

UTILISATION DES OISEAUX MARINS COMME BIOINDICATEURS DE L'ÉCOSYSTÈME MARIN DU SAINT-LAURENT

Jean-François RAIL, Gilles CHAPDELAINÉ, Pierre BROUSSEAU et Jean-Pierre L. SAVARD,
Environnement Canada, Service canadien de la faune, 1141 Route de l'Église, C.P. 10100,
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5.

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES NO 254
Région du Québec 1996
Service canadien de la faune

© Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1996
Numéro de catalogue CW 69-5/254F
ISBN 0-662-81140-2

Citation recommandée :

Rail, J.-F., G. Chapdelaine, P. Brousseau et J.-P.L. Savard 1996. Utilisation des oiseaux marins comme bioindicateurs de l'écosystème marin du Saint-Laurent. Série de rapports techniques No 254, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, ii + 113 p.

Copies disponibles auprès du :

Service canadien de la faune
Région du Québec
1141, Route de l'Église
C.P. 10100, 9^e étage
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4H5

Table des Matières

Résumé	2
1-Introduction	4
1.1- <i>Les écosystèmes du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent</i>	4
1.2- <i>Les oiseaux marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent: informations sur la distribution, la reproduction et l'alimentation.</i>	7
1.3- <i>Les oiseaux marins comme bio-indicateurs</i>	20
2-Revue des méthodes de l'approche écosystémique chez les oiseaux de mer	36
2.1- <i>La sélection d'espèces représentatives de l'écosystème</i>	36
2.2- <i>L'échantillonnage</i>	37
2.3- <i>Méthodes existantes pour l'étude du régime alimentaire</i>	40
2.4- <i>Analyse des résultats</i>	42
3-Régime alimentaire de 5 espèces représentatives (1994-95)	43
3.1- <i>Espèces étudiées</i>	43
3.2- <i>Échantillonnage</i>	43
3.3- <i>Méthode utilisée</i>	44
3.4- <i>Analyse des résultats</i>	45
3.5- <i>Résultats de l'étude préliminaire</i>	45
3.5.1- <i>Fou de Bassan</i>	45
3.5.2- <i>Cormoran à aigrettes</i>	47
3.5.3- <i>Goéland argenté</i>	47
3.5.4- <i>Goéland à manteau noir</i>	53
3.5.5- <i>Petit Pingouin</i>	57
3.6- <i>Discussion des résultats de l'étude préliminaire</i>	57
4-Proposition pour un réseau de bioindicateurs	64
4.1- <i>Sélection des espèces bioindicatrices</i>	64
4.2- <i>Plan d'échantillonnage proposé</i>	65
4.3- <i>Méthodes utilisées</i>	71
4.4- <i>Analyse</i>	72
4.5- <i>Discussion générale</i>	72
Littérature citée	74
Autres références consultées	86
Annexes	93

Résumé

L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent figurent parmi les écosystèmes marins les plus productifs des côtes canadiennes. La diversité des sites de nidification se juxtapose à cette productivité, rendant le Saint-Laurent attrayant pour les oiseaux de mer. Les populations d'oiseaux marins sont régulées par la disponibilité, l'abondance et la qualité de la nourriture. Actuellement plusieurs indices tendent à démontrer qu'il y a une plus grande abondance de petits poissons fourragers (lançons *Ammodytes sp.* et Capelan *Mallotus villosus*) disponibles pour certains oiseaux de mer. En contrepartie, d'autres populations d'oiseaux marins montrent des signes de ralentissement et même de décroissance liés à la disparition ou la disponibilité réduite de leur source de nourriture. L'utilisation croissante du Saint-Laurent et de ses ressources, ainsi qu'une multitude de facteurs d'origine inconnue ou naturelle, rendent cet écosystème sujet à d'autres changements éventuels.

Afin de préserver la biodiversité du Saint-Laurent, il semble primordial de développer notre capacité de suivre l'évolution de l'écosystème marin et d'identifier les facteurs ou mécanismes qui le régissent. La littérature scientifique concernant les oiseaux de mer et leur interaction avec l'industrie de la pêche foisonne d'exemples qui démontrent tout le potentiel que représente l'intégration des données recueillies par les biologistes affectés aux populations d'oiseaux marins et ceux concernés par les pêcheries.

Conséquemment nous avons élaboré un programme de monitoring utilisant les oiseaux marins comme bioindicateurs de la santé de l'écosystème du Saint-Laurent. Une série de paramètres quantifiables tels que le budget d'activité, la productivité (succès d'éclosion, succès à l'envol, productivité nette), la croissance des jeunes, le régime

alimentaire (composition, qualité et quantité) peuvent être corrélés entre eux et interprétés à la lumière de l'abondance et de la qualité des ressources alimentaires.

Des données préliminaires concernant le régime alimentaire de 5 espèces d'oiseaux de mer ont été recueillies à quelques sites. Il s'agit du Fou de Bassan à l'île Bonaventure (1995), du Cormoran à aigrettes sur la Basse-Côte-Nord (1995) et dans l'estuaire du Saint-Laurent (1994-95), du Goéland argenté dans l'estuaire (1994-95) et à Carleton (1994), du Goéland à manteau noir dans l'estuaire (1994-95), et finalement du Petit Pingouin sur la Basse-Côte-Nord (1995). Toutes ces espèces sont piscivores et ont comme proie principale le Capelan ou le lançon, sauf le Fou de Bassan qui préfère le Maquereau bleu. Les proportions observées de chaque espèce de poisson dans le régime alimentaire des oiseaux marins peuvent servir de point de comparaison pour un suivi de l'abondance de ces espèces dans le milieu marin.

À l'aide de la littérature, de l'étude préliminaire et de considérations d'ordre logistique et économique, nous avons choisis différents paramètres et espèces d'oiseaux de mer à étudier, et planifié l'échantillonnage sur plusieurs sites sélectionnés d'après un indice combiné de diversité et d'abondance (θ) des oiseaux de mer. En intégrant divers aspects de la biologie de plusieurs espèces aux exigences écologiques différentes, le réseau proposé s'adresse à un plus grand spectre de changements environnementaux susceptibles de se produire.

Les retombées d'un réseau tel que présenté ici sont multiples: il permet de développer des outils de gestion pour les stocks de plusieurs espèces de poissons, de détecter les changements dans l'écosystème, et indirectement de gérer les populations d'oiseaux marins.

1-Introduction

1.1-Les écosystèmes du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent

Le Saint-Laurent est l'un des 20 plus grands fleuves au monde quant à sa longueur, son débit (moyen annuel), et l'étendue de son bassin versant (CSL 1993). Il origine d'une des plus grandes masses d'eau douce du globe (les Grands Lacs constituent le dixième des réserves mondiales en eau douce, CSL 1991-) et est alimenté par d'innombrables tributaires (244 dans sa portion québécoise, SLV 2000 1995). Par ailleurs son gradient de salinité augmente tout au long de l'estuaire, créant autant d'habitats distincts (CSL 1991-). Une autre particularité de ce grand fleuve est de déboucher sur une véritable mer intérieure, le golfe du Saint-Laurent. À cet endroit, la rencontre des eaux froides et salines en provenance du Labrador et des eaux plus chaudes et douces originant de l'intérieur du continent favorisent la création de secteurs très productifs, tant dans les habitats aquatiques marins, saumâtres, ou d'eau douce, que dans les milieux humides riverains. D'ailleurs, depuis Cap-Tourmente vers l'aval, on y compte 3 parcs nationaux et 5 parcs provinciaux de conservation, 5 réserves nationales de faune et 2 réserves fauniques provinciales, 2 réserves écologiques provinciales, et 22 refuges d'oiseaux migrateurs (CSL 1993).

Les abondantes ressources naturelles de l'estuaire et du golfe ont aussi été utilisées par l'homme de multiples façons: récréation, tourisme, agriculture, exploitation forestière, pêcheries, etc. (CSL 1991-). Le développement de ces industries fut également favorisé par la situation géographique du fleuve, qui lui confère le rôle de voie de navigation d'importance internationale, et de véritable porte d'entrée du continent nord-américain (CSL 1991-). Tous ces facteurs font qu'environ 80% de la population québécoise habite à l'intérieur des limites du bassin versant du Saint-Laurent

(CSL 1993). En résumé, notre fleuve joue un rôle fondamental dans l'économie du Canada et du centre-est des États-Unis (CSL 1991-), et le patrimoine culturel, historique, naturel, etc. associé au Saint-Laurent est inestimable (voir CSL 1991-).

Évidemment cette forte exploitation des attributs du Saint-Laurent ne s'est pas faite sans heurts. Parmi les principaux dérivés de l'activité humaine affectant ou menaçant cet écosystème, on compte la pollution sous toutes ses formes (voir CSL 1993), la destruction et l'altération d'habitats, et la surexploitation des ressources. Citons à titre d'exemples l'estimé de 260 000 tonnes de déchets dangereux qui y sont déversés illégalement chaque année (SLV 2000 1995), la modification de l'habitat du Poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) découlant de l'aménagement du fleuve pour des fins de transport maritime (CSL 1993), et la surpêche qui a mené à la fermeture de la pêche à la morue (*Gadus morhua*) dans tout le golfe du Saint-Laurent.

À l'heure actuelle le golfe est relativement peu pollué, presque à l'état naturel (Anonyme 1991). En comparaison, l'estuaire est plus affecté par la pollution; cependant le niveau des contaminants s'y est grandement amélioré depuis de nombreuses années. Par contre, malgré le fait que la navigation sur le Saint-Laurent soit particulièrement risquée et difficile, à chaque année les marchandises classées dangereuses constituent environ 20% du volume des marchandises transitant par le fleuve, et des pétroliers jaugeant jusqu'à 160 000 tonnes chacun se rendent jusqu'à Québec (CSL 1991-).

L'exploitation des ressources marines dans l'estuaire et le golfe est particulièrement préoccupante, c'est pourquoi elle constitue la motivation principale de la préparation de ce rapport. La pêche commerciale au Québec se répartit comme ceci: les poissons de fond représentent près des deux tiers du volume des débarquements, contre près du tiers pour les mollusques et crustacés, et 10% pour les espèces pélagiques (CSL 1991-). Or, récemment au Québec, plusieurs stocks de poissons de fond ont subi

des déclinés importants. Par exemple, les stocks de morue de la Côte-Nord ont diminué jusqu'à la fermeture de la pêche. Généralement, les prises par les pêcheries affectent surtout les classes d'âge plus vieilles et les espèces plus grosses, soit les prédateurs, ce qui a pour conséquence d'accroître l'abondance des petits poissons qualifiés de poissons fourragers (Anonyme 1995; Montevecchi 1993b). On soupçonne d'ailleurs ces poissons, en l'occurrence le Capelan et le lançon, auraient récemment augmenté à cause du déclin de la morue (Chapdelaine et Brousseau 1991).

L'industrie de la pêche tend de plus en plus à se diversifier et à se tourner vers des ressources alternatives. Les petits poissons pélagiques représentent maintenant 25% du total des débarquements de poissons dans le monde (Velarde et al. 1994), et le marché asiatique (les japonais en particulier) exploite de plus en plus ces espèces qui autrefois étaient utilisées localement comme appât (Montevecchi 1993b). Les taux de capture (par les pêcheries) de ces petits poissons pélagiques sont souvent élevés jusqu'à ce que les stocks soient presque épuisés, et donc sont mal corrélés avec l'abondance et le recrutement du stock (Chadwick et Sinclair 1991; Rice 1992). Ainsi la gestion des stock à partir des taux de capture est problématique pour ces espèces. Les quelques exemples suivants de pêcheries commerciales pélagiques ayant résulté à l'effondrement ou l'extinction des stocks, à travers les océans du globe, en témoignent (d'après Montevecchi 1993a):

<u>pêcherie</u>	<u>endroit</u>
Hareng atlantique (<i>Clupea harengus</i>)	Mer du Nord
Capelan (<i>Mallotus villosus</i>)	Mer de Barents
Capelan (<i>Mallotus villosus</i>)	Nord-ouest de l'Atlantique (Terre-Neuve)
Pilchard (<i>Sardinops ocellata</i>)	Région du Benguela (Afrique du Sud)
Anchois du Nord (<i>Engraulis mordax</i>)	Courant de la Californie (Californie)
Anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>)	Courant de Humboldt (côte du Pérou)
Lançon du Nord (<i>Ammodytes marinus</i>)	îles Shetland

À titre expérimental, des quotas de pêche au Capelan ont été alloués aux pêcheurs de la Basse-Côte-Nord depuis 1988. De plus, le marché japonais s'est déjà montré intéressé au Capelan québécois. D'autres espèces telles le lançon ne sont pas à l'abri d'une exploitation future. Les informations sur les tendances des stocks d'espèces non commerciales sont pratiquement inexistantes, ce qui empêche toute possibilité de suivi dans l'éventualité d'un déclin ou d'une commercialisation de certaines espèces. De là l'importance d'acquérir des données historiques pour se donner une base ou des indices de comparaison (Montevecchi 1993b).

Dans les sections suivantes, on verra que les oiseaux de mer dépendent étroitement des ressources marines, ce qui leur confère un fort potentiel comme bioindicateurs de ces dernières. Le monitoring des oiseaux marins, relativement simple, efficace et économique, permet de détecter les changements dans l'écosystème marin, et d'améliorer les techniques actuelles de gestion des ressources marines.

1.2-Les oiseaux marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent: informations sur la distribution, la reproduction et l'alimentation.

Dix-neuf espèces nichent dans le golfe et l'estuaire: le Huart à gorge rousse (*Gavia stellata*), le Pétrel cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*), le Fou de Bassan (*Sula bassanus*), le Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*), le Cormoran à aigrettes (*P. auritus*), l'Eider à duvet (*Somateria mollissima*), la Mouette rieuse (*Larus ridibundus*), le Goéland à bec cerclé (*L. delawarensis*), le Goéland argenté (*L. argentatus*), le Goéland à manteau noir (*L. marinus*), la Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*), la Sterne caspienne (*Sterna caspia*), la Sterne pierregarin (*S. hirundo*), la Sterne arctique (*S. paradisaea*), la Marmette de Troil (*Uria aalge*), la Marmette de Brünnich (*U. lomvia*), le Petit Pingouin (*Alca torda*), le Guillemot à miroir (*Cepphus grylle*), et le Macareux

moine (*Fratercula arctica*). Pour chacune de ces espèces, à l'aide des données de BIOMQ (la Banque Informatisée des Oiseaux Marins du Québec), une carte montrant la distribution actuelle et la taille des colonies a été produite (annexes 1 à 19). Pour chaque espèce, la plupart des colonies situées dans l'estuaire et le golfe ont été inventoriées à un moment ou un autre (voir par exemple SCF 1992), certaines avec plus ou moins de régularité. À ce niveau on se doit de mentionner l'exceptionnelle série temporelle d'inventaires quinquennaux menés par le Service canadien de la faune dans les refuges de la Côte-Nord depuis 1925.

Nous présentons ici quelques informations de base sur les oiseaux marins se reproduisant dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, en plus d'un bref aperçu des études ayant été réalisées dans cet écosystème.

Famille Gaviidés

Huart à gorge rousse: La distribution de ce huart est holarctique, mais est limitée au golfe dans le système du Saint-Laurent (voir annexe 1). L'espèce n'atteint que des densités relativement faibles, puisque les nids sont en général largement isolés les uns des autres. En effet, il place son nid rudimentaire aux abords des lacs et étangs des régions côtières, et on ne trouve habituellement qu'un couple nicheur par étang. Cette espèce pond deux oeufs. C'est un oiseau plongeur et piscivore, qui se nourrit surtout de Capelans, de lançons et de sigouines (*Pholis sp.*). Durant les premiers jours suivant l'éclosion, les jeunes sont nourris de crustacés et d'insectes aquatiques capturés dans l'étang à proximité du nid, et par la suite de petits poissons pêchés dans la mer. Les poissons apportés sont visibles car les adultes les transportent en travers du bec, un à la fois. La seule étude réalisée dans le système du Saint-Laurent est celle de Blanchard et al. (soumis) concernant la productivité de cette espèce sur la Côte-Nord.

