on peut voir dans des observations instantanées, comme dans une photographie. Toutefois, dans les relevés visuels, les observations ne sont pas instantanées et l'utilisation de ce facteur d'ajustement peut entraîner un biais positif. À partir d'étiquettes provenant de trois enregistreurs de temps et de profondeur d'archives (ETPA) installés sur des narvals en 1999 et en 2000 (Laidre *et al.* 2002), Richard et ses collaborateurs (2010) ont calculé le temps moyen d'un cycle de plongée et le temps moyen passé à une profondeur de 0 à 2 m. Le temps pendant lequel un individu est visible a été estimé à 5,71 secondes d'après les données du relevé, où étaient enregistrées l'heure de repérage (première observation d'une baleine) et l'heure à laquelle la baleine était visible par le travers (Asselin *et al.* 2012). Au moyen de ces données, Asselin et ses collaborateurs (2012) ont calculé un facteur de biais de disponibilité pondéré qui combinait les données des ETPS (n = 9), des ETPA (n = 3) et le temps estimé de visibilité de l'animal de 2,80 (CV = 0,05).

## **ESTIMATIONS DE LA DENSITÉ ET DE L'ABONDANCE**

La densité, la taille du groupe et le taux de rencontre ont été estimés pour chaque strate. La densité de baleines ( $\hat{D}$ ) a été estimée par :

$$\hat{D} = \frac{n * \hat{E}(s)}{2 * L * MIBE}$$

---

avec une variance :

$$var(\hat{D}) = \hat{D}^2 \times \left\{ \frac{var(n)}{n^2} + \frac{var(MIBE)}{MIBE^2} + \frac{var(\hat{E}(s))}{\hat{E}(s)^2} \right\}$$

où  $n$  est le nombre de groupes détectés,  $\hat{E}(s)$  est la taille de grappe attendue dans la strate,  $L$  est la somme des longueurs de tous les transects de la strate, et MIBE est la moitié de l'intervalle de bande estimée du modèle. L'abondance ( $\hat{N}$ ) a ensuite été calculée comme suit :

$$\hat{N} = \hat{D} * A$$

où  $A$  est la superficie de la strate.

Le taux de rencontre et sa variance ont été estimés à l'aide d'un plan de stratification a posteriori (estimateur de la variance « S2 »; Fewster *et al.* 2009).

L'estimation totale des narvals à la surface ou près de la surface a été ajustée pour tenir compte des biais de perception et de disponibilité au moyen de :

$$\hat{N} = \hat{N}_{sur} * C_p * C_a$$

La variance associée à l'estimation finale de l'abondance a été calculée à l'aide de la méthode du delta (Buckland *et al.* 2001) où :

$$var(\hat{N}) = \hat{N}^2 \times \left\{ \frac{var(n/L)}{(n/L)^2} + \frac{var(\hat{E}(s))}{(\hat{E}(s))^2} + \frac{var(C_p)}{C_p^2} + \frac{var(C_a)}{C_a^2} \right\}$$

Les intervalles de confiance ont été calculés en supposant une distribution log-normale, comme indiqué dans Buckland *et al.* (2001).

## RÉSULTATS

### RELEVÉ

Des relevés visuels des quatre strates ont été effectués du 3 au 14 août, et la strate des baies du Nord a fait l'objet d'un deuxième relevé le 14 août (tableau 1). Les conditions étaient bonnes tout au long du relevé et l'état de la mer selon l'échelle de Beaufort variait de 0 à 3 (tableau 1).

### FONCTION DE DÉTECTION

Les histogrammes de la distribution des distances indiquaient que l'ajustement d'une fonction de détection gamma était la meilleure option (figure 2). Le meilleur ajustement du modèle basé sur le CIA comprenait l'éblouissement comme covariable avec une probabilité de détection moyenne de 0,41 avec un écart-type de  $\pm 0,021$  (tableau 2) et une MIBE de 409 m (sans compter le biais de perception).

### MODÈLE DE MARQUAGE-RECAPTURE

Après une troncature à droite à 1 000 m, ce qui a éliminé une seule détection, il y avait 184 observations uniques (131 vues par les observateurs primaires, 123 par les observateurs secondaires et 70 par les deux; figure 3). La sélection parmi les modèles de marquage-recapture qui comprenaient tous la distance a été effectuée sur toutes les combinaisons de covariables environnementales, d'observateurs et de tailles de groupe. Le meilleur modèle (ayant le CIA le plus bas) comprenait uniquement la distance et a donné, pour les observateurs 1 et 2, un  $p(0)$  de 0,49 avec un écart-type de  $\pm 0,076$  et un  $p(0)$  combiné de 0,74

---

avec un écart-type de  $\pm 0,080$  (tableau 2). Le résultat était un facteur d'ajustement de 1,36 (CV = 0,092).

