Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent

Michael C.S. Kingsley

Direction Régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
850 route de la Mer
C.P. 1000
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

1999

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2266

Pêches et Océans
Fisheries and Oceans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2266

1999

Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent

Michael C.S. Kingsley

Direction générale des Sciences

Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

©Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada 1999
N° cat. Fs 97-6/2266 ISSN 0706-6570

On devra référer comme suit à cette publication :

Kingsley, M.C.S. 1999. Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2266 : vii + 27 pp.

This publication is also available in English.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX iv

LISTE DES FIGURES iv

LISTE DES ANNEXES iv

RÉSUMÉ v

ABSTRACT vi

PRÉFACE vii

INTRODUCTION 1

MÉTHODES 2

- MÉTHODES DE TERRAIN 2
- INTERPRÉTATION DES CLICHÉS ET ANALYSE DES DONNÉES 3
- ESTIMATIONS LISSÉES 3
- CIRCULATION MARITIME 4

RÉSULTATS ET DISCUSSION 4

- RÉPARTITION DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT 4
- INDICES ET ESTIMATIONS DE LA POPULATION DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT 6
- DÉNOMBREMENT DANS LE FJORD DU SAGUENAY ET ESTIMATIONS GLOBALES 6
- ESTIMATIONS DE L'INDICE APRÈS LISSAGE 7
- ESTIMATIONS LISSÉES DE LA POPULATION RÉELLE 7
- BATEAUX ET CIRCULATION MARITIME 9

CONCLUSIONS 10

REMERCIEMENTS 11

RÉFÉRENCES 12

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Nombre de bélugas dénombrés par transect lors du relevé photographique de l'estuaire du Saint-Laurent, le 26 août 1997. 15

Tableau 2. Estimations lissées d'un indice standard de la population de bélugas du Saint-Laurent, 1977–1997 15

Tableau 3. Estimations lissées de l'effectif de la population entièrement corrigé des bélugas du Saint-Laurent à partir des relevés photographiques aériens, 1984–1997 16

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Transects établis pour le relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent en 1997. 17

Figure 2. Observations de bélugas lors du relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent et lors du relevé visuel simultané du fjord du Saguenay, le 26 août 1997. 18

Figure 3. Estimations publiées des indices de la population de bélugas du Saint-Laurent, 1977-1997, les lignes droites représentant les valeurs lissées. 19

Figure 4. Estimation de l'effectif réel de la population, après correction entière pour la visibilité, des bélugas du Saint-Laurent, 1984-1997, avec lissage par régression linéaire 20

Figure 5. Observations de la circulation maritime et des bélugas visibles en surface par photographie aérienne d'un échantillon systématique de 49,4 % de l'estuaire du Saint-Laurent, le 26 août 1997. 21

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Coordonnées des extrémités des transects désignés pour le relevé aérien de l'estuaire du Saint-Laurent en août 1997. 22

Annexe 2. Coordonnées des extrémités nord des transects touchés par le brouillard dans un relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent le 26 août 1997. 24

Annexe 3. Localisation des bélugas sur les clichés pris au-dessus de l'estuaire du Saint-Laurent le 26 août 1997. 25

RÉSUMÉ

Kingsley, M.C.S. 1999. Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2266 : vii + 27 pp.

L'évaluation des populations constitue l'élément essentiel de la surveillance des espèces en péril. Les bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent ont été inventoriés par relevé aérien depuis 1973. Les résultats du dernier relevé, effectué par photographie aérienne à haute altitude le 26 août 1997, sont présentés ici, et sont comparés avec ceux des relevés antérieurs. L'aire d'étude s'étendait de l'île aux Coudres à l'île du Bic. Des transects larges de 6 000 pieds et espacés de 2 milles marins ont été photographiés à une échelle de 1:8 000 en utilisant un film couleur positif spécial pour les relevés aériens. Vingt et un pour cent de l'aire d'étude était couverte de brouillard et n'a pas pu être photographiée. Les dénombrements étaient corrigés pour les animaux en plongée avec deux facteurs différents : un standard historique de 15 % donnant un indice d'abondance de la population, et une valeur plus récente de 109 % basée sur des données de comportement pour fournir une estimation de l'effectif réel de la population. La séquence des données de relevé était lissée de façon linéaire par jeu de 5 points pour fournir des moyennes mobiles, des estimations courantes, et des taux de changement de la population.

Lors du relevé de 1997, 284 bélugas ont été identifiés sur 88 des 832 clichés pris, et 20 autres ont été vus dans le fjord du Saguenay lors d'un relevé visuel simultané. L'estimation de l'indice standard était de 681 (ET 91), et celle de l'effectif réel de la population était de 1 221 (ET 189). À partir d'un lissage linéaire des 5 relevés les plus récents, l'estimation courante de l'indice standard est de 700 (ET 46) avec un taux de croissance de 21,4/an (ET 8,2); et celle de l'effectif réel de la population est de 1 238 (ET 119) avec un taux de croissance de 31,4/an (ET 13,1).

Trente-neuf embarcations allant des kayaks jusqu'aux barges ont été dénombrées sur les photographies, mais aucune tendance à être près des bélugas ou à s'en approcher n'a été détectée.

ABSTRACT

Kingsley, M.C.S. 1999. Indices d'abondance et estimations de la population de bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2266 : vii + 27 pp.

Population assessment is the essential component of monitoring species at risk. The belugas (*Delphinapterus leucas*) of the St Lawrence estuary have been monitored by aerial surveys since 1973. The results of the latest survey, by high-altitude aerial photography on 26 August 1997, are reported here and compared with those of earlier surveys. The survey area extended from île-aux-Coudres to île du Bic. Transects 6,000 feet wide spaced 2 n.mi. apart were photographed at a scale of 1:8,000 using colour positive aerial survey film, but 21% of the study area was covered by fog and could not be photographed. Counts were corrected for diving animals by two different factors: a historical standard 15% to yield an index of population size, and a more recent 109% based on behavioural data to yield an estimate of true population. The sequence of survey data was smoothed with linear trends in sets of five points to yield moving averages, current estimates and rates of change.

In the 1997 survey, 284 belugas were counted on 88 of the 832 photo frames taken, and 20 more were counted in the Saguenay Fjord by a simultaneous visual survey. The estimate of the standard index was 681 (SE 91) and of the true population size 1221 (SE 189). From linear smoothing of the most recent five surveys, the current estimate of the standard index was 700 (SE 46), with an increase of 21.4 whales/yr (SE 8.2) and of the true population size 1238 (SE 119) with an increase of 31.4 whales/yr (SE 13.1).

39 vessels from kayaks to barges were counted on the photographs, but there was no evidence of boats tending to be near belugas or seeking to approach them.

PRÉFACE

Les travaux décrits ici ont été réalisés dans le cadre du programme conjoint *Saint-Laurent—Vision 2000*, et viennent compléter les études menées dans le cadre du programme précédent, le *Plan d'action Saint-Laurent*.

INTRODUCTION

L'évaluation des populations est de la plus haute importance dans la gestion des écosystèmes et des ressources. Pour déterminer la situation des espèces menacées, le premier élément à déterminer avec précision est l'effectif de la population avec ses tendances, quoique d'autres facteurs comme la superficie de la zone habitée ou le nombre de populations indépendantes méritent aussi considération (IUCN, 1994). La qualité de l'habitat des animaux sauvages, et même des animaux domestiques, se mesure couramment à la densité de population qu'un habitat peut soutenir, et cela est tout aussi vrai pour les habitats perturbés ou dégradés : on ne peut pas évaluer la qualité de l'habitat sans considérer la taille ou la tendance de sa capacité biotique.

Une population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) habite l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, où elle estive dans une portion bien définie de l'estuaire central qui va à peu près de Kamouraska aux Escoumins (figure 1) (Sergeant, 1986; Sergeant et Hoek, 1988). Cette population est partiellement migratrice, car en hiver elle se déplace jusque dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Elle a été chassée—probablement pendant des millénaires—par les peuples qui sont venus s'installer sur les rives du fleuve. Une chasse commerciale relativement intense, documentée pour la fin du XIXe et la première moitié du XXe siècle (Vladykov, 1944; Laurin, 1982; Reeves et Mitchell, 1987) a fortement réduit cette population.

Les efforts sérieux visant à évaluer la taille et la tendance de la population, qui faisait encore l'objet d'une chasse totalement incontrôlée, ont commencé dans les années 1970. Pippard et Malcolm (1978) ont effectué en 1975-1977 une série de relevés aériens au nom du Service canadien des parcs. Les chercheurs ont estimé que la population totale ne dépassait pas 350 têtes, avec une tendance à la baisse rapide, et ils ont souligné le danger que présentaient à la fois la chasse et la dégradation de l'habitat (Pippard, 1985). Le gouvernement canadien a interdit la chasse du béluga dans le Saint-Laurent en 1979 et, en 1983, le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC), se fondant sur l'évaluation de 1977, désignait cette population comme « menacée de disparition » (c'est-à-dire en net déclin et approchant de l'extinction) (Campbell, 1992).

D'autres relevés aériens, tant visuels que photographiques, ont été effectués au début des années 80 (voir compte rendu dans Kingsley, 1998). L'indice de la population, selon une estimation prudente (dénombrement des animaux visibles en surface, sans correction ou avec une correction seulement partielle pour ceux qui étaient sous l'eau, l'effectif réel pouvant être beaucoup plus élevé), a été établi à 512 (en 1982), 431 (en 1984) et 530 (en 1985) (Sergeant et Hoek, 1988). Cette dernière estimation a suscité une très forte controverse : on a soutenu qu'il s'agissait d'une surestimation d'une population en déclin qui ne pouvait guère totaliser, sur les bases à la fois de relevés par bateaux et d'une analyse critique des méthodes de relevés aériens, plus de 300 têtes (Béland *et al.,* non daté ; Béland et Martineau, 1985 ; Béland *et al.*, 1987). Ces opinions ont été remarquablement bien accueillies, et sont à l'origine du sentiment populaire selon lequel la population était très peu nombreuse, en déclin, et gravement menacée de disparition à cause de la pollution (p. ex. Katona et Lien, 1990 ; Hoyt, 1990).