Famille Hydrobatidés

Pétrel cul-blanc: Ce petit oiseau se retrouve le long des côtes, du Mexique à l'Alaska, depuis le nord-est des États-Unis jusqu'au Labrador, et dans le nord de l'Europe. Dans le système du Saint-Laurent, l'espèce se répartit en 5 colonies, toutes situées dans le golfe, et trois d'entre elles sont composées de moins de 100 individus (annexe 2). Cet oiseau creuse un terrier dans lequel il ne déposera qu'un seul oeuf. Le séjour du jeune au nid est très long (9-10 semaines). Le Pétrel se distingue des autres oiseaux de mer puisqu'il se nourrit presque exclusivement à un niveau trophique plus bas, soit de crustacés planctoniques récoltés à la surface de l'eau. De plus il se nourrit surtout la nuit, loin au large des côtes. À l'exception de quelques dénombrements, cette espèce n'a pas été étudiée dans le golfe ou l'estuaire.

Famille Sulidés

Fou de Bassan: Il est largement distribué dans l'Atlantique Nord, notamment sur les côtes de Norvège, France, Angleterre, Irlande et Islande, Québec et Terre-Neuve. On compte trois colonies dans le golfe du Saint-Laurent: à l'île Bonaventure, aux rochers aux Oiseaux, et sur la pointe nord-est de l'île d'Anticosti (voir annexe 3). La densité des nids est élevée dans les colonies. Certains nids sont placés sur des corniches de falaises, d'autres sont construits au sommet des îles et sont facilement accessibles comme à l'île Bonaventure. Le fou ne pond qu'un oeuf et le jeune demeure environ trois mois au nid. Cet espèce est peu farouche et s'étudie facilement. Le régime alimentaire se compose de Maquereau bleu (*Scomber scombrus*), Hareng atlantique, Capelan et de lançon. Les adultes peuvent parcourir de grandes distances (plus de 100 km) pour chercher les poissons qu'ils capturent en plongeant d'une hauteur impressionnante. Les jeunes sont

nourris par régurgitation. Dans le golfe, cette espèce a fait l'objet de plusieurs études, notamment au sujet de son alimentation aux Iles-de-la-Madeleine (Burton et Pilon 1978; Burton 1980) et à l'île Bonaventure (Taylor et Nettleship 1974). D'autres études concernant les populations, l'écologie, la reproduction et les contaminants chez le Fou de Bassan ont été réalisées à l'île Bonaventure (Poulin 1968; Taylor et Nettleship 1974; Chapdelaine et al. 1987).

Famille Phalacrocoracidés

Grand Cormoran: Cette espèce est présente sur tous les continents, bien qu'en Amérique sa répartition soit pratiquement limitée au golfe du Saint-Laurent et aux côtes de la Nouvelle-Écosse. Des 21 colonies localisées dans le golfe, la majorité proviennent de l'île d'Anticosti et des Iles-de-la-Madeleine. De petites colonies sont aussi présentes à la pointe de la Gaspésie, et sur la Basse-Côte-Nord (annexe 4). Le nid est généralement construit sur une corniche de falaise, et est difficilement accessible. Le Grand Cormoran y pond de 3 à 5 oeufs. Ce plongeur est un piscivore généraliste s'alimentant de poissons de fond tels la Plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*) et la Tanche tautogue (*Tautoglabrus adspersus*), mais aussi d'espèces de surface comme le lançon et l'Éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). Les jeunes sont nourris par régurgitation. Son régime alimentaire et sa reproduction ont été étudiés aux Iles-de-la-Madeleine (Burton et Pilon 1978; Pilon et al. 1983 a, b); Lock et Ross (1973) ont dénombré les couples reproducteurs de la Nouvelle-Écosse en plus d'amasser quelques données sur la reproduction; finalement, Erskine (1972) a effectué une analyse de la population du golfe, de sa chronologie et de son succès reproducteur.

Cormoran à aigrettes: La répartition de cette espèce se limite à l'Amérique du Nord. Ce cormoran a la particularité de nicher autant à l'intérieur des terres que sur les côtes océaniques. Ainsi il niche du Mexique aux îles Aléoutiennes sur la côte ouest, du golfe du Mexique au Labrador du côté est, et occupe une bonne partie du centre du continent (particulièrement les régions des prairies). Omniprésent dans le golfe et l'estuaire (annexe 5), il construit son nid dans les arbres ou directement au sol et pond généralement 3 ou 4 oeufs. Comme le Grand Cormoran, c'est un plongeur piscivore et opportuniste qui se nourrit autant sur les fonds marins que dans la colonne d'eau ou à la surface. Les jeunes sont nourris par régurgitation. Les travaux de Lewis (1929) sur la Côte-Nord touchaient à plusieurs aspects, dont la répartition, la migration, la reproduction et l'alimentation. Depuis, on note la réalisation d'études sur la reproduction, l'alimentation et la croissance des jeunes aux Iles-de-la-Madeleine (Burton et Pilon 1978; Léger et Burton 1979; Pilon et al. 1983a, b; Léger et McNeil 1987; McNeil et Léger 1987); sur la reproduction et la croissance des jeunes dans l'estuaire (Cleary 1977; Ellison et Cleary 1978; DesGranges 1982); et sur la dynamique des populations québécoises du Cormoran à aigrettes (DesGranges et al. 1984).

Famille Anatidés

Eider à duvet: On le retrouve un peu partout dans les régions côtières autour du cercle arctique, et dans l'est de l'Amérique du Nord sa répartition s'étend jusqu'au Maine vers le sud. Abondant et très vastement distribué dans l'estuaire et le golfe (annexe 6), l'eider pond de 3 à 5 oeufs et son nid est construit au sol dans la végétation basse (arbustes, graminées) ou forestière (arbres) des îles côtières, à l'abri des prédateurs. L'espèce ne forme pas vraiment de colonies, les nids étant généralement isolés les uns des autres. Par contre ils peuvent atteindre des densités importantes sur certaines îles. Ce gros canard

plongeur s'alimente d'invertébrés benthiques; moules, littorines, oursins et petits crustacés (Cantin et al. 1974; Guillemette et al. 1992). Les jeunes nidifuges s'alimentent d'eux-mêmes, et il est difficile d'étudier le régime alimentaire de cette espèce autrement qu'en sacrifiant des oiseaux. Toutefois, il serait théoriquement possible de capturer les jeunes à l'aide de trappes spéciales et de les amener à régurgiter le contenu de leur oesophage. Ces techniques utilisées avec succès chez d'autres espèces n'ont cependant pas été testées chez l'eider. Les populations, l'écologie, la reproduction, l'élevage des jeunes, la migration et la distribution de cet oiseau de mer ont fait l'objet de maintes études dans l'estuaire et le golfe, et ailleurs au Canada (Guignion 1967; 1968; MacAloney 1973; Cantin et al. 1974; Milne et Reed 1974; Reed 1975; Gauthier et Bédard 1976; Gauthier et al. 1976; Bédard et Munro 1977; Munro et Bédard 1977; Guillemette 1991; Guillemette et al. 1993; Bédard et Nadeau 1994; et voir références dans Reed 1986).

Famille Laridés

Les laridés sont généralement des opportunistes au régime alimentaire varié. Ils ne s'alimentent qu'en surface: certaines espèces peuvent plonger d'une certaine hauteur (les sternes en particulier), mais elles ne nagent pas sous l'eau. Les représentants de deux sous-familles nichent régulièrement dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent: les Larinés (mouettes et goélands) qui nourrissent leurs jeunes par régurgitation, et les Sterninés (sternes) qui transportent leurs proies en travers du bec.

Mouette rieuse: Cette espèce peut coloniser l'intérieur des terres, est abondante et largement distribuée en Europe et en Asie, des latitudes moyennes jusqu'aux zones subarctiques. En expansion vers l'ouest, cette mouette est un nicheur récent (1981) dans

le golfe du Saint-Laurent; on n'y compte que deux très petites colonies, soit aux Iles-de-la-Madeleine et dans l'archipel de Mingan (annexe 7). Le nid, souvent localisé sur des petits îlots, est un amas de plantes au sol qui accueille 2 ou 3 oeufs. La Mouette rieuse est une espèce généraliste qui s'alimente d'insectes, lombrics (famille *Lumbricidae*), poissons, mollusques, crustacés, petits fruits, déchets, etc. saisis au sol, à la surface de l'eau ou en vol. À part des dénombrements, on ne possède pas d'informations sur cette espèce dans le golfe.

Goéland à bec cerclé: Cette espèce nord-américaine se retrouve à Terre-Neuve, dans les plaines de l'ouest, et dans tout le système du Saint-Laurent jusqu'aux Grands Lacs. Elle est assez bien distribuée dans l'estuaire et le golfe (annexe 8). Les colonies sont relativement denses, et la femelle pond habituellement 3 oeufs. Réputé pour son opportunisme, ce goéland n'hésite pas à exploiter les sources anthropiques de nourriture en milieu urbain, en plus de consommer des insectes, lombrics, petits mammifères, mollusques, petits fruits et autres. Les petits poissons pélagiques tels le Capelan et le lançon sont des proies potentielles lorsque les colonies se situent en milieu marin (ex: sur la Côte-Nord). En plus des inventaires réguliers de ses populations, cette espèce a fait l'objet d'études concernant sa reproduction et son régime alimentaire dans les régions de Montréal (Mousseau et Lagrenade 1979; 1980; Lagrenade et Mousseau 1981; Lefebvre et Giroux 1993), Contrecoeur, Québec (Brousseau et al. sous presse) et Montmagny (DesGranges et Angers 1981).

Goéland argenté: Son aire de nidification couvre une bonne partie de l'Europe (en particulier les zones côtières), le centre et le nord-est de l'Asie, et presque tout le Canada et l'Alaska. Il est omniprésent et abondant dans l'estuaire et le golfe (annexe 9).

Il peut nicher en solitaire comme en colonie. Généralement, les nids contiennent 3 oeufs chacun et sont placés au sol sur une île, une pointe de sable, dans un marécage côtier ou sur une falaise. Sa manière de s'alimenter est aussi variable et diversifiée que son régime alimentaire, qui est composé de poissons, mollusques, crustacés, insectes, etc. Il exploite aussi les restes de poissons rejetés par les bateaux de pêche et les déchets industriels. Mis à part les inventaires de populations, cette espèce a été peu étudiée dans l'estuaire et le golfe. Dans l'estuaire, on note les travaux de DesGranges et Angers sur l'alimentation et la reproduction (1981), et l'étude de Moisan et Poulin (1967) sur les déplacements saisonniers et les taux de mortalité, tandis que quelques données ont été amassées sur l'alimentation dans l'archipel de Mingan (A. Boyne comm. pers).

Goéland à manteau noir: Limitée aux régions côtières de l'Atlantique Nord, cette espèce niche un peu partout dans l'estuaire et le golfe (annexe 10), en couples isolés ou en colonies. Elle est davantage associée aux milieux marins que les deux espèces précédentes. Son nid est facilement confondu avec celui du Goéland argenté, et contient généralement 3 oeufs. Cet oiseau, sensiblement plus gros que le Goéland argenté, est à la fois prédateur et charognard. Son alimentation à base de poissons, d'invertébrés marins et de petits fruits est complétée avec des oisillons (de canards ou autres, et même de goélands), des petits mammifères, et des déchets de pêche ou industriels. Mis à part au niveau de son impact en tant que prédateur des couvées d'Eider à duvet (Milne et Reed 1974; Munro et Bédard 1977; Van Dijk 1986), le Goéland à manteau noir n'a pratiquement pas été étudié dans l'estuaire ou le golfe.

Mouette tridactyle: Très vastement réparti sur les côtes du Pacifique Nord et de l'Atlantique Nord, dans les climats arctiques jusqu'à tempérés, ce laridé est répandu et

abondant dans le golfe. On compte aussi quelques colonies dans l'estuaire (annexe 11). Les nids, construits sur les corniches des falaises, sont parfois très rapprochés les uns des autres. Les mouettes pondent habituellement 2 oeufs, parfois 3. Ces derniers sont nourris de petits poissons (ex: lançons et Capelans) et d'invertébrés capturés au large (typiquement jusqu'à 50 km de la colonie, Anonyme 1995) et régurgités par les adultes. Cette mouette suit aussi les bateaux de pêche à l'occasion, en quête de déchets de poisson. Cette espèce a fait l'objet d'un grand nombre d'études à travers le monde, notamment du côté européen et à Terre-Neuve. Dans le golfe, des analyses de tendance des populations furent réalisées (Chapdelaine et Brousseau 1989; Grenier 1989; Chapdelaine et Brousseau 1992), complémentées dans l'étude de Quenneville (1990) par quelques données sur la reproduction au parc national de Forillon, et des données furent récoltées à l'île du Corossol concernant la reproduction et la croissance des jeunes (SCF données non-publiées).

Sterne caspienne: Très cosmopolite, la Sterne Caspienne se reproduit sur les côtes de tous les continents sauf l'Amérique du Sud. Classée parmi les espèces en danger de disparition au Québec, la Sterne caspienne ne niche qu'à un seul site dans l'estuaire et le golfe: quelques couples regroupés nichent parmi des Goélands à bec cerclé dans le refuge de l'île à la Brume, sur la Basse-Côte-Nord (annexe 12). Le nombre d'oeufs pondus varie de 1 à 3 oeufs. C'est une espèce essentiellement piscivore, mais son régime alimentaire n'est pas connu dans le golfe. Le faible nombre d'oiseaux nicheurs rend son étude problématique.

Sterne pierregarin: Elle est très répandue dans l'hémisphère Nord, autant sur les côtes qu'à l'intérieur des terres en eau douce, en particulier dans les zones tempérées et

boréales. Des colonies sont établies un peu partout dans le golfe, et quelques unes sont présentes dans l'estuaire (annexe 13). Lors d'inventaires, la Sterne pierregarin et la Sterne arctique sont difficiles à différencier, d'autant plus que ces deux espèces nichent souvent à proximité l'une de l'autre. Généralement les nids d'une colonie sont un peu plus distancés que chez le Goéland à bec cerclé. La femelle pond deux ou trois oeufs. Les petits poissons tels les lançons, épinoches (famille *Gasterosteidae*), Capelan, éperlan, ou des alevins d'autres espèces constituent l'essentiel de son régime alimentaire, mais des petits crustacés et insectes peuvent compléter l'alimentation. La Sterne pierregarin cherche habituellement sa nourriture près des côtes, et ne s'éloigne pas beaucoup de la colonie (max. 3-10 km). L'alimentation, la croissance et la reproduction ont été étudiées aux Iles-de-la-Madeleine (Chalifour 1982; voir aussi Burton et Pilon 1978 pour l'alimentation) et dans l'archipel de Mingan (Chapdelaine et al. 1985). Guillemette (1993) a fait une analyse de l'état des populations et des causes d'insuccès de la reproduction en Gaspésie. Mentionnons finalement une étude concernant l'utilisation de l'espèce comme sonde bioanalytique des contaminants dans le système du Saint-Laurent (Razurel 1994).

Sterne arctique: Son aire de nidification est circumpolaire et l'espèce est davantage concentrée dans l'Arctique. Elle est surtout présente dans les régions côtières, mais elle colonise aussi l'intérieur des terres. Dans l'est de l'Amérique du Nord, la Sterne arctique niche jusque dans l'État du Massachusetts vers le sud. Dans le golfe, les quelques colonies existantes sont situées sur la Moyenne et la Basse-Côte-Nord et aux Iles-de-la-Madeleine (annexe 14). Bien que la moyenne d'oeufs pondus par la Sterne arctique soit légèrement inférieure à celle de la Sterne pierregarin (2 oeufs contre 2,5 oeufs respectivement), les deux espèces sont très semblables du point de vue

écologique. L'alimentation, la croissance et la reproduction de ces espèces ont d'ailleurs été étudiées simultanément aux Iles-de-la-Madeleine (Chalifour 1982), et également dans l'archipel de Mingan (Chapdelaine et al. 1985).