## ESTIMATIONS DE L'ABONDANCE

Une moyenne des deux réplicats de la strate des baies du Nord, pondérée par le CV, a été utilisée pour l'estimation finale de l'abondance. Le nombre estimé de narvals à la surface pour toutes les strates était de 5 055 (CV = 0,270; tableau 3). Après ajustement pour tenir compte du biais de perception et de disponibilité, on obtient une estimation de 19 232 narvals (CV = 0,278, IC à 95 % = 11 257–32 856; tableau 3) en 2018.

## ANALYSE

L'estimation de l'abondance pour le relevé de 2018 du narval du NBH est de 19 232 narvals, avec un intervalle de confiance à 95 % de 11 257–32 853, ce qui n'est pas statistiquement différent du relevé de 2011, qui estimait la population à 12 485 narvals avec un intervalle de confiance à 95 % de 7 515–20 743 individus. L'analyse des tendances des estimations de l'abondance de la population de narvals du NBH n'a pas encore été effectuée, et bien que l'abondance moyenne ait été plus élevée en 2018, cela ne signifie pas nécessairement que la tendance de cette population soit à la hausse. Il faudrait une analyse complète intégrant toutes les données disponibles pour déterminer les tendances démographiques.

Les facteurs d'ajustement permettant de tenir compte des biais de disponibilité et de perception peuvent avoir une grande incidence sur le résultat de l'estimation de l'abondance. Le même ajustement pour le biais de disponibilité a été utilisé pour les données des relevés du narval du NBH de 2011 et de 2018, car on ne dispose pas de données supplémentaires sur le temps que les narvals passent en profondeur pour cette population. La correction du biais de perception différait entre les deux relevés. Asselin et ses collaborateurs (2012) ont indiqué que le  $p(0)$  estimatif des deux observateurs combinés était de 0,91, alors que le  $p(0)$  était inférieur dans notre étude (0,74). Trois des quatre observateurs de notre étude avaient effectué des relevés auparavant, mais l'inclusion de l'observateur comme covariable dans le modèle de marquage-recapture n'a pas amélioré l'ajustement du modèle. Les conditions météorologiques étaient optimales tout au long du relevé, la couverture nuageuse et le brouillard n'ont pas varié, et très peu de glace a été signalée dans la région. Le biais de perception peut avoir varié entre les relevés en raison des difficultés à distinguer le narval du béluga. Il s'agit d'un des rares endroits au Canada où les observateurs doivent être en mesure de faire une distinction précise entre les deux espèces, qui peuvent toutes deux paraître blanches quand elles se trouvent à la surface ou près de celle-ci. Il y a eu 19 observations de bélugas au cours du relevé, et trois d'entre elles ont eu lieu dans les cinq secondes suivant l'observation d'un narval, dont deux dans une différence de déclinaison de cinq degrés (la troisième différait de plus de 30 degrés). Toutefois, dans les deux cas, l'observateur a noté qu'il était certain de l'identification de l'espèce. Si l'on détermine que ces deux observations sont des doubles des observations de narvals, il n'y a aucun effet sur l'estimation de  $p(0)$  pour le relevé. Il est également possible que des morces aient été identifiés comme narvals dans la région. Bien qu'il soit impossible d'être certain de toutes les observations, plus de 70 observations qui avaient été prises en photo ont été examinées, et rien n'indique qu'un morse ait pu être identifié par erreur comme étant un narval. Le biais de perception peut également varier en raison de différences dans la taille des groupes (bien que notre taille moyenne de groupe de 1,50 à 2,72 n'ait pas varié de façon significative par rapport au relevé de 2011, qui rapportait une taille moyenne de groupe de 0 à 3,5 [Asselin *et al.* 2012]), de l'avion utilisé pour le relevé, des conditions environnementales variables, de l'expérience des observateurs et des différentes méthodes de relevé. Cela souligne l'importance de la mesure du biais de perception pour chaque relevé.