Des relevés photographiques aériens menés en 1988 (491), et en 1990 (607), ont confirmé les estimations selon lesquelles l'indice partiellement corrigé de la population se situerait à environ 500 têtes et, bien que les tendances des résultats soient globalement à la hausse, on ne notait aucune indication claire d'une augmentation de la population (Kingsley et Hammill, 1991). Le résultat élevé de 607 bélugas en 1990, bien que non biaisé techniquement, n'était pas fiable à cause de problèmes d'échantillonnage. Il s'accompagnait d'une erreur type (ET) d'échantillonnage estimée à plus de 300 et, à cause de cette incertitude, on a finalement abandonné l'échantillonnage stratifié; les relevés aériens réalisés en 1992, 1995, et 1997 ont échantillonné tout l'habitat à un taux constant de 50 %. En 1992, on a obtenu une estimation de 525 têtes à partir d'un échantillonnage non stratifié, mais il était toujours impossible de dire si la population était en augmentation (Kingsley, 1993).

Le relevé suivant a eu lieu en 1995, année 3 du programme quinquennal conjoint *Saint-Laurent—Vision 2000*. L'estimation de l'indice normalisé lors de ce relevé était de 705, soit 34 % de plus que l'estimation précédente, et 16 % de plus que l'estimation antérieure la plus élevée (Kingsley, 1996). L'estimation de 525 têtes en 1992 paraissait maintenant trop basse, et celle de 607 en 1990 commençait à paraître un peu plus crédible. Les preuves d'une croissance continue de la population depuis la fermeture de la chasse se trouvaient aussi renforcées (Kingsley, 1998).

Le présent rapport décrit le relevé suivant de cette série, un relevé photographique aérien qui reprenait les méthodes de photographie systématique employées depuis 1984, l'orientation sur transects dessinés en travers du fleuve adoptée en 1988, et l'échantillonnage non stratifié utilisé en 1992 et 1995. Ce relevé aérien a été réalisé la dernière année de *Saint-Laurent—Vision 2000* pour fournir des données de clôture permettant de faire le bilan de l'effort de recherche représenté par ce programme et par son prédécesseur, le *Plan d'action Saint-Laurent*.

MÉTHODES

MÉTHODES DE TERRAIN

Les transects du relevé photographique de l'habitat d'estivage du béluga dans le Saint-Laurent étaient espacés de deux milles marins et orientés perpendiculairement à l'estuaire (figure 1). La grille des transects allait de l'extrémité amont de l'île aux Coudres jusqu'à proximité de Forestville. Les appareils volaient à une altitude de 4 000 pieds et étaient équipés de caméras métriques de cartographie à lentilles de 6 pouces conçues pour prendre des clichés carrés de 9 pouces de côté sur un film couleur de photographie aérienne Kodak Aerographic 2448. Les paramètres du relevé ont permis d'obtenir un pourcentage d'échantillonnage de 49,4 %. Deux appareils volaient simultanément, de façon à couvrir la zone en un seul vol sans avoir à s'arrêter pour l'avitaillement. Le chevauchement longitudinal visé était de 30 %.

Un troisième appareil, ayant à son bord un observateur, effectuait en même temps un recensement visuel dans le fjord du Saguenay.

INTERPRÉTATION DES CLICHÉS ET ANALYSE DES DONNÉES

L'interprétation des clichés a été effectuée sur des tables lumineuses par une équipe de quatre personnes dont trois avaient déjà de l'expérience dans ce domaine. Une diapositive portant un quadrillage de 10 x 10 était placée sous le film et constituait un cadre de référence pour le positionnement des images des bélugas, qui étaient alors reportées sur des feuilles de papier portant la même grille. Tous les clichés sur lesquels des images de bélugas ont été notés à la première lecture, ainsi que le cliché précédent et le suivant, ont été réexaminés par une autre personne, qui ne savait pas où se trouvaient les images de bélugas, ni sur quels clichés. Les clichés notés vides à la première lecture n'ont pas été réexaminés.

Certaines images de bélugas se trouvaient dans les parties des clichés qui chevauchaient les clichés adjacents. Si une image semblable apparaissait sur le cliché voisin, nous comparions l'orientation, la taille et la position relativement aux autres images de bélugas, aux bouées, à la terre ou aux patrons de turbidité de l'eau, et nous établissions ainsi s'il s'agissait ou non de deux fois l'image du même animal.

Le nombre d'images relevées sur les clichés, après élimination des images apparaissant en double sur des clichés voisins, a été multiplié par le facteur d'expansion du relevé (égal à l'espacement des transects divisé par la largeur de la bande couverte par la photo) pour donner une estimation du nombre de bélugas visibles en surface pour l'ensemble de la zone d'étude. On a ensuite corrigé cette estimation pour les bélugas cachés sous l'eau. Une correction (ajout de 15 %), jugée prudente (Sergeant et Hoek, 1988; Kingsley, 1993, 1996), a été appliquée pour donner un indice normalisé de la population comparable à celui des relevés antérieurs.

Un autre facteur de correction, outre le facteur standard de 15 %, est employé depuis peu. Il est établi d'après l'observation aérienne de bélugas et la mesure de la proportion du temps où ils sont visibles. Pour avoir la meilleure estimation de l'effectif réel de la population, nous avons appliqué ce facteur de correction au lieu du facteur standard de 15 %.

Pour établir l'erreur type des résultats du relevé pris en eux-mêmes, nous avons utilisé les méthodes standard basées sur les différences sérielles entre les dénombrements des divers transects (Cochran, 1977; Kingsley et Smith, 1981; Kingsley, 1996). Pour calculer l'erreur type de l'estimation de l'effectif véritable de la population, nous avons inclus l'erreur type du facteur de correction calculé.

Nous avons représenté les limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent récemment créé (figure 1) (Loi sur le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent, 1997). Pour calculer la proportion des observations faites à l'intérieur du parc, nous avons posé que tous les bélugas dénombrés sur un cliché mais non sur le cliché précédent se trouvaient au centre du cliché, et nous avons déterminé si le centre du cliché se trouvait à l'intérieur ou à l'extérieur du parc.

ESTIMATIONS LISSÉES

Nous avons utilisé des estimations antérieures de l'indice de la population tirées des articles publiés, et nous les avons lissées avec un modèle de tendance linéaire par jeux de cinq relevés consécutifs pour produire une valeur lissée de l'indice pour l'année centrale de

chaque jeu. Un calcul de régression a aussi fourni une estimation de l'incertitude attachée à l'estimation lissée. Les deux relevés les plus récents ne pouvant pas constituer le relevé central d'un jeu de cinq, nous avons établi pour ces années les estimations lissées à partir du jeu le plus récent.

Nous avons adopté une approche similaire pour lisser les estimations de l'effectif réel de la population à partir des relevés photographiques systématiques menés par voie aérienne depuis 1984. Les dénombrements faits dans le fjord du Saguenay ont été déduits des indices publiés, et les facteurs de correction appliqués initialement pour tenir compte en partie des cétacés immergés (18 % de plus en 1984 et 1985, 15 % de plus de 1988 à 1997) ont été supprimés pour revenir à l'estimation des animaux visibles en surface. Cette estimation photographique des bélugas visibles a été lissée avec un modèle linéaire, et l'estimation lissée a été corrigée avec un ratio de visibilité calculé à partir des observations aériennes de groupes de bélugas à l'été 1997. Comme ce facteur de correction se fondait sur des données d'échantillonnage, une composante d'incertitude liée à sa valeur a été intégrée à l'erreur type de l'estimation lissée de l'effectif réel de la population. Les études effectuées ne justifiaient guère de faire varier le facteur de correction en fonction de la turbidité locale (Gauthier, en préparation), aussi avons-nous appliqué une seule valeur à l'ensemble du relevé. Les recensements du fjord du Saguenay ont été lissés séparément avec une seule ligne de tendance allant de 1984 à 1997, puis ajoutés à l'estimation lissée concernant tout l'estuaire, sans correction pour la visibilité.

CIRCULATION MARITIME

On entend de temps à autre des questions concernant l'effet de la circulation maritime sur les cétacés, notamment les bélugas du Saint-Laurent. Un relevé photographique aérien fournit l'occasion d'obtenir un échantillon sans biais de la distribution typique de la circulation maritime par rapport à la répartition des bélugas pendant une belle journée de la fin de l'été. Des petits bateaux comme des grands navires ont été observés sur les clichés; leur présence et leurs coordonnées ont été notés.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

RÉPARTITION DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

À la fin d'août 1997 a eu lieu une période de temps instable, avec de l'air humide, des nuages, du brouillard et des périodes venteuses. La première belle journée de la période prévue pour le relevé—du 18 août au 10 septembre—était le 26 août, c'est-à-dire un jour plus tard que lors du relevé de 1995. Le ciel était clair, et le vent soufflait à moins de 5 nœuds sur la plus grande partie de la zone d'étude, mais il atteignait 10 nœuds à la limite amont de cette zone. À cause de la combinaison de vents légers, d'air humide et d'une nuit claire, un banc de brouillard couvrait la côte nord de l'estuaire. Il s'étendait vers l'aval depuis les environs des Escoumins, et couvrait plus de la moitié de la largeur de l'estuaire à la limite aval de la zone d'étude (figure 1, annexe 2). Nous avons toutefois décidé de procéder au relevé, car les relevés précédents avaient fait ressortir que les bélugas étaient peu nombreux dans la zone brumeuse (Kingsley et Hammill, 1991; Kingsley, 1993, 1996), et nous pensions que le brouillard pourrait se dissiper rapidement (ce qui n'a pas été le cas).

La zone qui était masquée par le brouillard lorsque nous avons effectué le relevé photographique aérien a fait l'objet d'un relevé visuel mené par hélicoptère à une altitude de 800 pieds, avec un pilote et un observateur, le premier jour de temps convenable, c'est-à-dire 9 jours plus tard, le 4 septembre.

Les photographies ont été réalisées de 0850 à 1310 HAE, c'est-à-dire environ 0930 à 1350, heure solaire à Rivière-du-Loup. La marée était haute à 1015 HAE à Rivière-du-Loup. Le marnage était de 7,5 pieds, et la marée de morte-eau tombait le jour suivant. Dans le Saint-Laurent, les courants de marée sont forts et complexes, et créent des veines d'eau et des tourbillons qui persistent aux différents stades de la marée, de sorte qu'il est difficile de définir le moment de l'étale. Entre Saint-Siméon et Trois-Pistoles, l'étale de haute mer a lieu entre le moment approximatif de la marée haute à Rivière-du-Loup et environ une heure plus tard; au niveau des îles de Kamouraska, elle a lieu à peu près une heure plus tard (Pêches et Océans Canada, 1997). Dans la zone d'étude, l'étale de haute mer s'est vraisemblablement produite entre environ 0945 HAE à l'extrémité aval et environ 1230 à l'extrémité amont, et la durée du relevé correspondait grossièrement à cette période.