Famille Alcidés

Les alcidés sont un peu l'équivalent dans l'hémisphère Nord des manchots de l'Antarctique. Ce sont d'excellents nageurs sous l'eau et ils s'alimentent à des profondeurs variables selon la taille des espèces (voir Piatt et Nettleship 1985). Les proies sont apportées entières, en travers du bec chez le Macareux moine, le Petit Pingouin et le Guillemot à miroir; chez les marmettes un seul poisson est apporté à la fois, et il est saisi tête première, le reste du corps étant aligné avec le bec.

Marmette de Troïl: Elle se reproduit le long des régions côtières, principalement dans les zones boréales et du Bas-Arctique, tant dans le Pacifique que dans l'Atlantique. En faisant exception de la Côte-Nord, la distribution de cet alcidé est réduite à quelques sites dans le golfe, dont celui de l'importante colonie de l'île Bonaventure (annexe 15). À cet endroit cependant, les sites de nidification à flanc de falaise sont pratiquement inaccessibles. Les colonies ayant le meilleur potentiel pour une étude sont donc à l'île Corossol et dans les environs du refuge des îles Sainte-Marie sur la Basse-Côte-Nord. Cet alcidé pond son unique oeuf directement sur la roche. Les colonies sont souvent extrêmement denses et des dizaines, voire des centaines de couples peuvent s'entasser sur une corniche ou une fissure rocheuse. La Marmette de Troïl craint l'homme autant sinon plus que les autres alcidés. Ces caractéristiques rendent l'espèce particulièrement sensible au dérangement et donc difficile à étudier. En Amérique du Nord et plus spécialement sur la côte de l'Atlantique, son régime alimentaire spécialisé se compose

surtout de Capelan, bien que d'autres espèces telles lançons, hareng et éperlan peuvent aussi être consommées à l'occasion. Ces espèces se retrouvent souvent près de la surface, toutefois cette marmette peut plonger jusqu'à de grandes profondeurs (Piatt et Nettleship 1985; et voir Piatt et al. 1984). Elle peut rechercher ses proies dans un rayon pouvant atteindre 50 km de la colonie (Tasker et al. 1987; mais voir Cairns et al. 1987). Depuis les études de Johnson (1940, 1941) sur la distribution, la migration et le comportement reproducteur, on ne note que la réalisation d'inventaires des populations dans le golfe.

Marmette de Brünnich: En comparaison avec la Marmette de Troïl, sa répartition est davantage concentrée dans le Haut-Arctique où elle forme parfois d'immenses colonies. La seule colonie du golfe est localisée aux rochers aux Oiseaux, aux Iles-de-la-Madeleine (annexe 16), où les nids sont difficilement accessibles. Ainsi, aucune étude de la Marmette de Brünnich n'existe pour le golfe. Les deux espèces de marmettes étant très semblables au niveau écologique (et à bien d'autres niveaux), on imagine que leur alimentation est comparable à cet endroit. Toutefois à Gannet Cluster (Labrador) où les deux espèces cohabitent, Birkhead et Nettleship (1987) ont fait ressortir une nette différence du régime alimentaire de ces deux espèces.

Petit Pingouin: Il est réparti sur les côtes des régions tempérées et boréales de l'Atlantique Nord en période de nidification. Dans l'estuaire, on le retrouve notamment sur des îles en face de Rivière-du-Loup et Saint-Jean-Port-Joli. Sa répartition est plus étendue dans le golfe, des concentrations importantes étant localisées dans les refuges de la Côte-Nord (annexe 17). Les colonies sont caractérisées par des petits groupes comptant rarement beaucoup plus qu'une vingtaine de couples. Les nids (ou plutôt les

oeufs, puisque le nid est très rudimentaire) sont éparses, ou du moins isolés par une certaine distance (minimum 30 cm). Un seul oeuf est pondu, et les couples se tolèrent beaucoup moins que chez les marmettes. Le régime alimentaire spécialisé se compose de Capelan et de lançons sur la Basse-Côte-Nord. Bien qu'il puisse plonger profondément (Piatt et Nettleship 1985), il se nourrit de proies qui se retrouvent souvent près de la surface. Il demeure dans un rayon de 15 km de la colonie pour pêcher, et s'éloigne probablement beaucoup moins en moyenne. Chapdelaine et Laporte (1982) ont présenté des données sur les contaminants, la reproduction et les tendances des populations pour le golfe et l'estuaire. Le comportement reproducteur a été étudié par Bédard (1969) sur la Basse-Côte-Nord. Puis l'alimentation des jeunes, leur croissance, ainsi que la reproduction en général ont été étudiés en détail plus récemment (Chapdelaine et Brousseau 1996). Un programme de baguage au même endroit a permis d'évaluer le taux de survie des adultes, de faire la lumière sur certaines causes de mortalité, ainsi que de préciser les routes migratoires et les aires d'hivernage (Chapdelaine, soumis).

Guillemot à miroir: Sa répartition est circumpolaire, mais on le retrouve jusque dans les zones tempérées dans l'Atlantique Nord. Omniprésent dans l'estuaire et le golfe (annexe 18), le guillemot forme des petites colonies où les nids sont dispersés. Contrairement aux autres alcidés présents dans le golfe, il peut pondre deux oeufs. Ceux-ci sont généralement déposés dans les failles rocheuses ou au fond d'une fissure verticale. Cette espèce se nourrit surtout de proies benthiques qu'il capture non loin du rivage, en eau peu profonde (maximum 50 m, Piatt et Nettleship 1985). On retrouve dans son alimentation des petits poissons comme les sigouines, le Capelan, le lançon, les blennies (sous-ordre *Blennioidea*), etc. mais aussi des invertébrés benthiques (petits crustacés en

particulier). Cairns (1978; 1980; 1981) a investigué plusieurs aspects de la biologie de cette espèce dans l'estuaire et le golfe, notamment le comportement d'attente aux colonies, l'alimentation, la croissance des jeunes, la reproduction, et divers facteurs pouvant affecter cette dernière.

Macareux moine: Sa distribution s'étend des zones cotières du Haut-Arctique aux zones tempérées de l'Atlantique Nord. Dans le système du Saint-Laurent, cet alcidé est établi dans le golfe en colonies importantes sur la Côte-Nord, on note quelques colonies à l'île d'Anticosti et aux Iles-de-la-Madeleine, et quelques oiseaux se reproduisent à l'île Bonaventure (annexe 19). Les nids plus ou moins dispersés sont construits dans deux principaux types d'habitat: dans les talus humiques, où des terriers relativement profonds sont creusés, et dans les abris rocheux (fissures, éboulis, crevasses, etc.). Un seul oeuf est pondu. Le Macareux moine peut plonger jusqu'à 60 m sous l'eau (Piatt et Nettleship 1985), mais nage probablement assez près de la surface pour capturer ses proies favorites: les poissons fourragers comme le lançon et le Capelan. Le Macareux moine a tendance à apporter à son poussin plusieurs petits poissons à la fois. Il ne franchit pas plus de quelques kilomètres pour rechercher sa nourriture. La biologie de l'espèce est bien connue avec les études effectuées en Angleterre et à Terre-Neuve, mais les données concernant les colonies du golfe du Saint-Laurent se limitent pratiquement à des inventaires et quelques données sur l'alimentation (SCF, données non-publiées).

1.3-Les oiseaux marins comme bioindicateurs

Le milieu marin est un écosystème où les oiseaux, les poissons, et parfois les invertébrés sont si étroitement reliés, que des fluctuations dans l'abondance des uns peuvent être responsables de changements dans l'abondance des autres (Straty et Haight

1979). En particulier, les oiseaux de mer sont des prédateurs importants dont les populations sont régulées par la disponibilité, l'abondance et la qualité de la nourriture. De plus, ils sont faciles à monitorer et étudier. On possède également beaucoup d'informations sur leur biologie en comparaison avec les poissons, mammifères marins, et autres animaux vivant exclusivement sous l'eau (Pierotti et Annett 1990; Montevecchi 1993b). Pour toutes ces raisons, les oiseaux de mer offrent plusieurs possibilités comme bioindicateurs de l'état de santé de l'écosystème marin (Boersma 1978; Ricklefs et al. 1984; Furness et Barrett 1985; Hislop et Harris 1985; Springer et al. 1986; Cairns 1987; Monaghan et al. 1989b; Baird 1990; Barrett et Furness 1990; Chapdelaine 1990; Bailey et al. 1991; Murphy et al. 1991; Franeker 1992; Hatch et Sanger 1992; Bertram et Kaiser 1993; Bost et Le Maho 1993; Montevecchi 1993a, b; Blackwell et al. 1995).

En général, les oiseaux marins se nourrissent principalement d'espèces de poissons de petite taille, et des stades juvéniles de plus gros poissons. Les proies par excellence sont les petits poissons pélagiques (tels le lançon et le Capelan), qui sont riches en lipides et forment des bancs denses (Anonyme 1994). Ces espèces sont aussi à la base du régime alimentaire d'un grand nombre d'espèces de poissons et de mammifères marins (baleines et phoques), et constituent un maillon important de la chaîne alimentaire dans l'écosystème marin (Straty et Haight 1979; Montevecchi 1993b; voir Brown et Nettleship 1984; Carscadden 1984). Plusieurs études ont démontré que les oiseaux marins peuvent consommer une proportion importante de la production de poissons (Wiens et Scott 1975; Furness 1978; Furness et Cooper 1982; Croxall et al. 1984; Furness et Barrett 1985; Guillet et Furness 1985; Birt et al. 1987; Barrett et al. 1990). Ainsi, en plus de leur impact en tant que prédateurs, les oiseaux de mer sont

probablement les compétiteurs de plusieurs espèces de poissons commerciaux (comme la morue), puisqu'ils utilisent la même ressource (Straty et Haight 1979).

Les petits poissons fourragers sont en général très mobiles, ont une distribution très variable, et se concentrent souvent dans les eaux peu profondes ou de surface. De plus, ils ont habituellement un recrutement faiblement relié au stock d'individus reproducteurs, et montrant de grandes fluctuations annuelles. Tous ces facteurs rendent l'inventaire et la gestion des stocks difficile (Montevecchi 1993b). C'est pourquoi l'exploitation commerciale de ces espèces, qui se termine souvent par une baisse drastique des stock et une fermeture de la pêche (voir section 1.1), demande une approche écosystémique pour la gestion des populations (voir Velarde et al. 1994). D'autre part, les informations pertinentes à la gestion des populations sont d'autant plus fragmentaires dans le cas des espèces non-commerciales.

La disponibilité de la nourriture est généralement le principal facteur limitant la taille des colonies d'oiseaux marins (Ashmole 1963; Gaston et al. 1983): elle influence le succès reproducteur des oiseaux marins, et ultimement détermine la taille des populations dans les colonies (Cairns 1992). Si bien que la répartition et l'abondance des oiseaux de mer est en bonne partie déterminée par la productivité des eaux et l'abondance des proies (Diamond et al. 1993; voir aussi Kirkham et al. 1985). D'ailleurs, dans le golfe du Saint-Laurent comme à bien d'autres endroits (ex: Brown et Nettleship 1984), on peut constater la correspondance entre les lieux de concentration de colonies d'oiseaux marins et l'importance des débarquements de poissons par les pêcheries.

Dans nombre d'études, on a soulevé que les changements observés dans certains paramètres démographiques ou dans le succès reproducteur des oiseaux de mer semblaient être reliés à une variation dans la disponibilité de la nourriture (voir par

exemple Haycock et Threlfall 1975; Barrett et Runde 1980; Coulson et Thomas 1985; Montevecchi et Barrett 1987; Chapdelaine et Brousseau 1989; Martin 1989; Barrett et Furness 1990; Hatch et Hatch 1990; Murphy et al. 1991; Wanless et Harris 1992; Neuman 1993; Anonyme 1995).

D'autres travaux ont spécifiquement établi une relation entre différents aspects de la biologie de la reproduction des oiseaux de mer, et des mesures indépendante de la disponibilité de la ressource (tableau 1). Les proies impliquées sont en grande majorité des espèces de petits poissons fourragers telles les lançons (*Ammodytes americanus*, *A. marinus*, *A. dubius*, *A. hexapterus*), les anchois (*Engraulis mordax*, *E. ringens*, *E. capensis*, *E. japonicus*), les sardines (*Sardinops sagax*, *S. ocellata*), le hareng et le Capelan. Cependant, des espèces de plus grande taille peuvent également être une proie importante pour de gros oiseaux (par exemple le maquereau, proie importante du Fou de Bassan, Cairns et al. 1991), ou pour des oiseaux plus petits lorsque le poisson est dans son stade juvénile (ex: la Morue du Pacifique occidental *Theragra chalcogramma* et le Macareux huppé *Fratercula cirrhata*, Hatch et Sanger 1992). Notons aussi que la disponibilité de d'autres organismes (Encornets *Illex illecebrosus*, copépodes, etc.) peut se refléter dans le régime alimentaire (ex: Fou de Bassan à l'île Funk, Terre-Neuve, Montevecchi et Myers 1995a) ou le succès reproducteur de certains oiseaux marins.

Bien que cette revue de littérature ne soit pas complète, on observe les tendances suivantes: une forte proportion des études ont été réalisées dans l'hémisphère Nord, en particulier dans l'océan Atlantique. Lorsqu'ils sont identifiés, les facteurs provoquant les variations dans la disponibilité de la ressource peuvent être naturels (changement dans la température de l'eau ou dans la migration du poisson, par exemple) ou, comme c'est souvent le cas, reliés (du moins en partie) à une trop forte exploitation de la ressource. Cependant, lorsque la pêche commerciale vise les gros poissons prédateurs,

Tableau 1- Liste d'études ayant spécifiquement établi une relation entre différents aspects de la biologie de la reproduction des oiseaux de mer, et des mesures indépendantes de la disponibilité de la ressource

<u>Site</u>	<u>Oiseau(x) de mer étudié(s)</u>	<u>Proie(s)</u>	<u>Relation oiseau vs proie</u>	<u>Source</u>
Mer de Bering	Mouette tridactyle Mouette des brumes Marmettes sp. Alque minuscule	Morue du Pacifique	Productivité, croissance, taille de couvée, alimentation et date de ponte reliés au recrutement de la proie	Springer et al. 1986
Mer de Bering	Alque minuscule	copepodes	distribution des aires d'alimentation et alimentation reliés à l'abondance du plancton	Hunt et al. 1990
Alaska	Mouette tridactyle Goéland bourgmestre Macareux huppé	Capelan Lançon du Pacifique	alimentation, taille de couvée et nombre de reproducteurs reliés à la distribution horizontale et verticale de la proie	Baird 1990
Golfe d'Alaska	Macareux huppé Macareux cornu	Morue du Pacifique	alimentation reliée à l'abondance de la proie	Hatch et Sanger 1992
Californie	Sterne élégante	Anchois du Nord	productivité, alimentation et taille de la colonie reliés à la biomasse de la proie aux frayères	Schaffner 1986
Californie	Pélican brun	Anchois du Nord	productivité, succès d'envol, tendance des populations reliés à l'abondance, la biomasse et la distribution de la proie	Anderson et al. 1982 Anderson et Gress 1984
Golfe de Californie	Goéland de Heermann Sterne élégante	Sardine du Pacifique Anchois du Nord Maquereau du Pacifique	Alimentation reliés aux débarquements par les pêcheries	Velarde et al. 1994
Pérou	Cormoran de Bougainville Fou varié Pélican thage	Anchoveta	tendances des populations reliées aux débarquements par les pêcheries	Duffy 1983
Baie d'Hudson	Marmette de Brünnich	petits poissons pélagiques	fréquence d'observation d'individus reliés à la densité des proies en surface	Cairns et Schneider 1990
New York	Sterne pierregarin Sterne de Dougall	petits poissons	comportement d'alimentation et succès de capture, phénologie de la nidification, croissance et survie des jeunes reliés à l'abondance et la distribution verticale des proies	Safina et Burger 1988 Safina et al. 1988

Tableau 1- (suite)