---

Dans les relevés visuels, les observateurs ont quelques secondes pour détecter les baleines à la surface et l'utilisation d'un biais de disponibilité instantanée peut entraîner une surestimation de l'abondance. C'est pourquoi nous avons utilisé un facteur d'ajustement qui prenait en considération le temps pendant lequel les narvals étaient visibles. Ce facteur d'ajustement est la meilleure valeur actuellement disponible pour le narval du NBH; notons toutefois qu'il est calculé d'après les données provenant de seulement neuf baleines munies d'un émetteur satellitaire en 2006-2007 au mois d'août. Le temps de visibilité a été calculé comme étant la durée entre l'enregistrement initial d'une détection (temps de repérage) et l'enregistrement de la mesure de l'angle de déclinaison par le travers (temps par le travers) pour 155 observations du relevé de 2011 et les données de trois baleines équipées d'étiquettes ETPA en 1999 et 2000 dans le détroit d'Eclipse et la baie Creswell (Laidre *et al.* 2002). À l'avenir, l'idéal serait d'avoir des facteurs d'ajustement qui chevauchent le relevé sur le plan spatial et temporel, ou d'augmenter la taille de l'échantillon de narvals du NBH munis d'un émetteur satellitaire pour obtenir une meilleure représentation de leur comportement. De plus, les données d'ETPA provenant de narvals de la population du NBH seraient utiles, car leur cycle de plongée peut différer de celui des narvals de la population de la baie de Baffin. Nous n'avons pas mis à jour les données sur le temps de visibilité pour inclure les renseignements du relevé de 2018, parce que les temps de repérage et d'observation par le travers ont été enregistrés pour moins de 50 % des observations en 2018, comparativement à 80 % dans le relevé de 2011 (Asselin *et al.* 2012). Cependant, la différence entre le temps de repérage et le temps d'observation par le travers en 2018 n'était que légèrement inférieure (4,6 secondes contre 5,7 secondes dans le relevé de 2011 [Asselin *et al.* 2012]), ce qui modifierait le facteur d'ajustement du biais de disponibilité de 0,08. En raison de cette petite différence et du fait que le relevé de 2018 comportait moins de points de données, et à des fins de maintien de la cohérence, le facteur d'ajustement du biais de disponibilité utilisé pour le relevé de 2011 a également été appliqué à l'estimation de l'abondance du narval en 2018. Il faudrait faire en sorte, dans les futurs relevés, que les temps de repérage et d'observation par le travers soient enregistrés pour toutes les observations.

Il est possible qu'au cours des 12 jours du relevé, il y ait eu des déplacements entre les strates. Dans ce cas, l'abondance pourrait avoir été surestimée si les baleines étaient dénombrées dans plus d'une strate, ou sous-estimée si les baleines sortaient d'une strate et se déplaçaient vers une autre le jour où le relevé de la strate était réalisé. Cependant, nous supposons que les déplacements entre les strates sont aléatoires, et lorsque les observateurs ont enregistré la direction des déplacements des baleines, il n'y avait pas de tendance évidente de déplacement des animaux observés individuellement dans une direction particulière (données du dossier). En raison du mouvement des narvals entre les strates à différents jours, il est souhaitable d'effectuer des relevés répétés de chaque strate. Malheureusement, les conditions météorologiques n'ont permis de répéter que la strate des baies du Nord. Notons toutefois qu'il était important de répéter cette strate en particulier, car il s'agissait de la première strate du relevé et qu'en raison de problèmes techniques, seulement une plateforme à un observateur avait été utilisée. La répétition de cette strate a fourni des données permettant d'évaluer le biais de perception dans la zone, qui ont été incluses dans le calcul du biais de perception global. Les deux répétitions de la strate des baies du Nord donnaient des estimations différentes de l'abondance en surface du narval (142 par rapport à 82), ce qui était prévisible d'après ce que nous savons des estimations des mouvements et de la variabilité de l'abondance des cétacés d'une journée à l'autre (Gosselin *et al.* 2017). En raison de cette variabilité, nous avons utilisé une moyenne pondérée, pondérée par le CV, des deux estimations de la strate des baies du Nord pour estimer l'abondance totale.

La zone de couverture du relevé de 2018 était identique à celle du relevé de 2011, et nous avons supposé qu'elle englobait toute la zone utilisée par le narval du NBH en été. Toutefois, le

---

relevé de 2018 comporte des observations à l'extrémité sud-est de la strate de la baie Repulse, ce qui peut indiquer une répartition estivale plus grande ou différente. On pourrait envisager, après avoir consulté l'Organisation des chasseurs et trappeurs d'Arviq, d'élargir ou de modifier l'étendue des futurs relevés, particulièrement compte tenu des changements dans les conditions abiotiques et biotiques de la région (Gaston *et al.* 2003, Higdon et Ferguson 2009, Tivy *et al.* 2011).