La répartition observée (figure 2) était sous certains aspects semblable à la moyenne des observations des relevés antérieurs, mais nous avons aussi noté de nettes différences. La principale zone de répartition était semblable, et s'étendait des îles de Kamouraska jusqu'aux Escoumins. Les principales différences entre ce relevé et ce qu'on pourrait considérer comme une répartition moyenne typique étaient les suivantes : petit nombre de bélugas près de la côte nord en aval du Saguenay (c.-à--. entre Tadoussac et les Escoumins); pas de bélugas dans la partie sud du fleuve entre Cacouna et l'extrémité ouest de l'île aux Lièvres; des nombres inhabituellement élevés au nord et au sud-ouest de l'île aux Lièvres, près de la côte nord de l'île Verte, et au large de Kamouraska.

Quelques bélugas ont aussi été photographiés sur la côte sud, près de Saint-Simon, en aval de l'aire de répartition habituelle (figure 2). Des bélugas étaient présents dans cette zone en 1990, et s'y retrouvent également sur les cartes de répartition de 1987–1992 (Michaud, 1993). Kingsley (1998) a observé qu'on retrouve des bélugas au large de Saint-Simon quand les effectifs présents du côté nord du fleuve entre Tadoussac et les Escoumins sont plus bas que d'habitude. La distribution de 1997 concorde avec ce régime.

La moyenne contra-harmonique[1] du nombre d'images par cliché était de 9,3, c'est-à-dire intermédiaire entre 8,3 en 1992 et 12,1 en 1995.

Comme on retrouvait des nombres importants de bélugas près de l'île Verte ainsi qu'en amont de Kamouraska, seuls 51 % des bélugas photographiés dans l'estuaire se trouvaient à l'intérieur du parc marin. Lors du relevé de 1995, où on notait une concentration de bélugas au-dessus du chenal Laurentien, en face de Grandes-Bergeronnes, 68 % des bélugas comptés sur les clichés se trouvaient à l'intérieur du parc et, en 1992, alors qu'une fois de plus la composante d'aval de la population se trouvait près de l'île Verte, la proportion était de

---

[1] C'est-à-dire le nombre d'images sur le cliché qui contient l'image moyenne, et une mesure du degré d'aggrégation des bélugas dans leur habitat.

57 %. Pour les trois relevés, la moyenne pondérée est de 59 %. Les bélugas qui se trouvent dans le fjord du Saguenay peuvent être ajoutés à cette proportion, car ce secteur se trouve aussi à l'intérieur du parc marin.

INDICES ET ESTIMATIONS DE LA POPULATION DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

Étant donné la présence de brouillard sur environ 20 % de la superficie normale du relevé, seuls 832 clichés utilisables ont été pris (alors que le total habituel est d'environ 1 000). Des bélugas se trouvaient sur 88 de ces clichés (annexe 3). Le nombre d'images de bélugas recensés dans le relevé de l'estuaire atteignait 356, dont 72 étaient reproduites sur les clichés voisins qui se chevauchaient; l'effectif net est donc de 284. Cet effectif net a été multiplié par un facteur d'expansion de 2,025 (les bandes couvertes par le relevé étant de 6 000 pieds de largeur, et espacées de 2 milles marins au centre), et une correction prudente de visibilité de 15 % a été ajoutée, ce qui a porté à 661,4 bélugas l'indice standard estimé pour l'estuaire. L'estimation par différences sérielles (Cochran, 1977) de l'erreur type de l'échantillonnage était de 90,9.

Quand la zone couverte de brouillard pendant le relevé photographique a fait l'objet d'un relevé visuel le 4 septembre, aucun béluga n'a été observé pendant le survol des transects, mais un cétacé a été noté hors des transects près des Escoumins. L'estimation concernant l'estuaire n'a pas été corrigée pour la zone non couverte la première fois.

À l'été 1997, des observateurs aériens ont surveillé des groupes de bélugas du Saint-Laurent pour mesurer la proportion de temps pendant laquelle ils étaient visibles. Cette proportion a été estimée à moins de 50 %, de sorte que le facteur approprié pour corriger des dénombrements photographiques en vue d'obtenir une estimation de l'effectif réel de la population (au lieu d'un indice prudent) serait de 109 % (ET 16 %) (Gauthier, en préparation) (au lieu de 15 % avec ET 0). Cette estimation est confirmée par les études de marquage pisté par satellite portant sur des bélugas de l'Arctique, qui passaient généralement plus de la moitié du temps en plongée profonde lorsqu'ils se trouvaient dans les eaux du large (Martin et Smith, 1992; Heide-Jørgensen *et al.*, 1998; Richard *et al.,* 1997; Kingsley, données inédites). Des résultats comparables ont été obtenus pour les narvals, tant par le marquage (Martin *et al.,* 1994) que par l'observation directe (Dueck, 1989). L'estimation ainsi obtenue de l'effectif réel de la population de l'estuaire était de 1 201 (ET 189).

DÉNOMBREMENT DANS LE FJORD DU SAGUENAY ET ESTIMATIONS GLOBALES

Dans le fjord du Saguenay, 19 bélugas ont été dénombrés dans la baie Sainte-Marguerite pendant le vol vers l'amont, et 20 pendant le vol de retour vers l'aval. Le chiffre le plus élevé a été retenu. L'estimation définitive de l'indice standard pour la zone d'étude est donc de 681,4 (ET 90,9). Ce résultat semble confirmer que le chiffre élevé, et peu prévisible, de 705 têtes en 1995 n'était pas dû entièrement aux variations de l'échantillonnage, mais constituait une estimation valide de l'indice.

L'estimation de l'effectif véritable de la population en 1997 (qui comportait toutefois un total obtenu par recensement visuel non corrigé pour le fjord du Saguenay, et qui ignorait le biais et l'incertitude dans le dénombrement du Saguenay, ainsi que tout biais dû à la couverture de

brouillard dans l'estuaire) était de 1 221 têtes (ET 189). Cette erreur type estimée inclut à la fois l'erreur d'échantillonnage associée au relevé photographique et l'incertitude dans le facteur de correction utilisé pour transformer les dénombrements photographiques en effectif réel de la population.

ESTIMATIONS DE L'INDICE APRÈS LISSAGE

Des estimations de l'indice obtenues depuis 1977 sont cohérentes et présentent une tendance régulière à l'augmentation (tableau 2, figure 3). La zone couverte était la plus grande en 1982, car le relevé s'étendait de l'île aux Coudres jusqu'à Hauterive, quelque 75 kilomètres en aval de la limite actuelle de l'étude. En 1984, on a rétréci le territoire de l'étude à partir de la répartition des observations du relevé de 1982, et la superficie couverte par le relevé de 1985 se fondait sur la répartition de la population quelques jours avant l'opération. Depuis 1988, le territoire couvert par le relevé est semblable à celui du relevé actuel, et les transects sont alignés perpendiculairement à l'estuaire. En 1985, 1988, et 1990, il n'y a pas eu de recensement dans le fjord du Saguenay, aussi les tendances de 1977–1988 et de 1982–1990 peuvent-elle être biaisées à la baisse, alors que celles de 1985-1995 et 1988–1997 seraient biaisées à la hausse.

L'écart type des estimations des relevés par rapport aux courbes de tendance ajustées par lissage est d'environ 60, c.-à-d. inférieur aux erreurs types calculées pour les différents relevés. Cela pourrait montrer que les relevés sont en fait plus précis que ne l'indiquent les erreurs types estimées pour chacun. Il n'existe pas d'estimations non biaisées de l'erreur type pour les relevés systématiques (Cochran, 1977), et les calculs conventionnels produisent généralement des surestimations. Même l'estimateur à différences sérielles utilisé dans les relevés récents (Kingsley, 1996) surestime probablement l'erreur type (Kingsley et Smith, 1981). Les coefficients de variance des estimations lissées pour les relevés qui sont appuyés et par des données plus anciennes et plus récentes sont de 4,5–7 %.

L'estimation la plus récente de l'indice lissé est de 700 pour 1997, avec une erreur type de 46[1], et le taux actuel estimé d'accroissement de l'indice est 21,4 (ET 8,2) bélugas par an.

ESTIMATIONS LISSÉES DE LA POPULATION RÉELLE

Les estimations de la population entièrement corrigées et leurs valeurs lissées ont aussi augmenté au fil de la série de relevés (tableau 3, figure 4). Le calcul des tendances de la population a été corrigé pour l'inclusion intermittente du fjord du Saguenay dans les relevés par lissage distinct des dénombrements du Saguenay. La plus récente estimation lissée de l'effectif réel de la population est de 1 238 (ET 119). Cependant, tout comme l'estimation lissée la plus récente de l'indice standard, il s'agit d'une valeur provisoire qui pourrait être révisée si un autre relevé aérien a lieu.

---

[1] Toutes les erreurs types calculées à partir des résultats du lissage linéaire comportent trois degrés de liberté.

Le taux estimé de changement de la population entre 1988 et 1997 est de 31,4 bélugas/an (ET 13,1). Au cours de cette période, les méthodes photographiques et la zone d'étude sont demeurées les mêmes. Pour corriger la couverture intermittente du Saguenay, nous avons lissé séparément les dénombrements y obtenus. L'estimation de cette tendance peut donc être considérée comme non biaisée, à l'exception du biais à la baisse dans les résultats du relevé de 1997, qui est dû à la présence de brouillard. On peut interpréter ces valeurs comme suit : avec un niveau de confiance de 25 % (1 chance sur 4), la population augmenterait de plus de 41,4 bélugas/an; avec un niveau de confiance de 50 %, l'augmentation se situerait entre 21,4/an et 41,4/an; avec un niveau de confiance de 25 %, la croissance serait inférieure à 21,4/an. Pour une baisse de la population, le niveau de confiance serait d'environ 4,8 % (environ 1 chance sur 21), mais il est maintenant établi que ce n'est pas le cas, et qu'il n'y a pas eu de baisse depuis la fermeture de la chasse (Anon., 1998, p. 89).