<u>Site</u>	<u>Oiseau(x) de mer étudié(s)</u>	<u>Proie(s)</u>	<u>Relation oiseau vs proie</u>	<u>Source</u>
Maine	Cormoran à aigrettes	plusieurs espèces	régime alimentaire relié au déclin des poissons de fond	Blackwell et al. 1995
Iles de la Madeleine	Cormoran à aigrettes	Hareng	régime alimentaire relié aux débarquements par les pêcheries	Burton et Pilon 1978 Léger et Burton 1979
Terre-Neuve	Mouette tridactyle	Capelan	date de ponte, taille de couvée, croissance et succès d'envol reliés à l'abondance de la proie près des côtes	Neuman 1993
Terre-Neuve	Mouette tridactyle	Capelan déchets de pêche	date de ponte, taille de couvée, croissance, succès d'envol et de nidification reliés au retard migratoire de la proie et à la fermeture de la pêche (absence de déchets de pêche)	Regehr 1994
Terre-Neuve	Marmette de Troil	Capelan	budget d'activité et alimentation reliés à l'abondance de la proie	Burger et Piatt 1990
Terre-Neuve	Marmette de Troil Macareux moine	Capelan	distribution des aires d'alimentation reliée à la présence des bancs de poissons	Piatt 1990
Terre-Neuve	Macareux moine	Capelan	alimentation, taille des becquées apportées, poids et succès d'envol reliés à des estimés de biomasse des proies	Brown et Nettleship 1984
Terre-Neuve	Fou de Bassan	Encornet Capelan Maquereau bleu	alimentation reliée aux débarquements et estimés par les pêcheries	Montevocchi 1993a Mont. et Myers 1995a Montevocchi et al. 1988 Mont. et Myers 1992
TN+Labrador	Fou de Bassan	Maquereau bleu	alimentation reliée au déclin des débarquements par les pêcheries	Kirkham et al. 1985
Iles Shetland	Grand Labbe	Langon	nombre de reprod. et non-reproducteurs et mortalité adulte reliés au déclin du langon	Klomp et Furness 1992
Iles Shetland	Grand Labbe	Langon	budget d'activité, succès reproducteur et alimentation reliés au recrutement du langon	Hamer et al. 1991
Iles Shetland+ NE Angleterre	Sterne arctique Sterne pierregarin	Langon Goberge	alimentation, succès d'éclosion, croissance, taux de désertion des nids et de mortalité des jeunes reliés à la disponibilité du langon	Uttley et al. 1989

Tableau 1- (suite)

<u>Site</u>	<u>Oiseau(x) de mer étudié(s)</u>	<u>Proie(s)</u>	<u>Relation oiseau vs proie</u>	<u>Source</u>
Iles Shetland+ NE Angleterre	Sterne arctique	Lançon	productivité, croissance, succès d'envol, alimentation, taux d'alimentation, masse des adultes, reliés au recrutement de la proie	<i>Monaghan et al. 1989a</i>
Iles Shetland	Sterne arctique	Lançon	alimentation et productivité reliés au recrutement de la proie	<i>Monaghan et al. 1989b</i>
Iles Shetland+ NE Angleterre	Sterne arctique	Lançon	masse des adultes, taux de désertion des nids, et alimentation reliés aux déclin dans les débarquements par les pêcheries	<i>Monaghan et al. 1992</i>
Iles Shetland+ Nord de l'Écosse	Sterne arctique	Lançon	budget d'activité des femelles relié à la disponibilité du lançon	<i>Utting 1992</i>
Iles Shetland	Huard à gorge rousse Fulmar boréal Fou de Bassan Cormoran huppé Labbe parasite Grand Labbe Goéland argenté Goéland à manteau noir Mouette tridactyle Sterne arctique Marmette de Troil Petit Pingouin Guillemot à miroir Macareux moine	Lançon	régime alimentaire relié au recrutement et à l'abondance du lançon	<i>Bailey et al. 1991</i>
Iles Shetland	Marmette de Troil	Lançon	effort de recherche de nourriture relié à l'abondance et la distribution du lançon	<i>Monaghan et al. 1994</i>
Iles Shetland	Marmette de Troil	Lançon	budget d'activité, taux d'alimentation, taille des proies, croissance, âge et succès à l'envol reliés à l'abondance et la distribution du lançon	<i>Utting et al. 1994</i>
Mer du Nord	Mouette tridactyle	Lançon	succès à l'envol, budget d'activité reliés au recrutement et au déclin du stock de lançon	<i>Harris et Wanless 1990</i>

Tableau 1- (suite)

<u>Site</u>	<u>Oiseau(x) de mer étudié(s)</u>	<u>Proie(s)</u>	<u>Relation oiseau vs proie</u>	<u>Source</u>
Mer du Nord	Macareux moine Marmette de Troil	Sprat	survie des adultes et taille de la population reliés à l'abondance et la distribution du sprat	<i>Harris et Bailey 1992</i>
Mer du Nord	Macareux moine	Sprat Hareng	alimentation reliée à la biomasse des proies et l'abondance des larves de poisson	<i>Hislop et Harris 1985</i>
Mer du Nord	Cormoran huppé	Hareng Lançon	date de ponte, nombre de reproducteurs, taux de survie à la première année reliés à l'abondance du hareng	<i>Aebisher 1986</i>
France	Goéland argenté	déchets ménagers	régime alimentaire, aires d'alimentation, poids des adultes, nombre de reproducteur, taille des oeufs et des couvées, productivité, etc. reliés à la disponibilité des déchets (fermeture d'un dépotoir)	<i>Pons 1992</i> <i>Pons et Migot 1995</i>
Espagne	Goéland d'Audouin	déchets et poissons rejetés par les bateaux de pêche	budget d'activité relié à l'activité de la pêche commerciale	<i>Castilla et Pérez 1995</i>
Espagne	Goéland leucophée	poissons rejetés par lesbateaux de pêche	alimentation, succès d'envol et de nidification reliés à la fermeture de la pêche	<i>Oro et al. 1995</i>
Norvège	Macareux moine	Hareng	succès de nidification reliés à des estimés de biomasse aux frayères	<i>Barrett et al. 1987</i>
Mer de Barents	Marmette de Troil Marmette de Brünnich	Capelan	population en période de reproduction et en hiver reliée au déclin des débarquements et aux estimés de biomasse par les pêcheries	<i>Vader et al. 1990</i>
Afrique du Sud	Manchot du Cap Fou du Cap Cormoran du Cap	Pilchard Chinchar Anchois du Cap	tendance des populations, production de guano et alimentation reliés aux débarquements et à des estimés de biomasse par les pêcheries	<i>Burger et Cooper 1984</i>
Afrique du Sud	Cormoran du Cap	Anchois japonais Sardine du Pacifique	régime alimentaire relié à des estimés de biomasse aux frayères	<i>Berruti et al. 1993</i>
Afrique du Sud	Manchot du Cap Fou du Cap Cormoran du Cap Sterne huppée	Anchois du Cap	succès à l'envol, nombre de reproducteurs, alimentation reliés à des estimés de biomasse aux frayères	<i>Crawford et Dyer 1995</i>

les poissons fourragers peuvent devenir plus abondants et disponibles, ce qui aurait pour conséquence d'influencer positivement la reproduction et la survie des oiseaux de mer qui s'en nourrissent (Montevecchi 1993b; voir Furness 1984).

Il est également de plus en plus évident que les pêcheries ont engendré au cours des années une source de nourriture artificielle (rejet des déchets de poissons en mer) que les laridés ont grandement utilisée. À titre d'exemple, mentionnons la relation entre l'importante diminution de la population de Goéland argenté de la Côte-Nord et la baisse des débarquements de morue par les pêcheries (figure 1).

Les paramètres utilisés dans les études sur les oiseaux de mer sont nombreux, et se rapportent soit à la démographie, à la reproduction, à l'alimentation ou au comportement (mais voir annexe 20). La littérature abondante démontre qu'ils peuvent servir de bioindicateurs efficaces non seulement de la disponibilité, mais de l'abondance ou de la qualité des ressources marines (généralement une ou plusieurs espèces de poissons).

Les oiseaux marins ont en général un faible taux de reproduction, une grande longévité, et des populations relativement stables. Néanmoins, la tendance des populations peut indiquer une variation à long terme de l'abondance des proies, et dans les cas extrêmes où la nourriture est rare et la survie des adultes est affectée, la taille des colonies peut diminuer rapidement. La disponibilité de la nourriture peut aussi affecter toute composante du succès reproducteur (ex: le nombre d'oeufs par couvée, le succès d'éclosion, le succès à l'envol, etc.), ou faire varier le taux de croissance des jeunes. Ces paramètres sont sensibles sur une échelle de temps beaucoup plus courte.

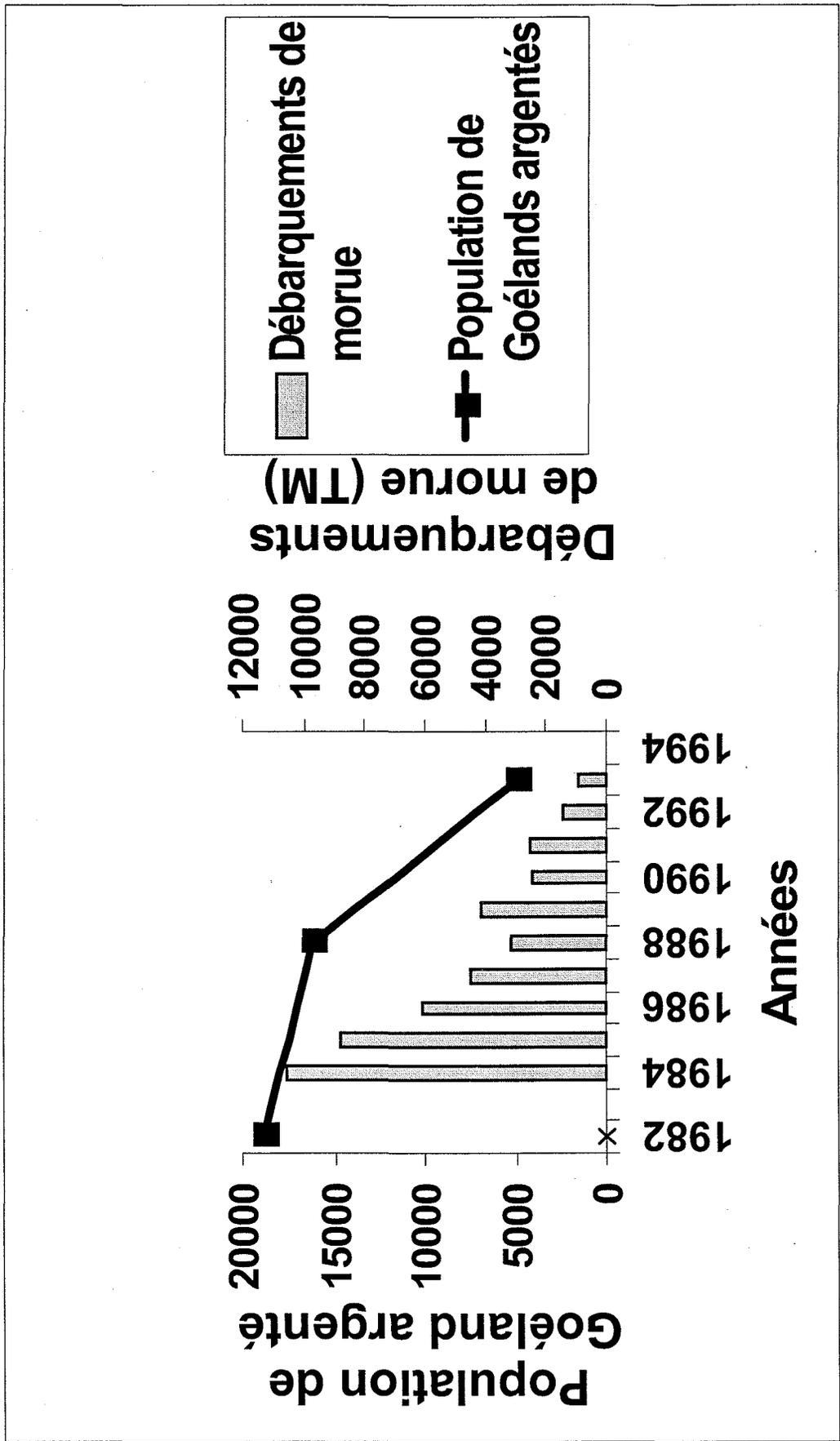


Figure 1 - Relation entre les débarquements de morue et la population de Goéland argenté de la Côte-Nord.

Les espèces d'oiseaux marins diffèrent dans leur régime alimentaire: certaines sont spécialistes (ex: les marmettes), d'autres sont généralistes (ex: les goélands). Le comportement d'alimentation fait que des espèces s'alimentent en surface (ex: les sternes) et d'autres en profondeur (ex: le Petit Pingouin). Également, une espèce comme le Fou de Bassan parcourt facilement 100 km vers le large pour s'alimenter, alors que le Guillemot à miroir se nourrit souvent à moins d'un kilomètre de son site de nidification. La façon d'adapter le budget d'activités à une variation dans la disponibilité de la ressource est aussi très variable selon les espèces.

En résumé, toutes les espèces d'oiseaux de mer ont leur façon particulière de réagir aux variations dans la disponibilité, l'abondance ou la qualité de la nourriture. Cela leur confère un potentiel énorme comme bioindicateur non seulement des différentes ressources qu'ils exploitent, mais de tout changement dans le milieu marin pouvant affecter ces dernières. Ainsi, en suivant à plusieurs sites quelques espèces et paramètres (i.e. en établissant un «réseau»), il est possible d'obtenir une représentation plus précise, et à différentes échelles spatiales et temporelles, des variations ou changements qui s'opèrent dans l'écosystème marin.

Le présent rapport a pour objectif d'explorer la littérature concernant les possibilités d'utilisation des oiseaux marins afin de proposer la mise sur pied d'un réseau de bioindicateurs pour l'écosystème du Saint-Laurent. Cet objectif figure parmi ceux de l'ACWERN (Atlantic Cooperative Wildlife Ecology Research Network)(voir CWS Seabird Committee 1995):

« Développer, évaluer et appliquer des techniques pour effectuer le suivi de la distribution et la taille des populations, et des paramètres de la reproduction et de l'alimentation d'espèces-clés, comme bioindicateurs de changements dans les composantes des écosystèmes de l'Atlantique »

Concrètement, le réseau apparaît comme un échantillonnage périodique de divers paramètres sur quelques espèces, en un nombre de sites sélectionnés dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Un tel réseau permettra vraisemblablement d'effectuer le suivi de l'abondance relative des principales espèces-proies disponibles dans le milieu, entre autres par le suivi du régime alimentaire des oiseaux. Cette possibilité apparaît très intéressante puisque ces espèces-proies telles le lançon et le Capelan représentent une biomasse considérable dans l'écosystème marin, et étant donné toutes les espèces qui s'en nourrissent, elles constituent un maillon très important de la chaîne alimentaire (figure 2). Il y a aussi la possibilité de suivre précisément certaines espèces de poissons (ou même certaines classes d'âge) à travers le régime alimentaire (ou d'autres paramètres) d'oiseaux marins spécialistes (ex: voir figures 3 et 4). Un autre attrait de ce projet est l'information recueillie concernant la distribution spatiale et temporelle et l'abondance relative d'espèces de poisson non-commerciales, à propos desquelles nos connaissances sont souvent limitées et dont la gestion est souvent problématique (Monaghan et al. 1989b; Montevecchi 1993b; Montevecchi et Myers 1995a). En particulier, il devient important d'acquérir des données «historiques» (Montevecchi et al. 1988) pour la gestion d'espèces telles le Capelan, qui est susceptible de susciter un plus grand intérêt commercial dans l'avenir (voir Chapdelaine 1990). Même dans le cas des espèces de poissons commerciales, nos résultats pourraient s'avérer utiles soit (1) pour valider les tendances des données recueillies par les pêcheries, soit (2) pour préciser le taux de mortalité des poissons dû aux oiseaux dans les Analyses de Population Virtuelles (VPA) des gestionnaires des pêcheries (voir Montevecchi 1993b), ou (3) pour évaluer l'interaction oiseaux marins/pêcheries (Montevecchi 1993b; Montevecchi et Myers 1995b). Finalement, un réseau comme tel entraîne inévitablement