Dans le cadre de l'approche de précaution (AP) (Stenson et Hammill 2008, Stenson *et al.* 2012) et en vertu des nouvelles exigences législatives du projet de loi C-68, le MPO est tenu de recueillir des données adéquates pour évaluer les stocks de mammifères marins et établir des points de référence limites afin de produire des avis concernant le total autorisé des captures débarquées (TACD), à partir des tendances de la population plutôt que des prélèvements biologiques potentiels (PBP). Ainsi, les avis sur les prises se fondent sur les tendances démographiques à long terme tirées des séries chronologiques des estimations de l'abondance et des prélèvements par la chasse, plutôt que sur les estimations d'un seul relevé, qui peuvent être très variables et donner lieu à des estimations de PBP qui fluctuent plus que ce à quoi on s'attendrait, compte tenu de la dynamique des populations de narvals. Le relevé de 2018 pourrait ajouter suffisamment d'information à la série de données du relevé du narval du NBH pour permettre l'évaluation au moyen d'un modèle de dynamique de la population qui tient compte de la série d'estimations de l'abondance de la population.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions D. Mablick et l'Organisation des chasseurs et trappeurs de Naujaat pour leurs recommandations et leur aide à la réalisation du relevé. Nous remercions également H. Haqpi et D. Ammaq qui ont participé au relevé, ainsi que les pilotes P. Amos et B. Quinn. Nous remercions les observateurs du MPO : C. Bartel, D. Boguski, C. Debets, L. Montsion et P. Smith.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Asselin, N.C., Ferguson, S.H., Richard, P.R., and Barber, D.G. 2012. [Results of narwhal \(\*Monodon monoceros\*\) aerial surveys in northern Hudson Bay, August 2011](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/037. iii + 23 p.
- Bourassa, M.N. 2003. Inventaires de la population de narvals (*Monodon monoceros*) du nord de la Baie d'Hudson et analyse des changements démographiques depuis 1983. Thesis (M.Sc.) Université du Québec, Rimouski, QC. xii + 69 p.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L., 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, USA, Oxford. 448 p.
- Buckland, S.T., Laake, J.L., and Borchers, D.L. 2009. Double-observer line transect Methods: levels of independence. *Biometrics* 66(1): 169–177.
- Elliott, R.E., Moulton, V.D., Raborn, S.W., and Davis, R.A. 2013. Hudson Strait marine mammal surveys, 10 March–2 April 2012. LGL Report No. TA8129-2. Prepared by LGL Limited, King City, ON for Baffinland Iron Mines Corporation, Toronto, ON. 87 p.
- Fewster, R.M., Buckland, S.T., Burnham, K.P., Borchers, D.L., Jupp, P.E., Laake, J.L., and Thomas, L. 2009. Estimating the encounter rate variance in distance sampling. *Biometrics* 65(1): 225–236.

- 
- Gaston, A.J., Woo, K., and Hipfner, J.M. 2003. Trends in forage fish populations in northern Hudson Bay since 1981, as determined from the diet of nestling thick-billed murres *Uria lomvia*. *Arctic* 56: 227–233.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Mosnier, A., and Lesage, V. 2017. [Abundance index of St. Lawrence Estuary beluga, \*Delphinapterus leucas\*, from aerial visual surveys flown in August 2014 and an update on reported deaths](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/019. v + 28 p.
- Heide-Jørgensen, M.P., Richard, P.R., Dietz, R., and Laidre, K.L. 2013. A metapopulation model for Canadian and West Greenland narwhals. *Anim. Conserv.* 16(3): 331–343.
- Higdon, J.W. and Ferguson, S.H. 2009. Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. *Ecol. Appl.* 19: 1365–1375.
- Laake, J., Borchers, D., Thomas, L., Miller, D., and Bishop, J. 2020. mrds: Mark-Recapture Distance Sampling. R package version 2.2.1.
- Laidre, K.L., Heide-Jørgensen, M.P., and Dietz, R. 2002. Diving behaviour of narwhals (*Monodon monoceros*) at two coastal localities in the Canadian High Arctic. *Can. J. Zool.* 80(4): 624–635. doi:[10.1139/z02-041](https://doi.org/10.1139/z02-041).
- Lerczak, J.A. and Hobbs, R.C. 1998. Calculating sighting distances from angular readings during shipboard, aerial, and shore-based marine mammal surveys. *Mar. Mamm. Sci.* 14(3): 590–599.
- Petersen, S.D., Tenkula, D. and Ferguson, S.H. 2011. [Population Genetic Structure of Narwhal \(\*Monodon monoceros\*\)](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/021. vi + 20 p.
- Pike, D., and Doniol-Valcroze, T. 2015. [Identification of duplicate sightings from the 2013 double-platform High Arctic Cetacean Survey](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/034. v + 22 p.
- R Core Team. 2013. [R: A language and environment for statistical computing](#). R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Richard, P.R. 1991. Abundance and distribution of narwhals (*Monodon monoceros*) in northern Hudson Bay. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(2): 276–283.
- Richard, P., Weaver, P., Dueck, L., and Baber, D. 1994. Distribution and numbers of Canadian High Arctic narwhals (*Monodon monoceros*) in August 1984. *Meddelelser Om Grønland. Biosci.* 39: 41–50.
- Richard, P.R., Laake, J.L., Hobbs, R.C., Heide-Jørgensen, M.P., Asselin, N., and Cleator, H. 2010. Baffin Bay narwhal population distribution and numbers: Aerial surveys in the Canadian high Arctic, 2002–04. *Arctic*. 63(1): 85–99.
- Stenson, G.B., and Hammill, M. 2008. [Incorporating the precautionary approach into the provision of advice on marine mammals](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/079. iv + 12 p.
- Stenson, G.B., Hammill, M., Ferguson, S., Stewart, R., and Doniol-Valcroze, T. 2012. [Applying the Precautionary Approach to Marine Mammal Harvests in Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/107. ii + 15 p.
- Southwell, C., de la Mare, W., Underwood, M., Quartararo, F., and Cope, K. 2002. An automated system to log and process distance sight-resight aerial survey data. *Wildlife Soc. Bull.* 30(2): 394–404.
-