Ces estimations sur le rythme de changement de l'effectif de la population se fondent seulement sur les données des relevés, et nous devons essayer de voir si elles correspondent à la dynamique apparente de la population. Les variables biologiques comme les taux de naissance et l'espérance de vie ne sont pas faciles à mesurer dans les populations sauvages, particulièrement chez les cétacés, et l'information que nous possédons sur cette population est surtout indirecte. La proportion de juvéniles dénombrés sur les photographies aériennes semblait proche de la normale (Kingsley, 1996), même sans correction pour le fait qu'ils étaient difficiles à voir (Gauthier, en préparation), tout comme la proportion de juvéniles gris dénombrés pendant un relevé par bateau (Michaud, 1993). À partir de l'étude des carcasses rejetées sur la grève, l'âge moyen à la mort et l'espérance de vie à la maturité semblent tous deux raisonnablement élevés, et rien n'indique l'occurrence de mortalité de masse ou de mortalité inhabituelle d'animaux en pleine phase de reproduction (Béland *et al.,* 1988; Béland *et al.,* 1992; D. Martineau et MPO, rapports inédits sur les échouages). À partir des signes d'activité reproductive récente (ou de leur absence) chez les femelles adultes échouées, on a estimé que le taux de naissance avait baissé, mais ces données sont nécessairement obtenues sur des animaux qui sont malades et âgés, et non sur des spécimens jeunes et en pleine santé. Les données sur les échouages ne fournissent pas une bonne estimation de l'âge à la première reproduction, car les animaux de cet âge (5 à 8 ans) sont rarement retrouvés morts. Le taux maximum de croissance des populations non exploitées de monodontidés a été estimé à 3–5 %/an (Sergeant, 1981; Kingsley, 1989). Une augmentation de 30 bélugas/an sur une population de 1 000 têtes se situe au-dessous de cette fourchette, et les preuves biologiques dont nous disposons permettent de penser qu'il ne s'agit pas là d'une surestimation.

Une partie des données biologiques se compose de rapports concernant des carcasses échouées, qui ont été examinées depuis 1982 environ. Si la population n'a pas augmenté depuis, on peut juger que son effectif correspond à l'estimation lissée de 1992, soit 1 080 têtes; si elle avait augmenté au rythme moyen de 30 bélugas/an, la population moyenne de 1982 à 1997 serait environ 1 020. D'une façon comme de l'autre, la moyenne annuelle d'environ 15 carcasses/an correspond à environ 1,5 % de la population, et si la population connaissait un taux moyen de mortalité de 10 %/an (Burns et Seaman, 1988), cela correspondrait à environ 15 % des morts. Nous n'avons pas de données sur les taux d'échouage des bélugas morts naturellement, ni de façon globale, ni par âge, état reproductif

ou cause de la mort. Toutefois, si les carcasses échouées représentaient une si faible proportion des morts totales, il pourrait exister un biais d'échantillonnage. Si, par exemple, les bélugas plus jeunes et actifs sur le plan de la reproduction avaient tendance à caler plus facilement après la mort, et étaient donc sous-échantillonnés dans les rapports sur les échouages, les espérances de vie déduites à partir des données sur les échouages seraient des surestimations.

Le comportement en plongée des bélugas pendant l'été a été étudié dans l'Arctique à l'aide d'enregistreurs à liaison satellitaire. Ces études ont montré qu'en général, les bélugas passent environ 50 % du temps en surface, et qu'on pourrait envisager de corriger les relevés aériens en augmentant de l'ordre de 100 % les dénombrements. À partir de là, on a pensé que l'effectif réel de la population en 1995 pourrait se situer entre 900 et 1 300 (Kingsley, 1996; Innes, 1996), mais il restait des motifs évidents d'hésitation avant d'appliquer les données de l'Arctique à la population du Saint-Laurent (Kingsley, 1993 : p. 8; 1995, p. 16). Toutefois, les données d'observation visuelle directe dans le Saint-Laurent amènent à une conclusion semblable sur la visibilité des bélugas, et l'estimation lissée qui en résulte pour l'effectif réel de la population en 1995 se situe dans la fourchette proposée.

Tandis que la plupart des bélugas de la population du Saint-Laurent estivent dans l'estuaire et sont inclus dans ces relevés, on signale parfois la présence d'un petit nombre de bélugas vivants en été dans le nord du golfe du Saint-Laurent. Par exemple, une équipe chargée d'un relevé aérien par échantillonnage des cétacés dans le nord du Golfe a observé six bélugas au large de Sept-Îles en août 1996 (Kingsley et Reeves, sous presse); un béluga a été signalé près de l'île Corrosol (également devant Sept-Îles) à l'été 1997; en 1998, un béluga juvénile s'est installé devant Chevery, dans le nord-est du Golfe, au début de l'été (M. Kingsley, notes inédites), quatre bélugas adultes ont été observés près des îles Mingan, et un autre à La Tabatière (R. Michaud, comm. pers. au MPO). Loin d'être nouvelles, de telles observations sont signalées plus ou moins régulièrement depuis des années. Elles sont toutefois trop sporadiques et concernent un trop petit nombre de bélugas pour qu'on puisse évaluer si elles deviennent plus ou moins fréquentes. On a aussi signalé l'observation au début de l'été (mai ou juin) de petits nombres de bélugas dans l'ouest du Golfe, sur le littoral du Nouveau-Brunswick ou à proximité, environ 1 an sur 2 (M. Kingsley, notes inédites). Il est toutefois possible que ces animaux aient rejoint l'aire principale d'estivage de l'estuaire avant la tenue des relevés aériens à la fin de l'été.

BATEAUX ET CIRCULATION MARITIME

En ignorant les bateaux à l'ancre et au mouillage, nous avons dénombré 39 embarcations de toutes tailles sur l'échantillon de 49,4 % de l'estuaire, ce qui pourrait correspondre à environ 78 bateaux sur l'ensemble de l'estuaire (figure 5). Les classes les plus nombreuses étaient les petits bateaux à moteur—principalement des bateaux de travail de 20 à 45 pieds de long (13)—et des kayaks (10). Nous avons dénombré 5 canots pneumatiques. Les bateaux à moteur étaient assez largement dispersés, mais les kayaks se trouvaient rassemblés en deux groupes dans la partie aval, près de Saint-Simon et du parc du Bic respectivement. Il y avait seulement quatre gros navires de charge—cargos ou trains de barges—mais un des trains de barges était composé d'un remorqueur et de trois barges. Quatre traversiers opèrent dans la zone d'étude; la caméra les a tous photographiés, sauf celui qui fait la navette entre

Trois-Pistoles et les Escoumins. Les petites embarcations individuelles, comme les motomarines (Jet-Ski ou Sea-Doo) sont parfois soupçonnées d'être une source de harcèlement des espèces marines, mais nous n'en avons observé aucune sur les photographies du relevé.

Les petits bateaux étaient concentrés, comme prévu, près des marinas et des centres de population : dans le chenal nord de l'île aux Coudres, entre Rivière-du-Loup et l'île aux Lièvres, et devant Tadoussac et Grandes-Bergeronnes (figure 5). La plupart des zones où les embarcations étaient nombreuses ne contenaient que peu de bélugas, de sorte qu'il y avait une faible correlation négative entre les bateaux et les bélugas. Toutefois, le nombre de clichés contenant les uns et les autres étaient si petit—10,5 % pour les bélugas et 4,5 % pour les bateaux—que, si les occurrences étaient indépendantes, on pouvait prévoir que quatre clichés seulement contiendraient à la fois des bateaux et des bélugas. C'était en fait le cas d'un seul cliché. Ces données n'ont fourni aucune preuve décisive d'une perturbation des bélugas par le trafic maritime. Nous n'avons vu aucun cas où des bateaux harcèleraient les bélugas ou même tenteraient de s'en approcher. Il y avait quelques bélugas autour d'un voilier à l'ancre. La seule indication du fait que les bélugas pourraient susciter la circulation des bateaux a été observée près de Tadoussac, où un bateau du ministère des Pêches et des Océans menait une recherche sur les bélugas, et un autre semblait être un patrouilleur du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent.

Il est nécessaire de moduler ces résultats en soulignant que le relevé a eu lieu à la toute fin de l'été, alors que les activités touristiques et le loisir estival sont en baisse. La haute saison est très courte sur le Saint-Laurent, puisqu'elle va seulement du début de juillet au milieu d'août environ, alors que les relevés sont généralement pratiqués en dehors de cette période. Pendant la haute saison, on a signalé que des bateaux essayaient de s'approcher des bélugas, et que des motomarines pouvaient harceler les cétacés.

CONCLUSIONS

L'estimation lissée de l'indice standard de la population de bélugas du Saint-Laurent, à partir d'un relevé photographique aérien systématique, était de 700 têtes (ET 46) en 1997, ce qui vient confirmer qu'il y a croissance de la population. Nous avons corrigé les dénombrements photographiques à l'aide d'un facteur de visibilité fondé sur l'observation aérienne du comportement de plongée des bélugas, et appliqué aux cinq estimations tirées des relevés les plus récents un lissage linéaire. L'estimation résultante de l'effectif réel de la population en 1997 était de 1 238 (ET 119), et le taux moyen de changement de la population entre 1988 et 1997 était de 31,4 (ET 13,1) bélugas/an. Ce taux de croissance a été calculé de façon à être libre du biais dû à la variation des méthodes de relevé ou de la zone couverte.

À partir de trois relevés aériens, réalisés en 1992, 1995 et 1997, nous concluons qu'environ 60 % des bélugas dénombrés dans l'estuaire du Saint-Laurent se trouvent à l'intérieur des limites du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent.

Sur les clichés obtenus, 39 bateaux en marche ont été dénombrés, qui allaient des kayaks aux cargos. Toutefois, aucun ne semblait harceler les bélugas ni tenter de s'en approcher, et un seul se trouvait sur un cliché où apparaissaient aussi des bélugas.

REMERCIEMENTS

Ce relevé a été financé en tant qu'activité de recherche du programme conjoint *Saint-Laurent—Vision 2000*. Je remercie le comité interministériel des relevés aériens, et particulièrement Linda Charbonneau et Michel Landreville, pour toute l'aide qu'ils nous ont apportée au cours du programme de relevés aériens couvert par le *Plan d'action Saint-Laurent* et le plan *Saint-Laurent—Vision 2000*. Je remercie les équipages des avions et les opérateurs des caméras pour la précision de l'opération, et particulièrement le responsable de projet, Ed McGee, pour la persévérance avec laquelle il s'est levé à 5 heures chaque matin pour surveiller la météo. Coralie Tournois, Isabelle Gauthier et Anne Evely ont interprété les clichés aériens, et ont effectué cette tâche ingrate dans un délai court et en accordant beaucoup d'attention aux détails. Je remercie également les relecteurs et les éditeurs scientifiques pour les améliorations qu'ils ont suggérées.

RÉFÉRENCES

Anonyme. 1998. Mise en œuvre du Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent : 1996-1997; revue par le Comité sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Ministère des Pêches et des Océans, Mont-Joli (Québec) et Fonds mondial pour la nature, Toronto.