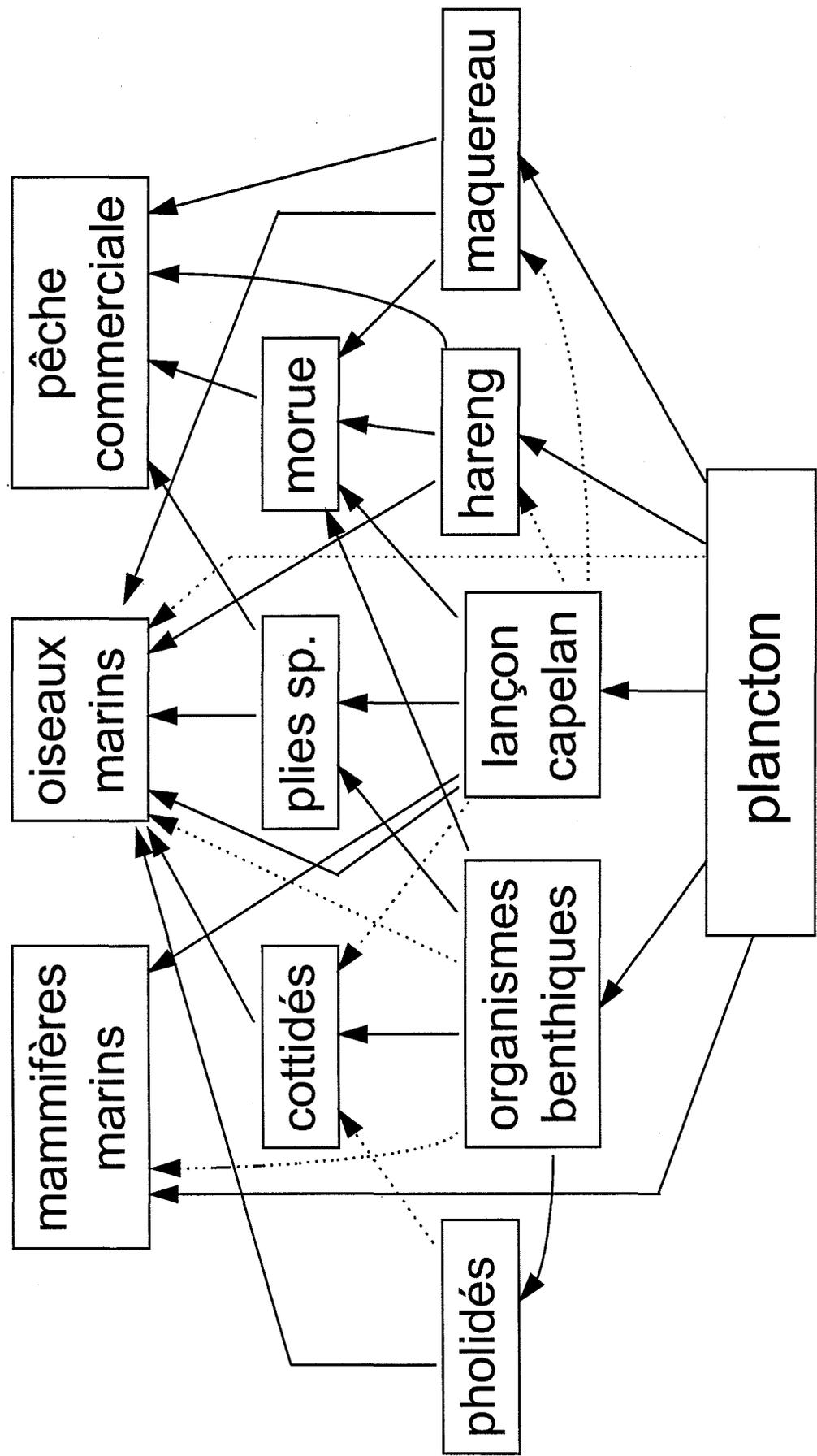


Figure 2- Chaîne trophique (simplifiée) de l'écosystème du Saint-Laurent.

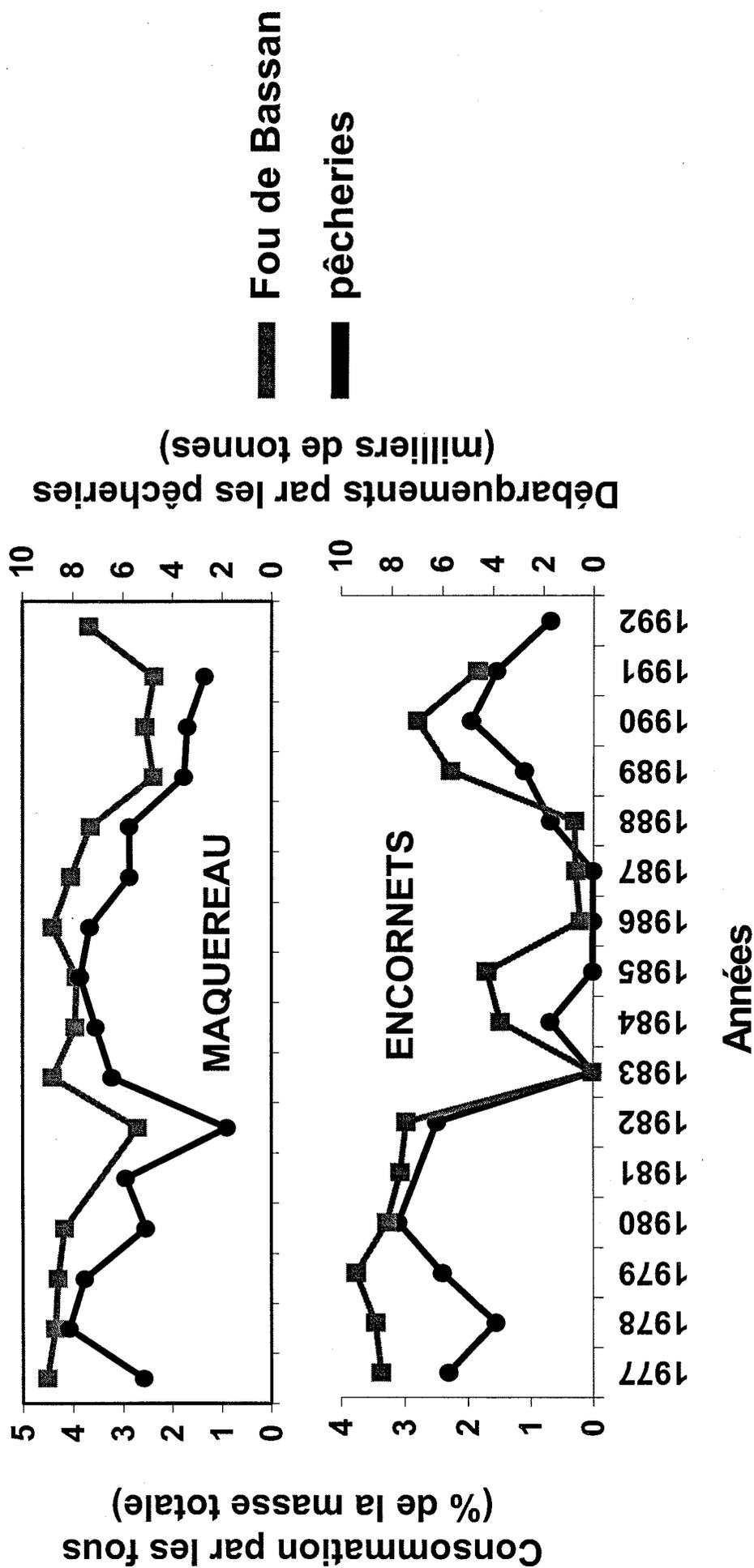


Figure 3- Relation entre les prises de Maquereau bleu (*Scomber scombrus*) et d'encornets (*Illex illecebrosus*) par la pêche côtière dans la région de l'île Funk, et l'importance de ces espèces dans l'alimentation du Fou de Bassan au même site (d'après Montevecchi et Myers 1995a).

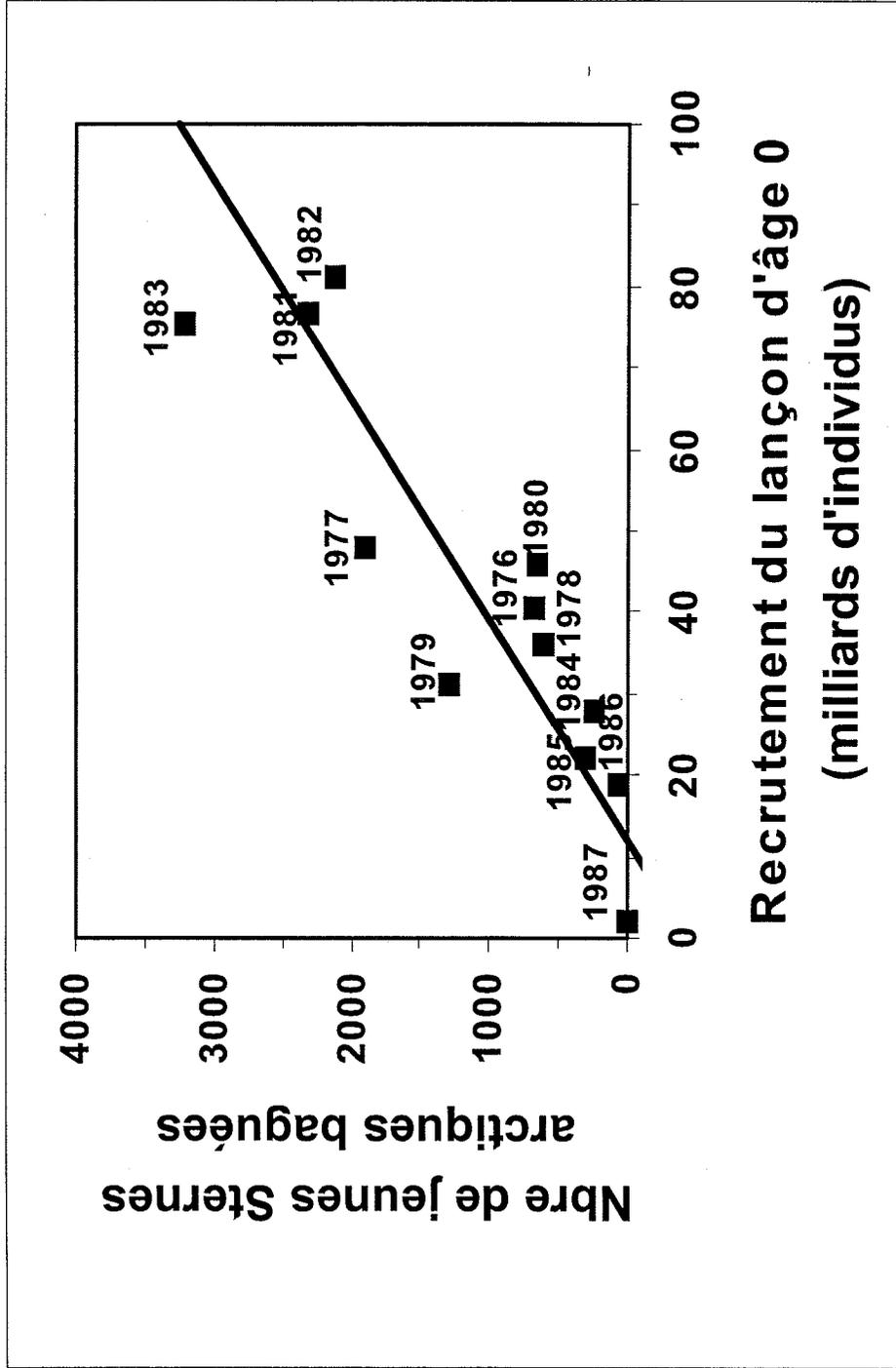


Figure 4- La relation entre le nombre de Sternes arctiques baguées aux Iles Shetland chaque année et le recrutement de lançons d'âge 0 estimé le 1er juillet de chaque année ($r = 0.89$, $p < 0.001$) (Tiré de Monaghan et al. 1989b).

des retombées au niveau de la recherche, la gestion et la conservation des oiseaux marins eux-mêmes.

Au départ, quel que soit le bioindicateur, l'interprétation d'un changement dans un paramètre donné nécessite une bonne connaissance de base de ce paramètre, ainsi que de l'amplitude de ses variations saisonnières et annuelles. Cela souligne une fois de plus l'importance de séries de données à long terme comme base pour comprendre les interactions entre les oiseaux marins et leurs proies (Anonyme 1995). Des changements significatifs dans les paramètres mesurés constituent des signaux en provenance de l'écosystème marin. Notre capacité d'interprétation des changements détectés et leur signification sera proportionnelle à nos efforts de recherche sur les espèces sélectionnées (prédateurs et proies).

2- Revue des méthodes de l'approche écosystémique chez les oiseaux de mer

2.1-La sélection d'espèces représentatives de l'écosystème

Le tableau 1 présente un grand nombre d'espèces d'oiseaux de mer et de paramètres qui offrent un fort potentiel en tant que bioindicateurs de l'abondance, la disponibilité et la qualité des ressources marines, et de tout un spectre de changements environnementaux pouvant survenir dans l'écosystème. Lorsqu'on désire utiliser des bioindicateurs, le choix des espèces et des paramètres dépend des questions qui sont adressées, et en particulier des ressources marines ou événements océanographiques que l'on désire surveiller en priorité. Ensuite, puisqu'un suivi annuel est souhaitable (CWS Seabird Committee 1995), les questions relatives à la faisabilité d'un tel suivi sont inévitablement à considérer. L'accessibilité, la répartition des colonies et les questions de logistique sont des facteurs limitatifs dans le choix des espèces et des sites. La qualité et la quantité d'informations disponibles sur les paramètres que l'on prévoit mesurer est aussi un aspect pouvant faire pencher la balance en faveur d'une espèce.

Pour la mise sur pied d'un réseau de bioindicateurs des processus océanographiques à grande échelle, un suivi annuel d'espèces de niveaux trophiques différents et à plusieurs sites est désirable (CWS Seabird Committee 1995). Certaines espèces ont été suggérées par le CWS Seabird Committee: il s'agit de la Mouette tridactyle, le Macareux moine, le Fou de Bassan, les pétrels et les cormorans (CWS Seabird Committee 1995). Les goélands en général sont des généralistes qui adaptent leur régime alimentaire facilement. Conséquemment, alors qu'une diminution d'abondance d'un type de nourriture se reflétera dans leur régime alimentaire, leur reproduction sera peu affectée. Faisant également partie des laridés, la Mouette tridactyle, la Sterne pierregarin et la Sterne arctique ont quant à elles été désignées

maintes fois comme étant des bioindicateurs sensibles des conditions de l'environnement marin (Monaghan et al. 1989 a, b; Chapdelaine et Brousseau 1991; Murphy et al. 1991; Anonyme 1995). Finalement, le Petit Pingouin a déjà été proposé comme bioindicateur du Capelan sur la Basse-Côte-Nord (Chapdelaine 1990).

2.2-L'échantillonnage

L'échantillonnage de paramètres visant à évaluer la disponibilité des ressources alimentaires lors d'une saison donnée doit être planifié soigneusement. Pour ce qui est du régime alimentaire, il faut tenir compte du fait que pour une espèce donnée il peut varier entre les individus, les colonies, les jours, l'âge des jeunes, les saisons et les années, et cela pour toutes sortes de raisons. Par exemple, l'abondance d'une espèce-proie peut varier d'une année à l'autre à cause d'un faible recrutement, qui peut lui résulter de facteurs divers comme les courants, la température de l'eau, etc. De plus, indépendamment de son abondance, la disponibilité d'une proie pour les oiseaux de mer est influencée par beaucoup de facteurs comme la stratification verticale de l'eau, les conditions atmosphériques, la présence de glace, l'intensité du vent, ou un changement dans son comportement migratoire (Anonyme 1994).