- 
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A., and Burnham, K.P. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J. Appl. Ecol.* 47(1): 5–14. doi:[10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x).
- Tivy, A., Howell, S.E.L., Alt, B., McCourt, S., Chagnon, R., Crocker, G., Carrieres, T., and Yackel, J.J. 2011. Trends and variability in summer sea ice cover in the Canadian Arctic based on the Canadian Ice Service Digital Archive, 1960–2008 and 1968–2008. *Journal of Geophysical Research* 116: C03007. doi:[10.1029/2009JC005855](https://doi.org/10.1029/2009JC005855).
- Westdal, K.H., Richard, P.R., and Orr, J.R. 2010. Migration route and seasonal home range of the northern Hudson Bay narwhal (*Monodon monoceros*). In *A Little Less Arctic*. Edited by S.H. Ferguson, L.L. Loseto, and M.L. Mallory. Springer, Dordrecht, Netherlands. pp. 71–92.
- Westdal, K.H., Richard, P.R., and Orr, J.R. 2013. Availability bias in population survey of Northern Hudson Bay narwhal (*Monodon monoceros*). *Polar Biol.* 36(9): 1235–1241.

---

## TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Sommaire des relevés aériens effectués dans le nord de la baie d'Hudson en 2018.

Date	Strate	Nombre de transects	État de la mer (Beaufort)
3 août	Baies du Nord	1-18	1-3
3 août	Détroit de Roes Welcome	1-9	2
6 août	Baie Wager	1-16	0-1
6 août	Baie Repulse	1-10	0-2
11 août	Baie Repulse	11-15	0-1
14 août	Baie Repulse	16-23	0-1
14 août	Baies du Nord (répétition)	1-18	0-2

Tableau 2. Sélection du modèle d'échantillonnage par la distance (ED) et marquage-recapture (MR) basé sur le critère d'information d'Akaike (CIA). Les 12 modèles principaux sont présentés en ordre croissant CIA.

Détection	Modèle d'ED	CIA <sub>ED</sub>	P <sub>ED</sub> moyen	Modèle de MR	CIA <sub>MR</sub>	p(0) des observateurs combinés	CIA combiné	ΔCIA
<b>gamma</b>	<b>~éblouissement</b>	<b>3 732,46</b>	<b>0,41 ± 0,021</b>	<b>~distance</b>	<b>404,92</b>	<b>0,74 ± 0,080</b>	<b>4 137,38</b>	<b>0,00</b>
gamma	-	3733,27	0,41 ± 0,022	~distance + taille de la grappe	405,51	0,73 ± 0,081	4 138,78	1,40
gamma	~Beaufort	3 733,71	0,41 ± 0,022	~distance + temps	405,54	0,73 ± 0,081	4 139,25	1,87
gamma	~Beaufort + éblouissement	3 733,96	0,41 ± 0,022	~distance + temps entre les observations	405,67	0,73 ± 0,080	4 139,63	2,25
gamma	~Beaufort + observateur	3 734,24	0,40 ± 0,022	~distance + Beaufort	406,14	0,73 ± 0,082	4 139,86	3,01
gamma	~éblouissement + taille du groupe	3 734,3	0,41 ± 0,022	~distance + observateur	406,36	0,74 ± 0,080	4 140,31	3,28
gamma	~observateur	3 734,45	0,41 ± 0,022	~distance + éblouissement	406,84	0,73 ± 0,081	4 141,08	3,91
gamma	~éblouissement + observateur	3 734,64	0,40 ± 0,022	~distance + Beaufort + taille	406,91	0,73 ± 0,083	4 141,22	4,18
gamma	~taille de groupe	3 735,14	0,41 ± 0,022	~distance + taille + observateur	406,97	0,73 ± 0,081	4 141,42	4,73
gamma	~temps	3 735,25	0,41 ± 0,022	~distance + taille + éblouissement	407,42	0,73 ± 0,082	4 142,06	5,30
gamma	~temps entre les observations	3 735,27	0,41 ± 0,022	~distance + Beaufort + observateur	407,58	0,73 ± 0,082	4 142,72	5,48
gamma	~Beaufort + éblouissement + observateur	3 735,42	0,40 ± 0,022	~distance + Beaufort + éblouissement	408,14	0,73 ± 0,082	4 143,56	6,19