Bailey, R. et N. Zinger. 1995. Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Fonds mondial pour la nature, Toronto, et ministère des Pêches et des Océans, Mont-Joli (Québec), 73 pp.

Béland, P. and D. Martineau. 1985. Aerial survey of St Lawrence belugas in 1985: what you see is not what you get. Ministère des Pêches et des Océans, Centre de recherche en écologie des pêches, Rimouski (Québec), 57 pp.

Béland, P., D. Martineau and R. Michaud. Non daté. Effects of short-term movements of St Lawrence belugas on population estimates obtained through aerial surveys. Ministère des Pêches et des Océans, Centre de recherche en écologie des pêches, Rimouski (Québec), inédit.

Béland, P., R. Michaud et D. Martineau. 1987. Recensements de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent par embarcations en 1985. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1545. 21 pp.

Béland, P., A. Vézina, and D. Martineau. 1988. Potential for growth of the St Lawrence (Québec, Canada) beluga whale (*Delphinapterus leucas*) population based on modelling. J. Cons. Int. Explor. Mer. 45: 22--32.

Béland, P., S. de Guise and R. Plante. 1992. Toxicology and pathology of St Lawrence marine mammals. Rep. prep. for the Wildlife Toxicology Fund by the St Lawrence National Institute for Ecotoxicology. World Wildlife Fund Canada, Toronto. 95 pp.

Burns, J.J. and G.A. Seaman. 1988. Investigations of belukha whales in coastal waters of western and northern Alaska. II. Biology and ecology. U.S. Department of Commerce, N.O.A.A., Anchorage, Alaska; OCSEAP Final Reports 56: 221--357.

Campbell, R.R. 1992. Rare and endangered fishes and marine mammals of Canada: COSEWIC Fish and Marine Mammal Subcommittee status reports VII. Can. Field-Nat. 106: 1–6.

Cochran, W.G. 1977. Sampling techniques. Wiley, New York. 429 pp.

Dueck, L. 1989. The abundance of narwhal (*Monodon monoceros* L.) in Admiralty Inlet, N.W.T., Canada, and implications of behaviour for survey estimates. M. Sc. Thesis, U. of Manitoba, Winnipeg.

Gauthier, I. En préparation. Élaboration d'une méthode permettant de corriger les estimations de la population de bélugas du Saint-Laurent. Thèse de maîtrise, présentée à l'Université du Québec à Rimouski.

Heide-Jørgensen, M.P., P.R. Richard and A. Rosing-Asvid. 1998. Dive patterns of belugas (*Delphinapterus leucas*) in waters near eastern Devon Island. Arctic 51: 17–26.

Hoyt, E. 1993. Les saisons de la baleine : chevauchée à travers l'Atlantique Nord. Broquet, La Prairie (Québec).

Innes, S. 1996. Report of the National Marine Mammal Peer Review Committee, Winnipeg, 7–8 May 1996. Department of Fisheries and Oceans, Winnipeg, Man. Unpublished.

IUCN (International Union for the Conservation of Nature). 1994. IUCN Red List Categories. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. Gland, Switzerland. 21 pp.

Katona, S.K. and J. Lien. 1990. A Guide to the Photographic Identification of Individual Whales. American Cetacean Society, San Pedro, California.

Kingsley, M.C.S. 1993. Census, trend and status of the St Lawrence beluga population in 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1938: vi + 17 pp. + Appendices.

Kingsley, M.C.S. 1996. Estimation d'un indice d'abondance de la population de bélugas du Saint-Laurent en 1995, Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2117. vi + 42 pp.

Kingsley, M.C.S. 1998. Population index estimates for the St Lawrence belugas, 1973–1995. Mar. Mamm. Sci. 14: 508–530.

Kingsley, M.C.S. 1989. Population dynamics of the narwhal *Monodon monoceros*: an initial assessment (Odontoceti: Monodontidae). J. Zool., Lond. 219: 201–208.

Kingsley, M.C.S. and M.O. Hammill. 1991. Photographic census surveys of the St Lawrence beluga population, 1988 and 1990. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1776: 19 pp.

Kingsley, M.C.S. and R.R. Reeves. Sous presse. Aerial surveys of cetaceans in the Gulf of St Lawrence in 1995 and 1996. Can. J. Zool. 00: 000--000

Kingsley, M.C.S. and G.E.J. Smith. 1981. Analysis of data arising from systematic transect surveys, pp. 40–48. *In* F.L. Miller and A. Gunn [eds], Proc. Symp. Census and Inventory Methods for Populations and Habitats, Banff, April 1980. Contribution # 217, Forest, Wildlife and Range Experiment Station, U. of Idaho, Moscow, Idaho.

Laurin, J. 1982. La chasse au béluga *Delphinapterus leucas* et statut actuel de la population. Carnets Zool. 42: 23–27. Québec, Société de Zoologie.

Lesage, V. and M.C.S. Kingsley. 1998. Updated status of the St Lawrence river population of the beluga *Delphinapterus leucas*. Can. Field-Nat. 112: 98–114.

Loi sur le parc marin du Saguenay-Saint-Laurent. 1997. Lois du Canada, 45-46. Imprimeur de la Reine pour le Canada, Ottawa.

Martin, A.R. and T.G. Smith. 1992. Deep diving in wild, free-ranging beluga whales, *Delphinapterus leucas*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 462–466.

Martin, A.R., M.C.S. Kingsley and M.A. Ramsay. 1994. Diving behaviour of narwhals (*Monodon monoceros*) on their summer grounds. Can. J. Zool. 72: 118–125.

Michaud, R. 1993. Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent: synthèse 1986 à 1992. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1906: vi + 28 pp.

Pêches et Océans Canada. 1997. Atlas des courants de marée : estuaire du Saint-Laurent, du cap de Bon-Désir à Trois-Rivières. Ottawa (Ont.), 108 p.

Pippard, L. 1985. Status of the St Lawrence river population of beluga, *Delphinapterus leucas*. Can. Field-Nat. 99: 438–450.

Pippard, L. et H. Malcolm. 1978. Le béluga (*Delphinapterus leucas*) : observations sur sa distribution, sa population et ses habitats essentiels dans le Saint-Laurent et le Saguenay. Rapp. prép. pour Parcs Canada, Min. des Affaires Indiennes et du Nord canadien; projet C1632, contrat 76-190. 87 pp.

Reeves, R.R. and E.D. Mitchell. 1984. Catch history and initial population of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the river and Gulf of St Lawrence, eastern Canada. Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.) 111: 63–121.

Reeves, R.R. and E.D. Mitchell. 1987. Hunting whales in the St Lawrence. Beaver 67: 35–40.

Richard, P.R., A.R. Martin, and J.R. Orr. 1997. Study of summer and fall movements and dive behaviour of Beaufort Sea belugas, using satellite telemetry: 1992--1995. Env. Studies Res. Fund Rep. 134. 26 pp + Appendices.

Sergeant, D.E. 1981. On permissible exploitation rates of Monodontidae. Rep. Int.. Whal. Commn 31: 583–588.

Sergeant, D.E. 1986. Present status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St Lawrence estuary. Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.) 113: 61–81.

Sergeant, D.E. and W. Hoek. 1988. An update of the status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St Lawrence estuary, Canada. Biol. Conserv. 45: 287–302.

Vladykov, V.-D. 1944. Études sur les mammifères aquatiques: III-Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. Département des pêcheries, Province de Québec. Québec. 194 pp.

Tableau 1. Nombre de bélugas dénombrés par transect lors du relevé photographique de l'estuaire du Saint-Laurent, le 26 août 1997.

Transect	Nombre	Transect	Nombre	Transect	Nombre
16.15	1	20.25	5	24.15	20
16.25	4	21.05	33	24.25	12
17.05	1	21.15	4	25.05	1
17.15	14	21.25	9	25.15	9
18.15	3	22.05	2	25.25	9
18.25	5	22.15	6	26.05	33
19.05	1	22.25	4	26.15	2
19.15	6	23.05	11	28.25	1
19.25	5	23.15	16	29.15	1
20.05	7	23.25	20	29.25	2
20.15	33	24.05	4		

Sur les 49 transects survolés 14.05 à 30.05 , les 17 sur lesquels on n'a compté aucun béluga n'apparaissent pas dans ce tableau.

Tableau 2. Estimations lissées[1] d'un indice standard de la population de bélugas du Saint-Laurent, 1977–1997.

Année	Estimation publiée (ET)	Lissage linéaire		
		Taux de croissance de l'indice/an (ET)	Écart-type des points autour de la ligne	Estimation (ET)
1977	325			370 (61)
1982	512			429 (33)
1984	431	18,3 (8,5)	62,8	466 (32)
1985	530	11,9 (9,3)	59,4	505 (28)
1988	491 (69)	11,5 (8,8)	59,0	519 (26)
1990	607 (308)	16,3 (9,0)	68,6	572 (31)
1992	525 (71)	21,4 (8,2)	59,9	593 (27)
1995	705 (108)			657 (34)
1997	681 (91)			700 (46)

[1]Les estimations publiées de l'indice ont été lissées avec un modèle de croissance linéaire en jeux de 5 estimations consécutives. Par exemple, les résultats du lissage calculé pour 1992 se fondent sur 5 relevés qui ont eu lieu entre 1988 et 1997. Les erreurs types des estimations lissées ont été estimées à partir des calculs de régression.

Sources : Pippard, 1985; Sergeant et Hoek, 1988; Kingsley et Hammill, 1991; Kingsley, 1993; 1996; le présent rapport. Les estimations chiffrant la population à 300-350 en 1985 (Béland et Martineau, 1985; Béland *et al.,* 1987) ont été omises.

Tableau 3. Estimations lissées[1] de l'effectif de la population entièrement corrigé[2] des bélugas du Saint-Laurent à partir des relevés photographiques aériens, 1984–1997.

Année	Estimations publiées de l'indice				Estimations corrigées de la population				
		Inclut		Source	Calculées	Lissées			
		Saguenay	Totalction factor (%)			Estuaire	Saguenay	Total (ET)[3]	Taux de changement/an (ET)
1984	431	30	18	Sergeant & Hoek 1988	740	812	25	836 (109)	
1985	530		18	"	939	840	25	865 (99)	
1988	491		15	Kingsley & Hammill 1991	892	924	25	950 (90)	28,3 (18,2)
1990	607		15	"	1103	1015	26	1040 (91)	23,7 (13,6)
1992	525	3	15	Kingsley 1993	952	1055	26	1080 (92)	31,4 (13,1)
1995	705	50	15	Kingsley 1996	1240	1149	26	1175 (104)	
1997	681	20	15	présent rapport	1221	1211	26	1238 (119)	

[1]Les jeux de cinq estimations consécutives pour l'estuaire ont été lissés par régression linéaire : p. ex. l'estimation lissée pour 1992 se fonde sur cinq relevés effectués entre 1988 et 1997. Les dénombrements du Saguenay ont été lissés par une seule ligne droite pour la période 1984-1997.