Plusieurs espèces d'oiseaux marins, telles le Fou de Bassan, ont tendance à s'alimenter en groupes. D'autre part, toutes les espèces considérées dans la présente étude sont plus ou moins opportunistes, et il n'est pas rare d'observer la présence d'un banc de poissons fourragers attirant momentanément des groupes mixtes d'oiseaux. Bref les oiseaux d'une même colonie s'alimentent parfois sensiblement aux mêmes endroits, exploitant un nombre limité de bancs de poisson dans une journée, et dans ces circonstances le régime alimentaire varie beaucoup plus d'une journée à l'autre, ou encore selon la saison, qu'entre les individus (Duffy et al. 1987). Ainsi, si on désire

évaluer la fréquence d'apparition des proies principales dans le régime alimentaire d'une population donnée durant sa période de reproduction, il apparaît préférable de répartir l'échantillonnage sur plusieurs journées consécutives, et à différents moments durant la saison. Le fait que le régime alimentaire peut aussi varier en fonction de l'âge des jeunes oiseaux (ex: Pons 1992) est une raison de plus pour échantillonner plusieurs fois durant la saison, et il est d'ailleurs préférable d'évaluer et de noter l'âge des oiseaux associés aux régurgitations.

Lorsqu'on veut évaluer la proportion des proies dans le régime alimentaire, il faut considérer que la précision sur cette mesure augmente rapidement avec la taille de l'échantillon, c'est à dire jusqu'à un certain point d'inflexion. Il est donc avantageux d'obtenir des tailles d'échantillon supérieures à 50 (voir annexe 21).

Après avoir ainsi tenu compte de la variabilité quotidienne et saisonnière de l'alimentation, sa variabilité interannuelle peut constituer un bon indicateur d'un changement majeur éventuel dans la disponibilité des différents types de proies, du moins dans l'aire où se nourrit cette population et pour les espèces-proies incluses dans le régime alimentaire (Brown et Ewins 1996). Pour corroborer les changements d'abondance d'une proie à une échelle plus grande, il est souhaitable d'amasser simultanément des données dans plusieurs colonies (Bertram et Kaiser 1993), car l'alimentation d'une espèce peut aussi varier localement.

Une baisse locale des ressources près d'une colonie affectera beaucoup plus un guillemot qui effectue des déplacements courts pour se nourrir, qu'un Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*) franchissant de longues distances pour s'alimenter (Wiens 1984). Néanmoins, le patron de reproduction des oiseaux marins peut également servir d'indicateur à moyenne (centaines de km) et grande échelle (milliers de km) de changements dans les conditions océanographiques ou dans la disponibilité de la

nourriture (Boersma 1978; Anderson et al. 1982; Hunt et Schneider 1987; Montevecchi et Myers 1992; Bertram et Kaiser 1993; Montevecchi 1993b).

Une autre différence fondamentale existe entre les oiseaux qui s'alimentent en nageant en plongée et ceux qui s'alimentent en surface: le domaine de chasse des premiers est tridimensionnel, et celui des seconds est bidimensionnel. Ainsi la température de l'eau en surface et les conditions météo comme la pluie et le vent risquent moins d'influencer la disponibilité de la nourriture du cormoran, comparativement au fulmar (voir aussi Hatch et Hatch 1990)(Montevecchi et Myers 1995b). La sélection d'une combinaison d'espèces bioindicatrices se nourrissant à la surface et en profondeur permet donc de dégager l'influence de facteurs météo tels que ceux mentionnés précédemment.

Le budget énergétique des oiseaux de mer en période de reproduction est plus ou moins flexible dépendamment de l'espèce. Par exemple, la stratégie de la sterne est de maximiser la taille de sa couvée, après quoi le couple dépensera une grande partie de son énergie et de son temps à chercher de la nourriture pour nourrir ses jeunes. À l'opposé, un Petit Pingouin n'élève jamais plus d'un rejeton par an, et satisfaire les besoins alimentaires de ce dernier ne nécessite habituellement que peu de temps dans le budget d'activité d'un couple. Or, plus le budget énergétique d'une espèce est « serré », plus cette espèce sera un bioindicateur sensible. Ainsi, une légère variation dans l'abondance des ressources sera plus facile à détecter à travers des paramètres reliés au succès reproducteur (ex: diminution de la taille de couvée, du taux de croissance des jeunes, etc.) chez une espèce comme la sterne que chez le Petit Pingouin, puisque la sterne peut difficilement compenser pour la faible abondance de nourriture en augmentant son effort de recherche.

2.3-Méthodes existantes pour l'étude du régime alimentaire

Les méthodes employées à travers la littérature pour étudier le régime alimentaire des oiseaux marins sont peu nombreuses. La façon traditionnelle consiste à prélever des oiseaux et à examiner les contenus stomacaux. Cependant, cette méthode simple demande d'abattre un grand nombre d'individus étant donné qu'une bonne proportion des individus ont le tube digestif presque vide. Actuellement, cette technique est rarement utilisée lorsque des méthodes alternatives et moins radicales peuvent être employées.

À l'opposé, certaines espèces se prêtent bien à l'étude de leur alimentation par observation: c'est le cas des espèces qui nourrissent leur(s) rejeton(s) en transportant les proies dans leur bec (ex: le Petit Pingouin). Lorsque les proies sont identifiables et visibles lors du retour au nid, l'installation d'une cache près du nid permet d'étudier le régime alimentaire de l'espèce sans occasionner de dérangement, dans la mesure où les oiseaux ne sont pas perturbés par la présence de la cache. Cette méthode permet une évaluation quantitative de la nourriture ingérée par les jeunes oiseaux. Par contre dans les cas où on ne voit pas les jeunes avaler les poissons, il faut prendre en considération que parfois les poussins ne consomment pas toute la nourriture apportée par les adultes (ex: Courtney et Blockpoel 1980, Furness et Barrett 1985; Chapdelaine et Brousseau 1996). Le seul désavantage par rapport à la méthode précédente est que dans certains cas, la nourriture des jeunes peut ne pas être parfaitement représentative de celle consommée par les adultes (mais voir Kirkham et al. 1985), et peut varier selon l'âge des jeunes (ex: Swennen et Duiven 1977).

La récolte de régurgitations est une méthode alternative lorsque les adultes nourrissent les jeunes avec de la nourriture pré-digérée. Plusieurs espèces d'oiseaux marins possèdent le réflexe naturel de régurgiter lorsqu'elles sont manipulées ou

simplement à la vue de l'homme. Par contre, il est possible que les oiseaux ne régurgitent pas le contenu total de leur estomac. Lorsque l'obtention du contenu stomacal total est nécessaire, l'utilisation d'une pompe stomacale (voir Wilson 1984; Ryan et Jackson 1986) peut aider à solutionner ce problème. Un autre désavantage de cette méthode est que les proies peuvent être passablement digérées: elles sont donc parfois difficiles à identifier, et l'estimation de la quantité ingérée (masse) est imprécise et dépend du degré de digestion. Néanmoins, les régurgitations fournissent une bonne estimation des proportions relatives des types de proie dans l'alimentation d'une espèce, tout particulièrement lorsque les échantillons sont nombreux. Il est aussi possible d'effectuer un calcul rétrospectif de la longueur des poissons à partir des otolithes (voir Winters 1981).

Certaines espèces (ex: les cormorans) ont l'habitude de régurgiter naturellement près du nid des boulettes de régurgitations constituées des parties moins digestibles des proies consommées; les os et les otolithes en particulier. Certaines études du régime alimentaire ont été réalisées en ramassant ces boulettes autour des nids (ex: Duffy et Laurenson 1983). Cependant, les biais d'un tel échantillonnage sont importants. Premièrement, on ne connaît pas la provenance de ces boulettes: elles peuvent être associées autant aux jeunes, qu'aux adultes reproducteurs, qu'aux individus non reproducteurs (Harris et Wanless 1992; 1993). Également, seules les proies et les parties non-digestibles sont apparentes, et ainsi les espèces plus faciles à digérer sont sous-représentées (Brown et Ewins 1996). De plus, l'estimation de la taille des poissons consommés à partir de la mesure des otolithes retrouvés dans les boulettes de régurgitation est très imprécise (Johnstone et al. 1990). Par ailleurs, selon Newsome (1977), l'os operculaire peut être utilisé efficacement pour l'identification des proies et l'estimation de leur longueur à l'origine.

2.4-Analyse des résultats

L'analyse des régurgitations devrait être effectuée de préférence sur place, ou le plus tôt possible après leur collecte, de façon à limiter les biais induits par la préservation (Duffy et Jackson 1986). L'âge des proies consommées est une donnée très intéressante à mettre en relief dans le cadre d'une étude sur l'alimentation des oiseaux marins. C'est pourquoi il est recommandé de mesurer les poissons et de recueillir écailles et otolithes, afin de pouvoir établir la relation entre l'âge et la longueur des poissons, du moins si l'on en a la possibilité (Anonyme 1995).

Il existe une multitude de manières de présenter les résultats de l'analyse du régime alimentaire d'une espèce. Cependant, parce que les proies peuvent varier énormément en abondance, en volume et en masse, la meilleure façon de présenter les résultats est de donner l'information complète, i.e. en précisant la fréquence d'apparition, la fréquence numérique, et la masse ou le volume représentés par chaque type de proie (Duffy et Jackson 1986). La présentation des résultats par classe d'âge des proies est également souhaitable.

3-Régime alimentaire de 5 espèces représentatives (1994-95)

Dans le cadre de la mise sur pied du projet de réseau de bioindicateurs, des données préliminaires concernant l'alimentation de certaines espèces d'oiseaux de mer ont été amassées sur des sites potentiels du réseau, en 1994 et 1995.

3.1-Espèces étudiées

Des données ont été prises sur l'alimentation du Fou de Bassan à l'île Bonaventure, du Cormoran à aigrettes dans l'estuaire et aux îles Sainte-Marie (Basse-Côte-Nord), du Goéland à manteau noir et du Goéland argenté dans l'estuaire, du Goéland argenté à Carleton, et du Petit Pingouin aux îles Sainte-Marie.

3.2-Échantillonnage

Pour le Fou de Bassan, l'échantillonnage s'est limité à trois jours consécutifs en 1995, soit les 15, 16 et 17 août, au coeur de la période d'élevage des jeunes. Un total de 80 régurgitations furent recueillies.

Dans l'estuaire, 125 régurgitations de Cormoran à aigrettes ont été obtenues entre le 22 juin et 14 juillet en 1994, et 301 régurgitations entre le 15 juin et le 9 juillet 1995. Les échantillons proviennent des colonies des îles Pèlerins, de l'archipel de Kamouraska, de la batture aux Alouettes, et de l'île Razade Sud-Ouest.

Sur l'île de l'Est de l'archipel des îles Ste-Marie (Basse-Côte-Nord), un total de 69 régurgitations de Cormorans à aigrettes ont été prélevées les 8, 13, et 20 juillet 1995, soit au début, au milieu et vers la fin de la période d'élevage des jeunes.

Le régime alimentaire du Goéland à manteau noir dans l'estuaire fut étudié avec la cueillette de 101 régurgitations en 1994 et de 16 autres en 1995. Ces régurgitations provenaient des îles Pèlerins, de la batture aux Alouettes, de l'archipel de Kamouraska,

de l'île aux Fraises, et de l'île Razade Sud-Ouest. À ces mêmes endroits, des régurgitations de Goéland argenté furent également ramassées en 1994 (n=88) et en 1995 (n=262).

L'alimentation du Goéland argenté fut aussi investiguée à la colonie de Carleton, tout au long de la période allant du 7 juin au 22 juillet 1994 (96 régurgitations).

Finalement, nous avons examiné la nourriture apportée aux jeunes du Petit Pingouin à trois sites de l'archipel des îles Ste-Marie (île du Milieu, île de l'Ouest, et île aux Perroquets #4). Ainsi les proies rapportées par les parents ont été identifiées et quantifiées durant toute la période d'élevage des jeunes, soit entre le 12 juillet et le 3 août 1995, pour un total de 200 alimentations.

3.3-Méthode utilisée

Dans le cas du Fou de Bassan, du Cormoran à aigrettes, du Goéland argenté et du Goéland à manteau noir, la méthode utilisée pour obtenir les régurgitations est essentiellement la même. En effet, chez ces 4 espèces, une légère manipulation des jeunes ou encore la seule présence de l'homme à proximité produit une anxiété suffisante chez les jeunes au nid pour provoquer un réflexe de régurgitation du contenu stomacal. Les contenus stomacaux sont par la suite conservés individuellement dans une solution d'alcool ou de formol, dans des sacs ou contenants étanches identifiés (date, espèce, provenance, etc.), pour analyse subséquente en laboratoire.

Pour le Petit Pingouin, une méthode davantage non-obstrusive peut être utilisée. En effet, puisque les adultes ne nourrissent pas les jeunes en régurgitant de la nourriture, mais transportent plutôt des poissons frais en travers de leur bec, il est possible par simple observation de déterminer l'espèce, le nombre et la longueur des poissons apportés. L'installation de caches d'observations est cependant nécessaire pour

positionner les observateurs le plus près possible des nids sans déranger l'activité normale de la colonie.

3.4-Analyse des résultats

Pour l'analyse des régurgitations, chaque contenu stomacal a été observé sous la loupe binoculaire et ses diverses composantes ont été séparées. Puis chaque type de nourriture fut identifié précisément (jusqu'à l'espèce, si possible) et pesé ou son volume mesuré par déplacement dans un cylindre gradué. Des remarques et renseignements additionnels ont été notés (ex: longueur totale d'un poisson complet), et les spécimens ou pièces anatomiques les plus intacts ont été conservés pour constituer une collection de référence. La construction d'une clé d'identification des contenus stomacaux à partir des pièces anatomiques les plus résistantes à la digestion (les plus souvent apparentes dans les régurgitations) a aussi été entreprise.

La présentation statistique des résultats est sous forme de tableaux (2 à 10) regroupant pour chaque espèce et par site, la fréquence d'apparition (% du nombre total de régurgitations), la fréquence numérique (% du nombre total de proies), et le volume (% du volume total) de chaque type de proie.

3.5-Résultats de l'étude préliminaire

3.5.1-Fou de Bassan

D'après l'analyse des régurgitations récoltées à l'île Bonaventure en 1995, le maquereau est la proie la plus importante du régime alimentaire des jeunes Fous de Bassan, à la mi-août (voir tableau 2). Cela non seulement par la régularité avec laquelle cette espèce de poisson revenait dans les contenus stomacaux, mais aussi de par la masse qu'elle représente. Le hareng est également un poisson dont la taille peut être considérable (ex: une régurgitation était constituée d'un spécimen intact de 33 cm,

Tableau 2- Proies du Fou de Bassan (*Morus bassanus*) à l'île Bonaventure, golfe du Saint-Laurent, saison 1995 (14-18 août), selon 80 régurgitations

<u>TYPES DE PROIES</u>	<u>Fréquence d'apparition</u>	<u>*</u>	<u>Fréquence numérique</u>	<u>**</u>	<u>masse/volume</u>	<u>***</u>
Clupeidae						
<i>Clupea harengus harengus</i>	8	10,0%	10	5,5%	1411	10,2%
Osmeridae						
<i>Osmerus mordax</i>	1	1,3%	1	0,5%	177	1,3%
Scombridae						
<i>Scomber scombrus</i>	50	62,5%	58	31,7%	9285	67,1%
Ammodytidae						
<i>Ammodytes sp.</i>	4	5,0%	92	50,3%	570	4,1%
Labridae						
<i>Tautoglabrus adspersus</i>	1	1,3%	1	0,5%	144	1,0%
Poissons non-identifiés	19	23,8%	21	11,5%	2245	16,2%
Total			183		13832	

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

*** Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

335g). Pour cette raison, bien qu'il apparaisse comme une proie occasionnelle, le hareng représente tout de même plus de 10% du régime alimentaire, en masse consommée. À l'opposé, le lançon est de petite taille, et ne constitue que 4% de la masse consommée par les fous bien que la fréquence d'apparition soit élevée (50% des proies).

3.5.2-Cormoran à aigrettes

Dans l'estuaire, le Cormoran à aigrettes se nourrissait principalement de Capelans (37% du volume consommé) et de sigouines (22% du volume consommé) en 1994 (voir tableau 3). Plusieurs autres types de proies sont apparues dans son alimentation, mais en très faible importance. En 1995 (tableau 4), la proportion de Capelan dans le régime alimentaire était sensiblement la même qu'en 1994. Par contre les sigouines avaient pratiquement disparu de l'alimentation pour faire place au hareng (16% du volume consommé même s'il ne représentait que 5% du nombre des proies).