Tableau 3. Couverture du relevé de chaque strate visuelle : baies du Nord (BN), détroit de Roes Welcome (DRW), baie Wager (BW) et baie Repulse (BR). Le relevé de la strate des baies du Nord a été répété (BN<sub>REP</sub>), et la moyenne pondérée (pondérée par le CV) pour les deux réplicats est présentée (BN<sub>MOY</sub>) et a été utilisée dans l'estimation finale de l'abondance. La strate de la BR a été achevée en trois jours. Le taux de rencontre, le CV du taux de rencontre (CV<sub>ER</sub>), la taille moyenne du groupe et le CV de la taille du groupe (CV<sub>GS</sub>) sont indiqués pour les strates visuelles. L'abondance en surface et le CV (CV<sub>AS</sub>) et les corrections pour le biais de perception (C<sub>p</sub>) et de disponibilité (C<sub>d</sub>) sont indiqués avec leur CV respectif, ainsi que l'abondance ( $\hat{N}$ ) pleinement ajustée et le CV de l'abondance (CV $\hat{N}$ ). Tous les CV sont présentés en pourcentage (%). La demi-largeur de l'intervalle effective est de 409 m (sans compter le biais de perception).

Strate	Superficie (km <sup>2</sup> )	Effort (km)	Nbre de groupes	Taux de rencontre	CV <sub>TR</sub>	Taille moyenne du groupe	CV <sub>TG</sub>	$\hat{N}_s$	CV <sub>AS</sub>	C <sub>p</sub>	CV <sub>Cp</sub>	C <sub>d</sub>	CV <sub>Cd</sub>	$\hat{N}$	CV $\hat{N}$
BN	1 254	335	13	0,0389	38,19	2,38	29,86	142	48,76	1,36	9,19	2,80	5,00	540	49,87
BN <sub>REP</sub>	1 254	335	8	0,0239	22,05	2,25	13,93	82	26,60	1,36	9,19	2,80	5,00	312	28,58
BN <sub>MOY</sub>	-	-	-	-	-	-	-	87	23,80	1,36	9,19	2,80	5,00	333	25,98
DRW	4 791	391	2	0,0051	77,23	1,50	33,33	45	84,28	1,36	9,19	2,80	5,00	171	84,93
BW	2 869	346	32	0,0925	24,26	1,59	11,57	517	27,38	1,36	9,19	2,80	5,00	1 967	29,31
BR <sub>1-10</sub>	5 858	489	102	0,2087	37,20	2,09	6,01	3 120	38,04	1,36	9,19	2,80	5,00	11 869	39,45
BR <sub>11-15</sub>	3 284	293	18	0,0615	60,88	2,72	18,74	672	63,91	1,36	9,19	2,80	5,00	2 557	64,76
BR <sub>16-23</sub>	4 673	381	24	0,0629	80,13	1,71	10,85	614	81,03	1,36	9,19	2,80	5,00	2 336	81,70
<b>TOTAL</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>5 055</b>	<b>27,00</b>	<b>1,36</b>	<b>9,19</b>	<b>2,80</b>	<b>5,00</b>	<b>19 232</b>	<b>27,84</b>

\* La superficie de chaque strate a été calculée à l'aide d'une projection azimutale équivalente de Lambert (GRS80) dans ArcGIS.

Les chiffres en indice inférieur de la strate de la BR représentent les lignes de transect survolées chaque jour (voir le tableau 1).