[2]Les estimations publiées de l'indice ont été décomposées, et le facteur initial de correction pour l'estuaire (18 % ou 15 %) a été remplacé par une valeur de 109 % (Gauthier, en préparation). Les dénombrements du Saguenay n'ont pas été corrigés pour la disponibilité.

[3]Les erreurs types des estimations lissées ont été calculées à partir des résultats de la régression, comportent 3 degrés de liberté et incluent toutes les composantes identifiables de l'incertitude.

(FOG = brouillard)

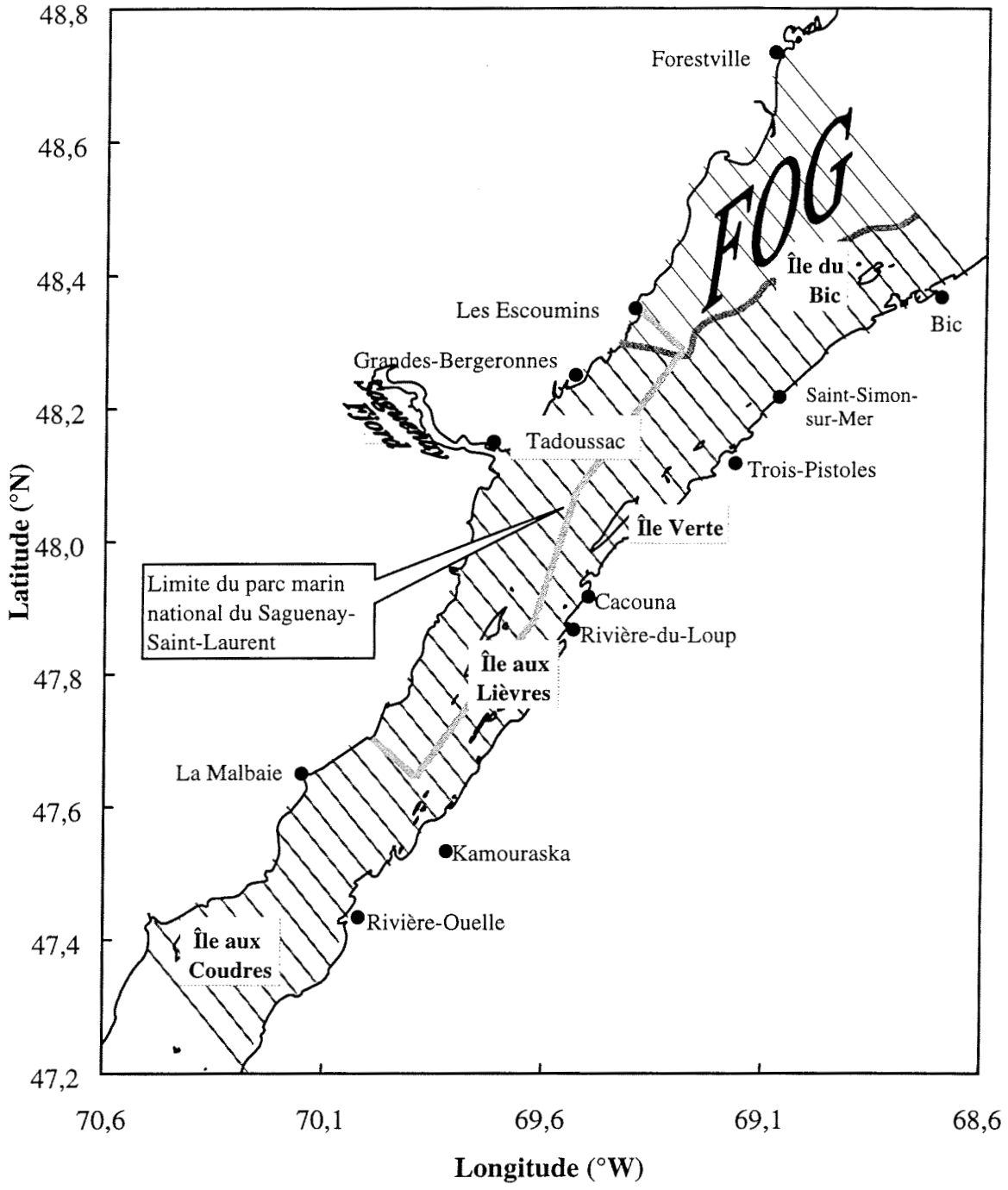

Figure 1. Transects établis pour le relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent en 1997.

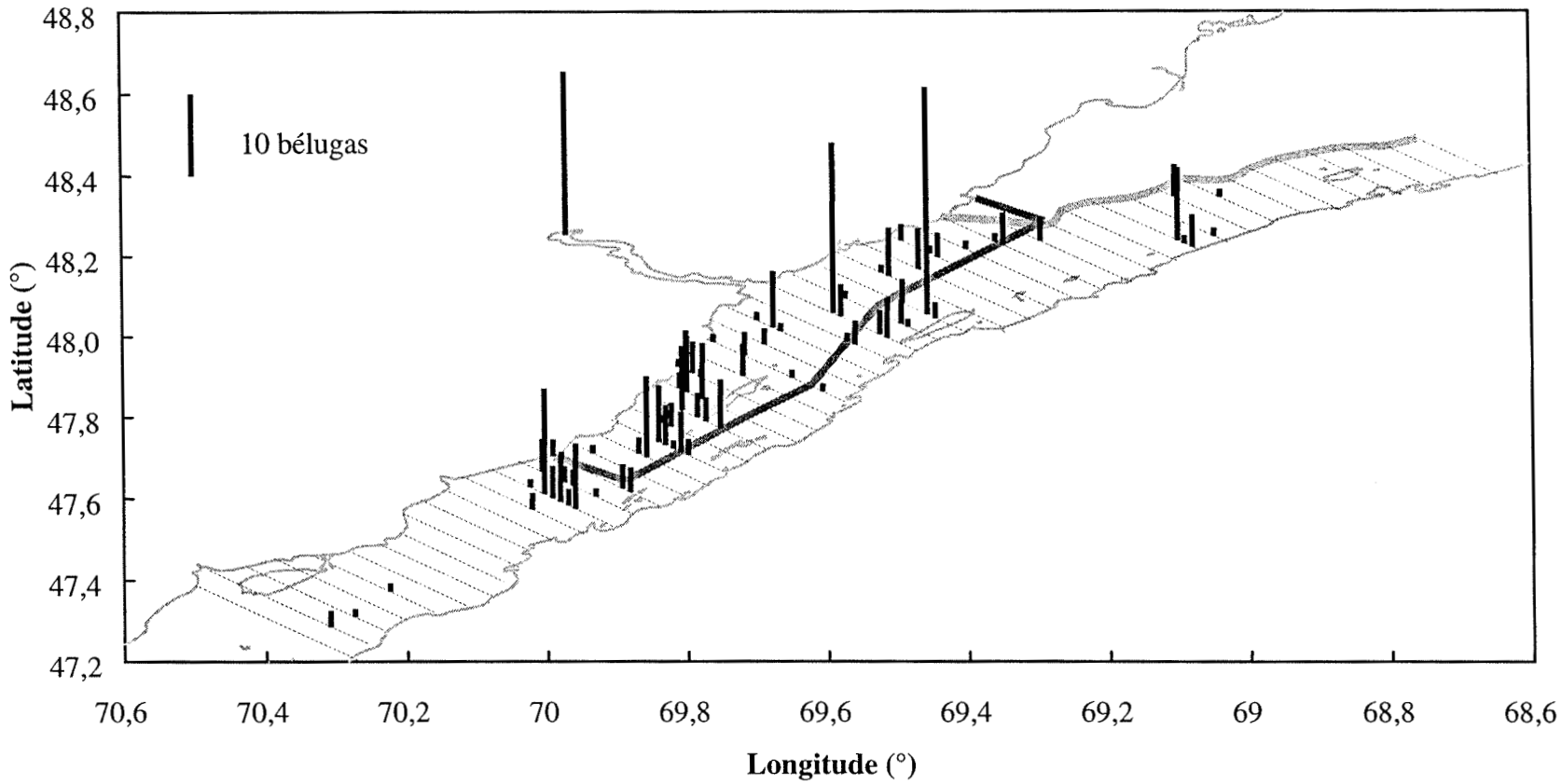

Figure 2. Observations de bélugas lors du relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent et lors du relevé visuel simultané du fjord du Saguenay, le 26 août 1997.

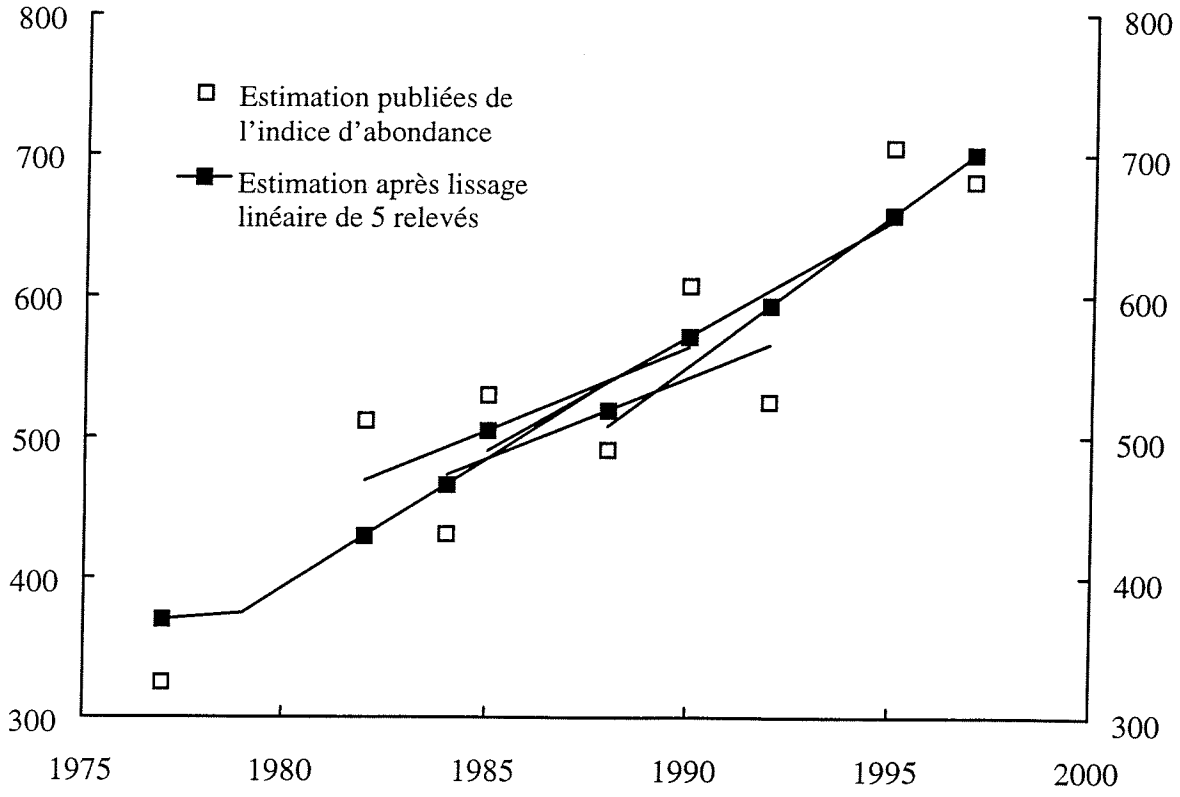

Figure 3. Estimations publiées des indices de la population de bélugas du Saint-Laurent, 1977-1997, les lignes droites représentant les valeurs lissées.