Alors que dans l'estuaire le Capelan dominait, il est intéressant de constater qu'aux îles Sainte-Marie (tableau 5), le lançon était la proie dominante du régime alimentaire du Cormoran à aigrettes (86% des proies et 63% du volume consommé) en 1995. En comparaison, toutes les autres espèces apparaissaient comme marginales.

À noter qu'une forte proportion des poissons n'a pu être identifiée, quelle que soit l'année ou la localité, probablement à cause de l'état de digestion avancé des proies.

3.5.3-Goéland argenté

En 1994, le régime alimentaire du Goéland argenté dans l'estuaire était constitué de trois items principaux (tableau 6): le Capelan (prépondérant: 38% du volume consommé), les euphausides (18%), et les lombrics (11%), alors que 26% des poissons n'ont pu être identifiés. Tous les autres types de proies étaient faiblement représentés. Un an plus tard (tableau 7), la proportion de Capelan dans le régime alimentaire est

Tableau 3 - Proies du Cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1994 (22 juin - 14 juillet) selon 125 régurgitations

TYPES DE PROIES	Fréquence		*	Fréquence		masse/volume	
	apparition	numérique		numérique	**	***	***
Polissons							
Clupeidae							
<i>Alosa sp.</i>	1	1	0,8%	1	0,2%	9	0,2%
<i>Clupea harengus harengus</i>	2	2	1,6%	2	0,5%	83	2,1%
Osmeridae							
<i>Mallotus villosus</i>	61	220	48,8%	220	52,6%	1432	36,9%
<i>Osmerus mordax</i>	6	11	4,8%	11	2,6%	72	1,9%
Pholidae							
<i>Pholis fasciata</i>	36	66	28,8%	66	15,8%	867	22,4%
<i>Pholis gunnelus</i>	5	9	4,0%	9	2,2%	115	3,0%
Cottidae							
<i>Myoxocephalus sp.</i>	8	13	6,4%	13	3,1%	44	1,1%
Pleuronectidae							
<i>Pleuronectes sp.</i>	7	11	5,6%	11	2,6%	97	2,5%
Polissons n. Identifiés	38	41	30,4%	41	9,8%	1134	29,2%
Invertébrés							
Polychètes							
<i>Nereis virens</i>	14	19	11,2%	19	4,5%	11	0,3%
Decapoda	4	4	3,2%	4	1,0%	9	0,2%
Isopoda							
<i>Idothea granulosa</i>	1	5	0,8%	5	1,2%	-	-
Amphipoda							
<i>Gammarus sp.</i>	6	7	4,8%	7	1,7%	3	0,1%
Euphausiacea							
<i>Meganycitiphanes norvegica</i>	4	7	3,2%	7	1,7%	1	-
<i>Thysanoëssa raschii</i>							
Gasteropoda et Pelycypoda	2	2	1,6%	2	0,5%	1	-
		418				3878	

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

*** Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 4- Proies du Cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1995 (15 juin - 09 juillet) selon 301 régurgitations

<u>TYPES DE PROIES</u>	Fréquence d'apparition	*	Fréquence numérique	**	masse/volume	***
<u>Poissons</u>						
Clupeidae						
<i>Clupea harengus harengus</i>	43	14,3%	43	4,9%	1343	15,7%
Osmeridae						
<i>Mallotus villosus</i>	143	47,5%	477	54,1%	3339	39,1%
<i>Osmerus mordax</i>	9	3,0%	15	1,7%	169	2,0%
Ammodytidae						
<i>Ammodytes americanus</i> .	19	6,3%	58	6,6%	230	2,7%
Pholidae						
<i>Pholis fasciata</i>	2	0,7%	4	0,5%	27	0,3%
<i>Pholis gunnelus</i>	11	3,7%	11	1,2%	98	1,1%
Poissons n. identifiés	161	53,5%	232	26,3%	3316	38,8%
<u>Invertébrés</u>						
Polychètes						
<i>Nereis virens</i>	1	0,3%	19	2,2%	1	-
Amphipoda						
<i>Gammarus sp.</i>	1	0,3%	2	0,2%	1	-
Decapoda						
<i>Crangon septemspinus</i>	15	5,0%	20	2,3%	25	0,3%
			881		8549	

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

***Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 5- Proies du Cormoran à aigrettes (*Phalacrocorax auritus*) dans le golfe du Saint-Laurent (Iles Sainte-Marie) durant la saison de 1995 (07 juillet - 19 juillet) selon 69 régurgitations

<u>TYPES DE PROIES</u>	<u>Fréquence d'apparition</u>	<u>*</u>	<u>Fréquence numérique</u>	<u>**</u>	<u>masse/volume</u>	<u>***</u>
Poissons						
Clupeidae						
<i>Clupea harengus harengus</i>	1	1,4%	1	0,2%	25	1,0%
Osmeridae						
<i>Mallotus villosus</i>	5	7,2%	6	1,5%	43	1,8%
Ammodytidae						
<i>Ammodytes sp.</i>	47	68,1%	348	85,5%	1504	62,9%
Pholidae						
<i>Pholis gunnellus</i>	6	8,7%	14	3,4%	128	5,4%
Stichaeidae						
<i>Lumpenus lumpretaeformis</i>	1	1,4%	1	0,2%	17	0,7%
Poissons n.identified	27	39,1%	33	8,1%	691	28,9%
Invertébrés						
Decapoda						
<i>n.identified</i>	3	4,3%	5	1,2%	9	0,4%
Total			407		2392	

*Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

**Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

***Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 6: Proies du Goéland argenté (*Larus argentatus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1994 (22 juin-14 juillet) selon 88 régurgitations

TYPES DE PROIES	Fréquence		*	Fréquence		**	masse/volume	***
	apparition	numérique		numérique	numérique			
<u>Poissons</u>								
Osmeridae								
<i>Mallotus villosus</i>	35	83	39,8%	83	7,3%	565	37,9%	
<i>Osmerus mordax</i>	1	1	1,1%	1	0,1%	1	0,1%	
Pholidae								
<i>Pholis fasciata</i>	4	6	4,5%	6	0,5%	31	2,1%	
<i>Pholis sp.</i>	1	5	1,1%	5	0,4%	2	0,1%	
Pleuronectidae								
<i>Pseudopleuronectes</i>	1	1	1,1%	1	0,1%	7	0,5%	
Poissons n. identifiés	10	14	11,4%	14	1,2%	382	25,6%	
<u>Invertébrés</u>								
Annelida								
<i>Lumbricus sp.</i>	12	15	13,6%	15	1,3%	163	10,9%	
Lepidoptera								
<i>inconnu</i>	2	2	2,3%	2	0,2%			
Euphausiacea								
<i>Thysanoïssa raschii</i>	15	1000	17,0%	1000	88,3%	269	18,0%	
Echinodermes								
<i>Strongylocentrotus</i>	1	1	1,1%	1	0,1%	1	0,1%	
Crustacea								
<i>Crevette grise</i>	1	3	1,1%	3	0,3%	7	0,5%	
<i>Eualus pusiolus</i>	1	1	1,1%	1	0,1%	13	0,9%	
Autres (déchets, plantes..)	8		9,1%			51	3,4%	
		1132		1132		1492		

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

*** Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 7- Proies du Goéland argenté (*Larus argentatus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1995 (15 juin-09 juillet) selon 262 régurgitations

Types de Proies	Fréquence apparition	*	Fréquence numérique	**	masse/volume	***
<u>Poissons</u>						
Clupeidae						
<i>Clupea harengus harengus</i>	5	1,9%	5	0,9%	93	2,7%
Osmeridae						
<i>Mallotus villosus</i>	228	87,0%	428	73,0%	2832	83,2%
<i>Osmerus mordax</i>	5	1,9%	6	1,0%	94	2,8%
Poissons n. identifiés	38	14,5%	139	23,7%	249	7,3%
<u>Mammifères</u>						
<i>Microtus pennsylvanicus</i>	3	1,1%	4	0,7%	130	3,8%
<u>Invertébrés</u>						
Annelida						
<i>Lumbricus terrestris</i>	2	0,8%	2	0,3%	3	0,1%
Amphipoda						
<i>Gammarus sp.</i>	2	0,8%	2	0,3%	1	-
Total			586		3402	

*Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

**Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

***Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

passée de 38 à 83% selon la masse. Cette espèce de poisson a donc constitué l'essentiel du régime du Goéland argenté en 1994 et 1995. En 1995, tous les autres types de proies regroupés représentent moins de 10% du volume consommé, et les lombrics et les euphausides ont pratiquement disparu du régime alimentaire. Notons finalement que moins de poissons ont résisté à l'identification (7% seulement) en 1995.

C'est à Carleton que le Goéland argenté démontre à quel point il est opportuniste et peut s'adapter à toute sorte de situation. D'après l'analyse des 96 régurgitations amassées en 1994, son régime est des plus diversifié (tableau 8): un peu plus de 50% de poissons (en volume, incluant 18% de Capelan), 4% d'oisillons de Sterne pierregarin, 37% d'algues, matières végétale et détritiques d'origine humaine, et le dernier 8% d'une variété d'autres items (mollusques, insectes, crustacés, annélides, etc.). La localisation de cette colonie à proximité du milieu urbain explique la présence (25% en masse) de détritiques d'origine humaine.

3.5.4-Goéland à manteau noir

Les poissons étaient prépondérants dans l'alimentation de ce goéland dans l'estuaire en 1994 (45% du volume de nourriture était du Capelan), et au total ils représentaient 78% du volume des régurgitations. Mentionnons aussi la présence de lombrics (7%), et de plusieurs (7) autres types de proies de moindre importance (tableau 9). L'échantillon de 1995 ne comptait que 16 régurgitations, et est donc peu représentatif du régime alimentaire du Goéland à manteau noir de l'estuaire. Malgré tout, la proportion de Capelan est demeurée sensiblement la même en 1995 (40% du volume), et le poisson était encore la nourriture de base (97% du volume). Par contre, la faiblesse de l'échantillon est mise en évidence par le fait que trois harengs représentent à eux seuls 39% du volume consommé total (tableau 10).

Tableau 8- Proies du Goéland argenté (*Larus argentatus*) sur le banc de Carleton, golfe du Saint-Laurent, durant la saison de 1994 (08 juin-22 juillet), selon 96 régurgitations

TYPES DE PROIES	Fréquence		Fréquence numérique	**	masse/volume	***
	apparition	*				
<u>Oiseaux</u>						
<i>Sterna hirundo</i>	4	4%	5	4%	72	4%
<u>Poissons</u>						
<u>Ciupéidae</u>						
<i>Ciupea harengus harengus</i>	1	1%	1	1%	38	2%
<u>Osmeridae</u>						
<i>Mallofus villosus</i>	20	21%	26	20%	308	18%
<i>Osmerus mordax</i>	1		1	1%	9	1%
<u>Gadidae</u>						
<i>Microgadus tomcod</i>	1	1%	1	1%	15	1%
<u>Gasterosteidae</u>						
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	1%	1	1%	2	
<u>Pleuronectidae</u>						
<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	1	1%	1	1%	22	1%
<u>Poissons n. identifiés</u> (inclus oeufs de poissons)	54	56%	54	41%	492	28%
<u>Invertébrés</u>						
<u>Crustacea</u>						
<i>Hyas araneus</i> + <i>Cancer irroratus</i>	7	7%	?		94	5%
<u>Annelida</u>						
<i>Lumbricus sp.</i>	1	1%	1	1%	3	
<u>Mollusques</u>						
<i>Mytilus edulis</i>	2	2%	42	32%	34	2%
<u>Insectes</u>						
<i>Indéterminés</i>	?		?		11	1%
<u>Algues + matière végétales, détritiques</u>						
			133		635	37%
					1735	

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

*** Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 9 - Proies du Goéland à manteau noir (*Larus marinus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1994 (22 juin-14 juillet) selon 101 régurgitations

TYPES DE PROIES		Fréquence apparition	*	Fréquence numérique	**	masse/volume	***
<u>Oiseau</u>							
<i>Non identifié</i>	1	1,0%	1	0,4%	115	4,5%	
<u>Poissons</u>							
<u>Clupeidae</u>							
<i>Clupea harengus harengus</i>	1	1,0%	1	0,4%	22	0,9%	
<u>Osmeridae</u>							
<i>Mallotus villosus</i>	57	56,4%	142	59,4%	1150	44,9%	
<i>Osmerus mordax</i>	1	1,0%	1	0,4%	33	1,3%	
<u>Pholidae</u>							
<i>Pholis fasciata</i>	2	2,0%	2	0,8%	30	1,2%	
<u>Cottidae</u>							
<i>Myoxocephalus sp.</i>	1	1,0%	1	0,4%	66	2,6%	
<u>Poissons n. identifiés</u>	15	14,9%	17	7,1%	701	27,4%	
<u>Invertébrés</u>							
<u>Annelida</u>							
<i>Lumbricus sp.</i>	12	11,9%	17	7,1%	181	7,1%	
<u>Polychètes</u>							
<i>Nereis sp.</i>	5	5,0%	5	2,1%	71	2,8%	
<u>Amphipoda</u>							
<i>Gammarus sp.</i>	1	1,0%	1	0,4%			
<u>Euphausiacea</u>							
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	5	5,0%	7	2,9%	19	0,7%	
<i>Thysanoessa raschii</i>	6	5,9%	42	17,6%	17	0,7%	
<u>Crustacea</u>							
<i>Crevette grise</i>	1	1,0%	2	0,8%	2	0,1%	
<u>Autres (déchets, plantes..)</u>	15	14,9%			156	6,1%	
			239		2563		

* Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

** Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

*** Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

Tableau 10- Proies du Goéland à manteau noir (*Larus marinus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent durant la saison de 1995 (15 juin - 09 juillet) selon 16 régurgitations

TYPES DE PROIES	Fréquence apparition	*	Fréquence numérique	**	masse/volume	***
Poissons						
Clupeidae						
<i>Clupea harengus harengus</i>	3	18,8%	3	6,4%	95	38,9%
Osmeridae						
<i>Mallotus villosus</i>	10	62,5%	18	38,3%	99	40,6%
poissons n. identifiés	5	31,3%	26	55,3%	50	20,5%
Total			47		244	

*Fréquence d'apparition en % est calculée d'après le nombre de régurgitations

**Fréquence numérique en % est calculée d'après le nombre total de proies

***Fréquence de la masse/volume en % est calculée d'après la masse/volume totale

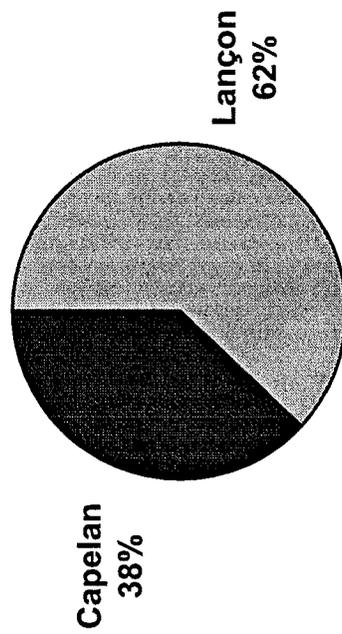
3.5.5-Petit Pingouin

Le régime alimentaire du Petit Pingouin aux Îles Sainte-Marie est composé presque'uniquelement de lançon et de Capelan (figure 5). En 1995 le lançon représentait, en nombre, 62% des poissons rapportés par les adultes à la colonie contre 38% pour le Capelan. Le lançon étant une espèce de taille plus petite, il était cependant beaucoup moins important que le Capelan du point de vue de la masse consommée (Capelan=82%, lançon=18%).