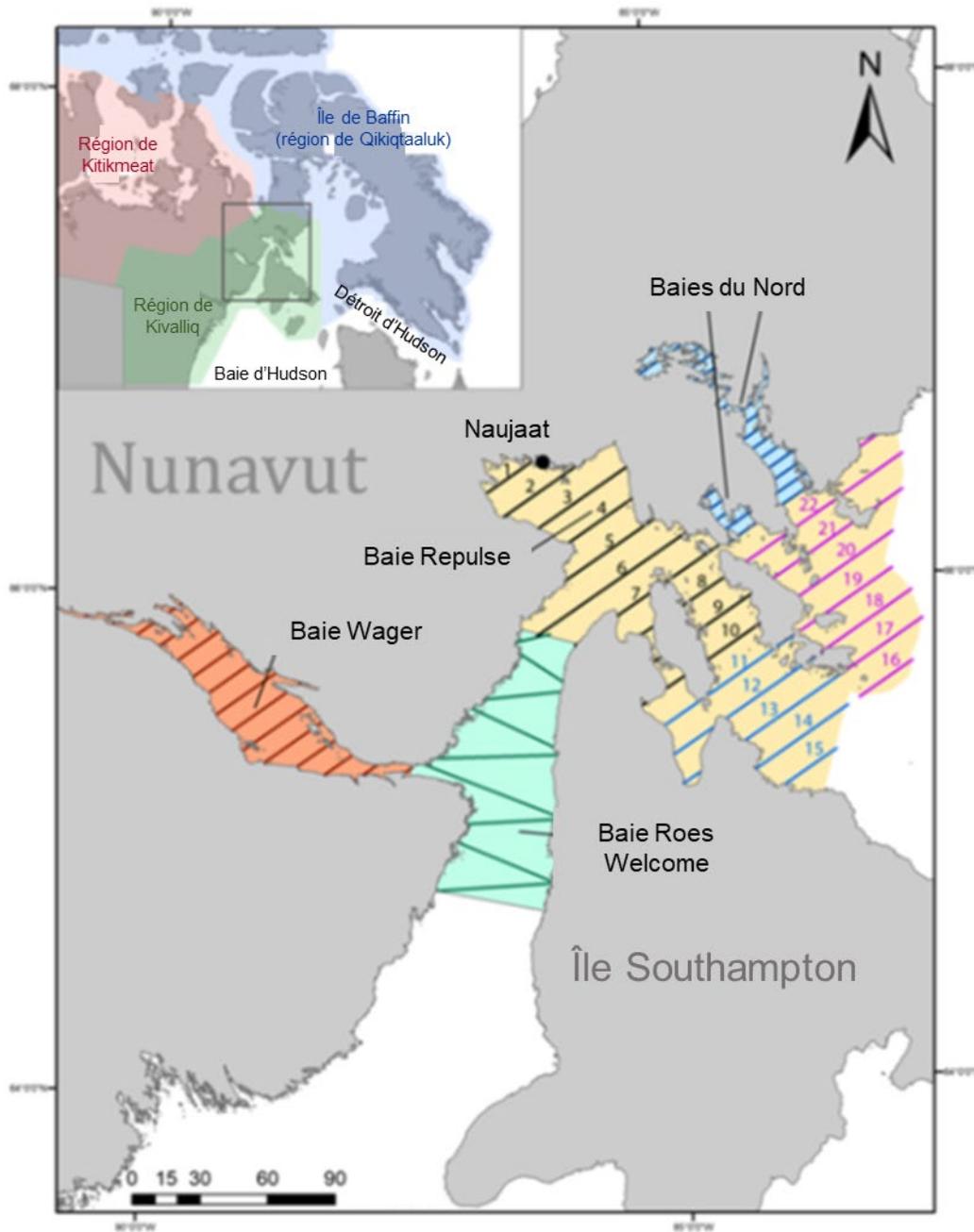


Figure 1. Carte illustrant les quatre strates et les lignes de transect couvertes par le relevé aérien visuel dans le nord de la baie d'Hudson en 2018. Les lignes de couleurs différentes sur la strate de la baie Repulse indiquent les lignes de transect survolées les trois différentes journées. On a inclus les numéros des lignes de transect de la strate de la baie Repulse afin qu'elles correspondent aux transects survolés les différentes journées qui figurent dans le tableau 1.