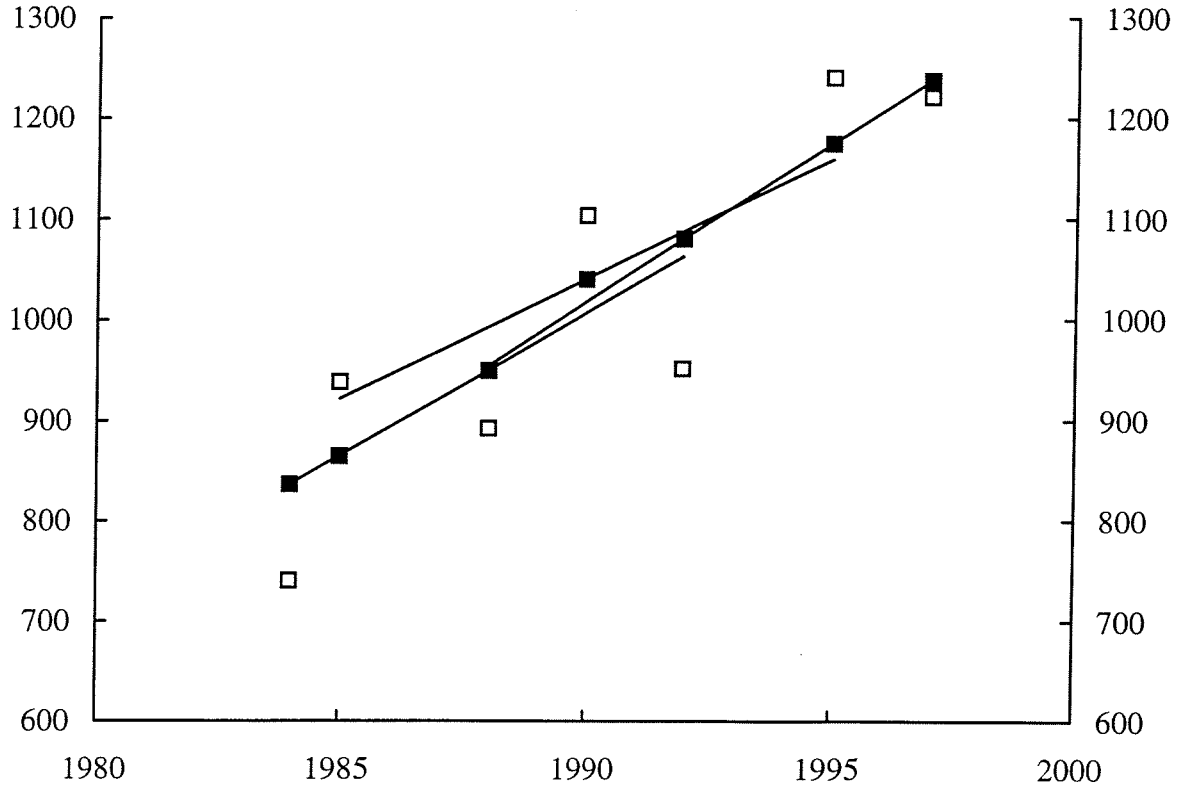

Figure 4. Estimation de l'effectif réel de la population, après correction entière pour la visibilité, des bélugas du Saint-Laurent, 1984-1997, avec lissage par régression linéaire.

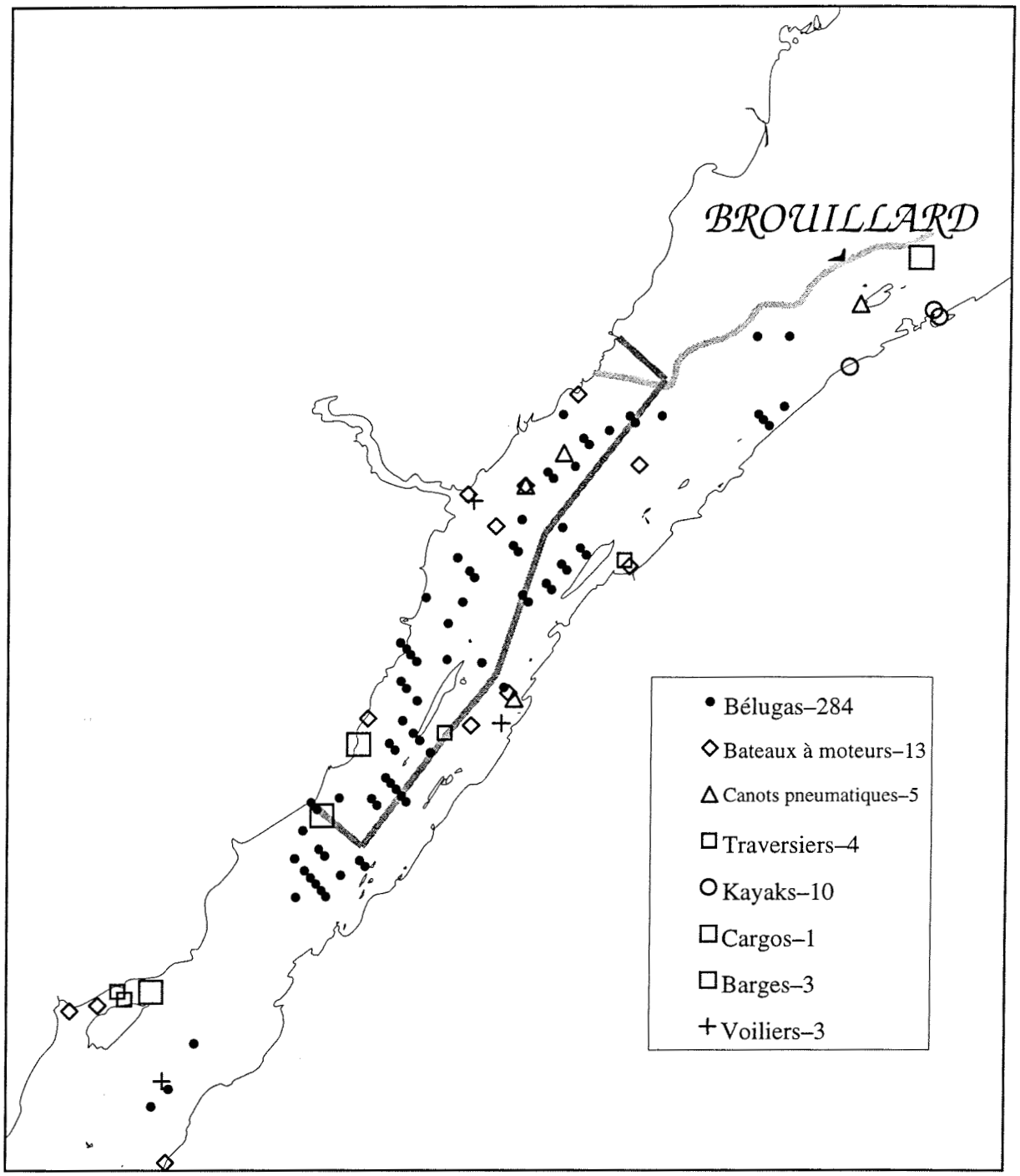

Figure 5. Observations de la circulation maritime et des bélugas visibles en surface par photographie aérienne d'un échantillon systématique de 49,4 % de l'estuaire du Saint-Laurent, le 26 août 1997.

Annexe 1. Coordonnées des extrémités des transects désignés pour le relevé aérien de l'estuaire du Saint-Laurent en août 1997.

Transect	Extr. nord				Extr. sud			
	Latitude		Longitude		Latitude		Longitude	
	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.
14.05	48	44,10	69	04,30	48	23,50	68	38,15
14.15	48	41,85	69	05,40	48	22,50	68	40,85
14.25	48	38,80	69	05,45	48	21,90	68	44,05
15.05	48	36,50	69	06,50	48	21,05	68	46,90
15.15	48	35,45	69	09,10	48	19,55	68	48,95
15.25	48	34,70	69	12,05	48	18,65	68	51,75
16.05	48	33,75	69	14,80	48	17,75	68	54,55
16.15	48	32,25	69	16,85	48	16,35	68	56,75
16.25	48	29,70	69	17,55	48	14,85	68	58,80
17.05	48	27,20	69	18,30	48	13,65	69	01,20
17.15	48	25,35	69	19,90	48	12,55	69	03,75
17.25	48	23,45	69	21,45	48	11,05	69	05,80
18.05	48	21,65	69	23,10	48	09,50	69	07,75
18.15	48	19,90	69	24,80	48	08,05	69	09,85
18.25	48	18,15	69	26,50	48	06,65	69	12,00
19.05	48	16,75	69	28,65	48	05,30	69	14,20
19.15	48	15,30	69	30,75	48	03,90	69	16,35
19.25	48	13,90	69	32,90	48	02,55	69	18,60
20.05	48	12,65	69	35,20	48	01,70	69	21,45
20.15	48	11,15	69	37,25	48	00,70	69	24,10
20.25	48	09,65	69	39,30	47	59,30	69	26,20
21.05	48	08,85	69	42,20	47	57,55	69	27,95
21.15	48	07,00	69	43,75	47	55,70	69	29,55
21.25	48	04,55	69	44,55	47	53,95	69	31,30
22.05	48	02,65	69	46,10	47	52,10	69	32,90
22.15	47	59,95	69	46,60	47	49,95	69	34,10
22.25	47	57,50	69	47,40	47	47,80	69	35,30
23.05	47	55,50	69	48,80	47	45,90	69	36,80
23.15	47	53,60	69	50,30	47	44,25	69	38,60