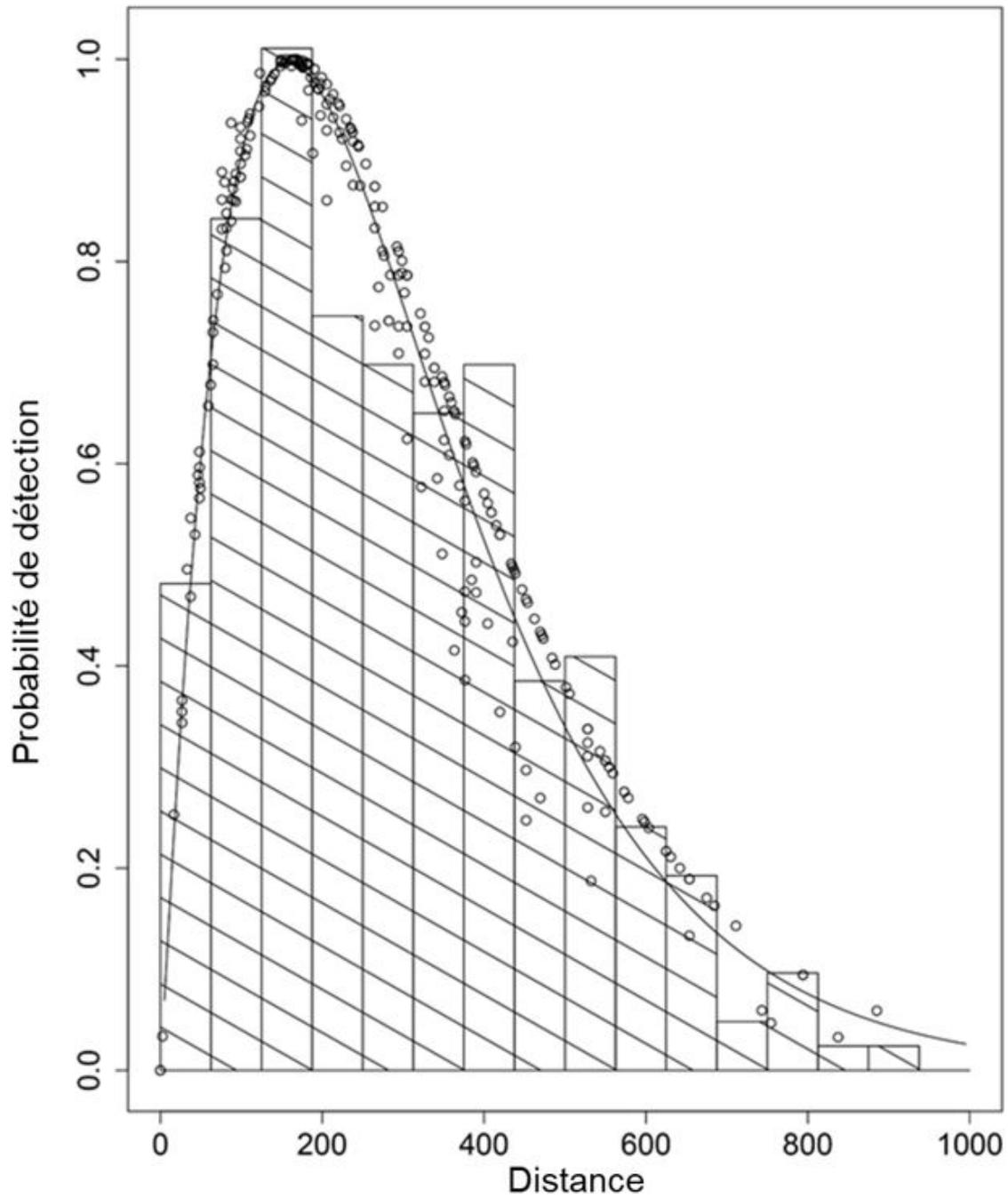


Figure 2. Histogramme des distances perpendiculaires des observations de narvals pour le relevé aérien visuel de 2018 dans le nord de la baie d'Hudson.

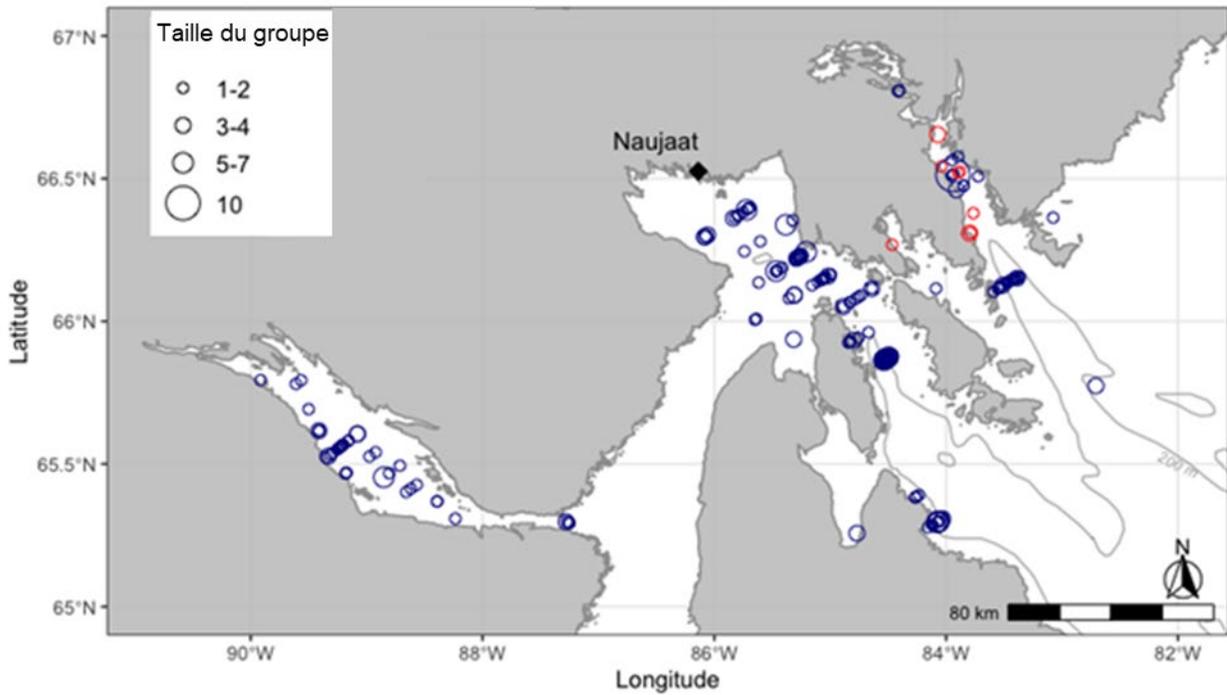


Figure 3. Carte de toutes les observations de narvals dans le premier relevé (bleu) et des observations réalisées lors de la répétition du relevé de la strate des baies du Nord (rouge) pendant le relevé aérien visuel de 2018 dans le nord de la baie d'Hudson.