Transect	Extr. nord				Extr. sud			
	Latitude		Longitude		Latitude		Longitude	
	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.
23.25	47	51,85	69	52,00	47	42,90	69	40,80
24.05	47	49,95	69	53,55	47	41,35	69	42,80
24.15	47	47,65	69	54,55	47	39,45	69	44,35
24.25	47	46,10	69	56,50	47	37,75	69	46,10
25.05	47	44,75	69	58,70	47	36,30	69	48,15
25.15	47	42,90	70	00,25	47	35,00	69	50,40
25.25	47	41,55	70	02,45	47	33,50	69	52,40
26.05	47	40,50	70	05,00	47	31,85	69	54,25
26.15	47	39,75	70	07,95	47	30,60	69	56,60
26.25	47	38,10	70	09,80	47	29,75	69	59,40
27.05	47	36,05	70	11,10	47	28,25	70	01,40
27.15	47	34,15	70	12,60	47	26,05	70	02,55
27.25	47	31,70	70	13,40	47	23,70	70	03,50
28.05	47	29,90	70	15,00	47	21,60	70	04,75
28.15	47	28,75	70	17,45	47	20,15	70	06,80
28.25	47	28,00	70	20,40	47	19,10	70	09,35
29.05	47	27,30	70	23,40	47	18,10	70	12,00
29.15	47	26,35	70	26,05	47	16,45	70	13,80
29.25	47	25,65	70	29,00	47	14,40	70	15,10
30.05	47	23,50	70	30,20	47	12,00	70	16,00

Annexe 2. Coordonnées des extrémités nord des transects touchés par le brouillard dans un relevé photographique aérien de l'estuaire du Saint-Laurent le 26 août 1997.

Transect	Extr. nord désignée				Coordonnées du centre du cliché clair le plus au nord[1]			
	Latitude		Longitude		Latitude		Longitude	
	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.	deg.	min.
14.05	48	44,10	69	04,30	48	29,37	68	45,510
14.15	48	41,85	69	05,40	48	28,37	68	48,210
14.25	48	38,80	69	05,45	48	28,14	68	51,850
15.05	48	36,50	69	06,50	48	27,28	68	54,710
15.15	48	35,45	69	09,10	48	26,34	68	57,500
15.25	48	34,70	69	12,05	48	25,06	68	59,760
16.05	48	33,75	69	14,80	48	23,44	69	1,620
16.15	48	32,25	69	16,85	48	23,39	69	5,560
16.25	48	29,70	69	17,55	48	21,9	69	7,550
17.05	48	27,20	69	18,30	48	20,73	69	10,080
17.15	48	25,35	69	19,90	48	20,09	69	13,210
17.25	48	23,45	69	21,45	48	18,89	69	15,660
18.05	48	21,65	69	23,10	48	16,785	69	16,852
18.15	48	19,90	69	24,80	48	17,37	69	21,520

[1]Les coordonnées indiquées sont celles du cliché le plus au nord sur le transect qui a été déclaré comme libre de brouillard par les responsables du relevé. Sur la plupart des transects, le nombre de clichés pris est plus élevé, mais ils étaient plus ou moins masqués par une mince brume à travers laquelle on pouvait voir vaguement la surface de l'eau. La plupart des clichés ont été examinés; aucun béluga n'a été observé; nous n'avons aucune certitude quant à leur présence.

Annexe 3. Localisation des bélugas sur les clichés pris au-dessus de l'estuaire du Saint-Laurent le 26 août 1997.

			Images de bélugas		Latitude[1]		Longitude[1]	
Rouleau[2]	Cliché	Transect	Total	Nouvelles[3]	deg.	min.	deg.	min.
A31753	64	16.15	1	1	48	20,82	69	2,37
A31753	45	16.25	4	4	48	20,82	69	6,20
A31753	31	17.05	1	1	48	15,05	69	2,91
A31753	32	17.05	1		48	15,63	69	3,63
A31753	25	17.15	9	9	48	14,40	69	5,97
A31753	26	17.15	1	1	48	13,98	69	5,41
A31753	27	17.15	5	4	48	13,45	69	4,72
A31752	146	18.15	3	3	48	14,31	69	17,67
A31752	147	18.15	2		48	14,71	69	18,17
A31752	119	18.25	1	1	48	14,28	69	21,53
A31752	120	18.25	4	4	48	13,72	69	20,87
A31752	121	18.25	3		48	13,27	69	20,35
A31752	105	19.05	1	1	48	13,10	69	24,02
A31752	106	19.05	1		48	13,59	69	24,63
A31752	69	19.15	2	2	48	14,43	69	29,57
A31752	73	19.15	1	1	48	12,43	69	27,10
A31752	74	19.15	4	3	48	11,93	69	26,46
A31752	75	19.15	2		48	11,41	69	25,83
A31752	58	19.25	5	5	48	10,13	69	28,10
A31752	59	19.25	4		48	10,66	69	28,76
A31752	26	20.05	1	1	48	9,63	69	31,31
A31752	27	20.05	6	6	48	9,11	69	30,67
A31752	28	20.05	4		48	8,58	69	30,02

[1] Les coordonnées du centre du cliché ont été fournies par l'entreprise qui a effectué le relevé aérien.

[2] Les numéros de rouleaux sont assignés par la Photothèque nationale de l'air, qui a effectué le contrôle de la qualité de la photographie aérienne. Les coordonnées ont été fournis par l'entreprise qui a réalisé le relevé à partir d'un système de positionnement global embarqué assisté par ordinateur.

[3] Considérées comme représentant des bélugas différents de ceux du cliché antérieur.

			Images de bélugas		Latitude[1]		Longitude[1]	
Rouleau[2]	Cliché	Transect	Total	Nouvelles[3]	deg.	min.	deg.	min.
A31752	5	20.15	2	2	48	2,77	69	26,69
A31752	6	20.15	29	28	48	3,34	69	27,40
A31752	9	20.15	3	3	48	5,04	69	29,52
A31754	4	20.25	1	1	48	1,51	69	29,03
A31754	5	20.25	3	3	48	1,98	69	29,64
A31754	6	20.25	2		48	2,59	69	30,32
A31754	11	20.25	1	1	48	5,71	69	34,37
A31754	28	21.05	21	21	48	3,57	69	35,42
A31754	29	21.05	23	4	48	3,07	69	34,79
A31754	34	21.05	3	3	48	0,40	69	31,45
A31754	35	21.05	7	5	47	59,88	69	30,81
A31754	45	21.15	3	3	47	58,89	69	33,58
A31754	46	21.15	3	1	47	59,43	69	34,26
A31754	65	21.25	1	1	48	2,53	69	41,97
A31754	67	21.25	7	7	48	1,43	69	40,59
A31754	68	21.25	1	1	48	0,92	69	39,96
A31754	95	22.05	2	2	47	58,90	69	41,34
A31754	104	22.15	1	1	47	59,28	69	45,72
A31754	108	22.15	3	3	47	57,12	69	43,06
A31754	114	22.15	1	1	47	53,86	69	39,01
A31754	118	22.15	1	1	47	51,81	69	36,37
A31754	134	22.25	4	4	47	54,14	69	43,20
A31754	135	22.25	1		47	54,71	69	43,90
A31754	141	23.05	1	1	47	55,50	69	48,75
A31754	142	23.05	6	5	47	54,98	69	48,09
A31754	143	23.05	4	4	47	54,52	69	47,51
A31754	144	23.05	2	1	47	53,98	69	46,83
A31754	172	23.15	7	7	47	50,69	69	46,68
A31754	173	23.15	3		47	51,21	69	47,34
A31754	174	23.15	7	7	47	51,74	69	47,99
A31754	175	23.15	6	2	47	52,30	69	48,64
A31754	183	23.25	8	8	47	49,05	69	48,43
A31754	185	23.25	3	3	47	48,00	69	47,13

			Images de bélugas		Latitude[1]		Longitude[1]	
Rouleau[2]	Cliché	Transect	Total	Nouvelles[3]	deg.	min.	deg.	min.
A31754	186	23.25	3	3	47	47,42	69	46,39
A31754	188	23.25	6	6	47	46,43	69	45,15
A31754	205	24.05	3	3	47	46,60	69	49,38
A31754	206	24.05	1	1	47	47,16	69	50,07
A31755	7	24.15	7	7	47	44,34	69	50,43
A31755	8	24.15	5	5	47	43,90	69	49,87
A31755	9	24.15	2	1	47	43,38	69	49,21
A31755	10	24.15	6	5	47	42,84	69	48,55
A31755	11	24.15	2	2	47	42,36	69	47,93
A31755	25	24.25	10	10	47	42,06	69	51,48
A31755	26	24.25	9	2	47	42,60	69	52,16
A31755	35	25.05	1	1	47	42,69	69	56,13
A31755	52	25.15	3	3	47	37,00	69	52,88
A31755	53	25.15	3	3	47	37,50	69	53,58
A31755	61	25.15	1	1	47	41,72	69	58,78
A31755	62	25.15	3	2	47	42,30	69	59,52
A31755	66	25.25	4	4	47	39,97	70	0,44
A31755	67	25.25	1		47	39,45	69	59,80
A31755	69	25.25	2	2	47	38,40	69	58,53
A31755	70	25.25	2	2	47	37,85	69	57,82
A31755	73	25.25	1	1	47	36,27	69	55,85
A31755	84	26.05	8	8	47	34,51	69	57,61
A31755	85	26.05	5	2	47	34,99	69	58,19
A31755	86	26.05	6	5	47	35,54	69	58,87
A31755	87	26.05	5	4	47	36,06	69	59,53
A31755	88	26.05	13	13	47	36,65	70	0,25
A31755	90	26.05	1	1	47	37,64	70	1,44
A31755	91	26.05	1		47	38,20	70	2,15
A31755	105	26.15	2	2	47	34,44	70	1,30
A31756	7	28.25	1	1	47	22,41	70	13,46
A31756	40	29.15	1	1	47	18,67	70	16,50
A31756	71	29.25	2	2	47	17,21	70	18,55