3.6-Discussion des résultats de l'étude préliminaire

Les gros poissons comme le maquereau et le hareng sont des proies de qualité pour le Fou de Bassan. Le fou n'hésite pas à s'alimenter dans les bancs de lançon, mais ce dernier est beaucoup moins profitable à cause de sa petite taille. Puisque l'alimentation du fou n'a été étudiée que durant une courte période et en 1995 seulement, l'interprétation de ces résultats est limitée. Nous avons comparé le régime alimentaire du Fou de Bassan de l'Île Bonaventure en 1995 avec l'étude de Taylor et Nettleship en 1974. Étant donné que le régime alimentaire peut varier au cours de l'été, nous avons extrait les données récoltées au mois d'août 1974 pour effectuer une comparaison valable. De façon générale, le régime alimentaire apparaît plus varié en 1995 (voir figure 6): la proportion de maquereau, quoique très importante, est moindre; le hareng et le lançon sont mieux représentés; d'autres proies comme l'Éperlan arc-en-ciel et la Tanche tautogue sont venues compléter le menu. Par ailleurs, le nombre de régurgitations étant supérieur en 1995, il est peu surprenant de retrouver une plus grande diversité de proies. Néanmoins l'importance du maquereau semble plus grande en 1974 qu'en 1995, même en considérant qu'une proportion des poissons non-identifiés en

Fréquence
numérique



Masse
consommée

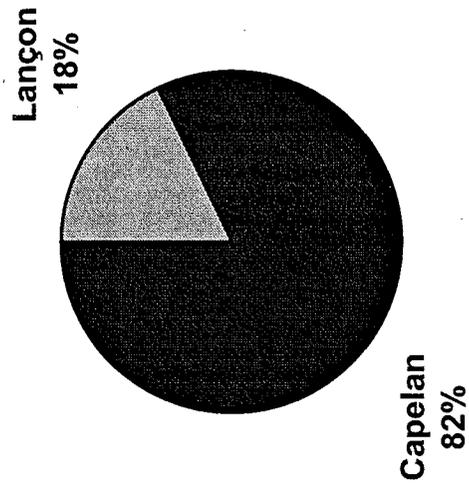
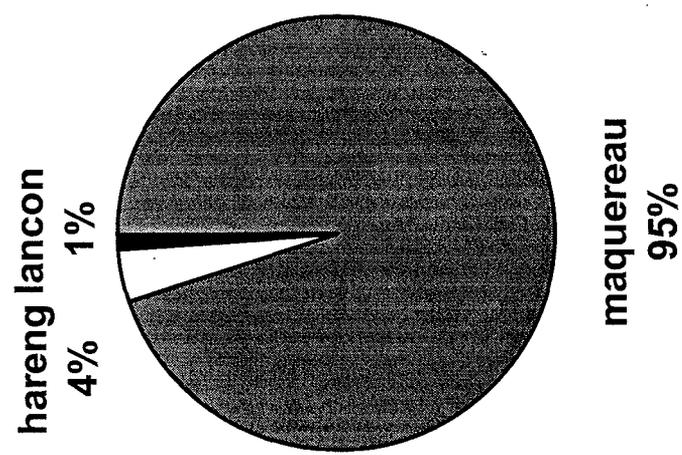


Figure 5- Analyse du régime alimentaire du Petit Pingouin des Iles Sainte-Marie, Basse Côte-Nord, été 1995, en fréquence numérique et en masse consommée.

1974
(n=22)



1995
(n=80)

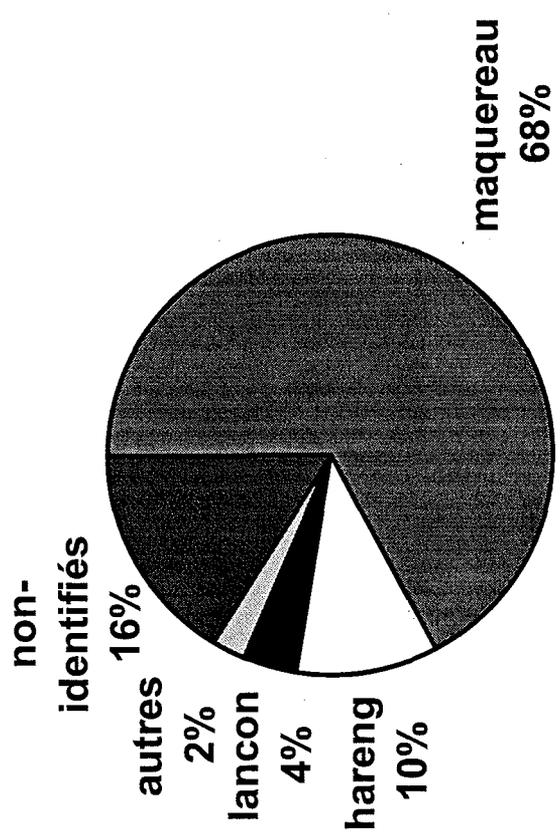


Figure 6- Comparaison de l'alimentation (% en masse consommée) du Fou de Bassan au mois d'août, en 1974 (d'après Taylor et Nettleship 1974) et 1995, à l'Île Bonaventure, Québec.

1995 est probablement constituée de maquereau. Malheureusement l'échantillon de 1974 étant petit (n=22), la comparaison avec 1995 n'est valable qu'à titre indicatif.

Le Cormoran à aigrettes est une espèce généraliste, comme en font foi les nombreux types de proies faisant partie de son régime alimentaire. La comparaison entre son alimentation aux îles Sainte-Marie et dans l'estuaire démontre qu'il peut s'adapter à la disponibilité des proies: par exemple, le Capelan est sa principale proie dans l'estuaire, alors qu'aux îles Sainte-Marie c'est le lançon. La forte proportion des poissons non-identifiés est attribuable leur état de digestion avancé. L'identification sur place des proies (ou le plus tôt possible après la collecte des régurgitations) pourrait peut-être empêcher les contenus stomacaux de se détériorer davantage avant l'analyse.

Également un généraliste, le Goéland argenté semble néanmoins avoir concentré ses efforts dans la capture du Capelan en 1995: son régime alimentaire était moins diversifié qu'en 1994, et le Capelan constituait l'essentiel (83% du volume) des proies. Pour l'instant, ce changement est plutôt difficile à expliquer, bien que le régime alimentaire des goélands peut être très variable d'une année à l'autre (Pierotti et Annett 1990). Cependant, il est possible qu'avec une grande disponibilité du Capelan en 1995, les goélands n'ont pas eu à chercher de proies alternatives; la capture d'euphausides par exemple est sans doute moins « rentable » compte tenu de la taille minuscule et de la valeur nutritive moins élevée de ce crustacé. En comparaison cependant, l'alimentation du Cormoran à aigrettes de l'estuaire n'a pas subi la même variation interannuelle entre 1994 et 1995, puisque la proportion de Capelan consommée est demeurée presque inchangée. Par ailleurs, le Cormoran à aigrettes se nourrit en plongeant alors que le Goéland argenté se nourrit en surface. Il est donc possible qu'un facteur affectant la disponibilité du Capelan en surface (donc n'affectant pas le cormoran) puisse expliquer la variation de l'alimentation du Goéland argenté entre 1994 et 1995. Pour vérifier cette

hypothèse, il faudrait cependant poursuivre la cueillette de données dans les prochaines années, et tenter de relier ces changements avec d'autres facteurs comme la température de la surface de l'eau par exemple.

Pour ce qui est de l'alimentation du Goéland argenté à Carleton, nous ne possédons malheureusement pas de données antérieures ou même de sites adjacents permettant de comparer nos résultats préliminaires. Simplement, le régime alimentaire de cette espèce est plus varié à Carleton qu'aux autres sites échantillonnés dans le cadre de cette étude.

Contrairement au Goéland argenté, le Goéland à manteau noir de l'estuaire s'est très peu nourri d'autres choses que de poisson en 1994, mis à part quelques lombrics. Vu le petit échantillon obtenu en 1995, la légère variation dans la composition du régime alimentaire entre 1994 et 1995 a très peu de signification.

On peut comparer les données sur l'alimentation du Petit Pingouin des îles Sainte-Marie en 1995 avec celles obtenues au même site en 1990, 1991, et 1992 par Chapdelaine et Brousseau (1996). Quelle que soit l'année, le régime alimentaire est essentiellement composé de lançon et de Capelan (figure 7). Par contre, l'abondance de ces deux espèces semblent avoir changé au cours de cette période, car la proportion de Capelan (en masse) est passée de 53% en 1990 à 69% en 1992, puis à 82% en 1995. Vu la taille considérable des échantillons, on peut penser qu'un réel changement est en cours dans l'écosystème, du moins à l'échelle locale. On peut supposer que le Capelan a augmenté durant cette période. L'utilisation de bioindicateurs supplémentaires (d'autres paramètres et des espèces différentes) permettrait probablement d'élucider cette question. Présentement, l'explication la plus plausible est que le déclin des stocks de morue (un prédateur important du Capelan) aurait favorisé une surabondance du Capelan (Chapdelaine et Brousseau 1989; 1991). La forte productivité de cette colonie

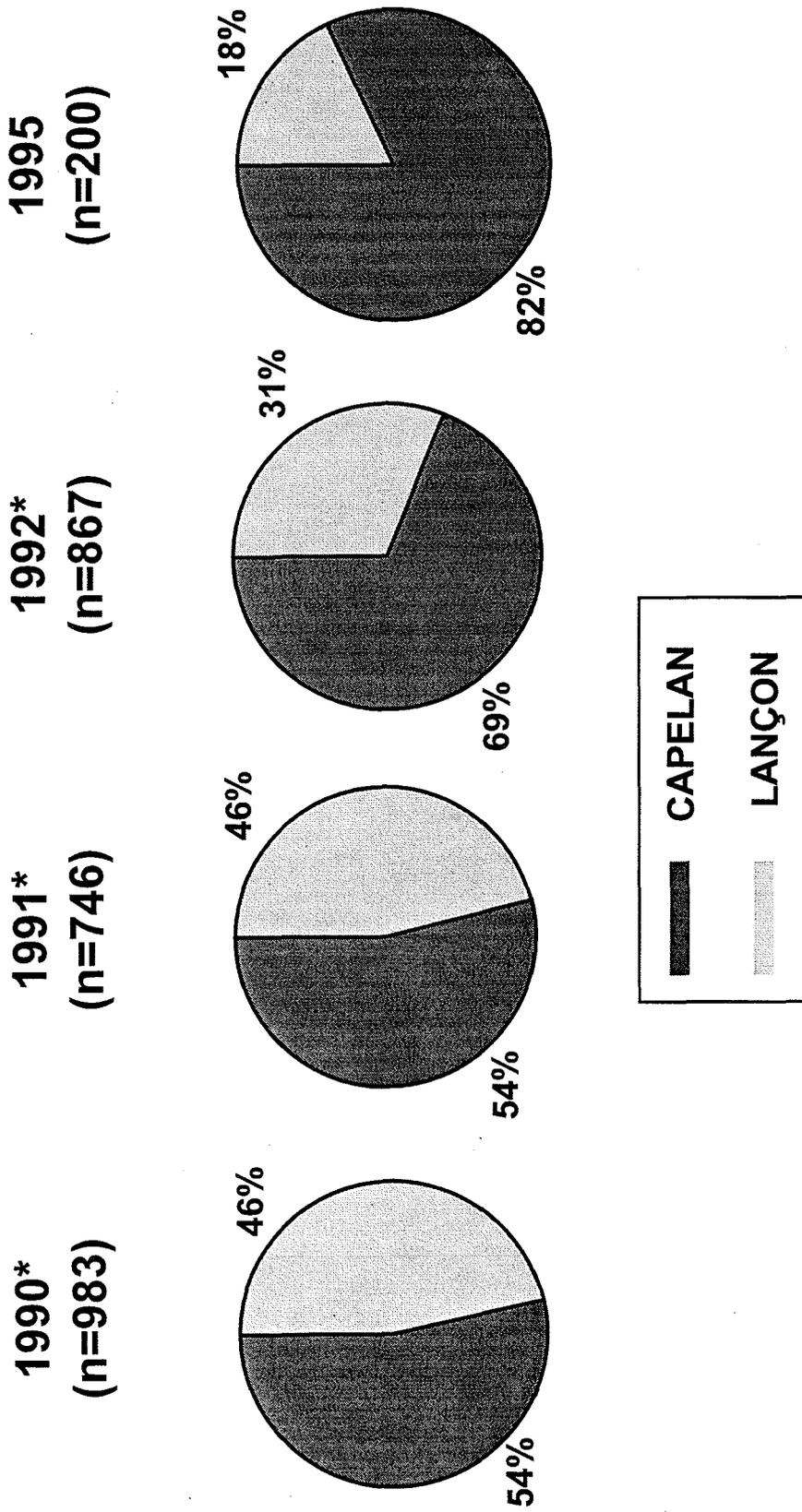


Figure 7 - Variation interannuelle de l'alimentation du Petit Pingouin (% masse consommée) aux Îles Ste-Marie, Basse Côte-Nord, de 1990 à 1995. Les données des années marquées d'un astérisque (*) sont tirées de l'étude de Chapdelaine et Brousseau (1996).

de pingouins semble du moins indiquer que la nourriture est abondante pour l'élevage des jeunes (Chapdelaine et Brousseau 1996).

4-Proposition pour un réseau de bioindicateurs

4.1-Sélection des espèces bioindicatrices

Sept espèces au total (sur 19) ont été choisies pour représenter nos bioindicateurs du milieu marin. Il s'agit du Fou de Bassan, du Cormoran à aigrettes, du Goéland argenté, du Goéland à manteau noir, de la Mouette tridactyle, des Sternes pierregarin et arctique, et du Petit Pingouin. La sélection s'est basée sur plusieurs critères. Tout d'abord, certaines espèces sont difficiles à étudier soit à cause de leur comportement (ex: les marmettes), leur site de nidification peu accessible (ex: le Macareux moine, la Marmette de Brünnich), ou leur faible abondance ou densité (ex: la Sterne caspienne, la Mouette rieuse, le Huart à gorge rousse). Également, nous voulions choisir des espèces bioindicatrices pour les principales espèces de poissons fourragers du golfe et de l'estuaire soit le lançon et le Capelan, ainsi que pour des espèces d'intérêt commercial comme le hareng et le maquereau. Les espèces n'étant pas principalement piscivores (le Pétrel cul-blanc et l'Eider à duvet) ont été rejetées. De plus, il apparaissait important d'inclure plusieurs espèces aux exigences écologiques différentes: des espèces au régime alimentaire spécialisé (le Petit Pingouin et le Fou de Bassan) et des généralistes (les goélands); des plongeurs (le Cormoran à aigrettes et le Petit Pingouin) et des espèces s'alimentant en surface (les 4 laridés); des espèces s'alimentant sur de grandes distances (ex: le Fou de Bassan) et à proximité (ex: la Sterne Pierregarin) des colonies. Finalement, les espèces devaient de préférence se retrouver dans plusieurs sites pour nous permettre de comparer les résultats entre les sites (une exception fut faite pour le Fou de Bassan, à cause de l'intérêt pour le suivi du maquereau). Il apparaissait avantageux de sélectionner les espèces d'oiseaux de mer ayant fait l'objet de l'étude

préliminaire ou de d'autres études réalisées dans l'estuaire ou le golfe, dans l'optique que ces données de base fourniraient déjà un point de comparaison.

4.2-Plan d'échantillonnage proposé

Dans l'exercice de l'élaboration de notre plan d'échantillonnage, il fallait choisir des sites représentatifs de l'écosystème et propices à l'étude des oiseaux marins. Pour ce faire, nous avons identifié les secteurs du Saint-Laurent privilégiés par les oiseaux marins, selon un indice combiné de diversité et d'abondance (θ) des oiseaux de mer (Chanter et Owen 1976; voir figure 8). D'après cet indice, les quatre secteurs ayant la diversité et l'abondance d'oiseaux marins les plus élevés sont: l'île Bonaventure, rochers aux Oiseaux (Iles-de-la-Madeleine), l'archipel des îles Sainte-Marie et l'archipel des Sept Iles (Côte-Nord; figure 9).

Pour des raisons de logistiques (et incidemment d'ordre économique), le secteur des Iles-de-la-Madeleine n'a pas été retenu comme zone d'étude dans le réseau proposé. D'autre part, le golfe du Saint-Laurent sera tout de même bien représenté par les trois autres sites. Mentionnons que l'île du Corossol (archipel des Sept Iles), l'île Bonaventure et les îles Sainte-Marie avaient été suggérés parmi les meilleurs sites de biomonitoring du golfe par le Comité des Oiseaux Marins du Service canadien de la faune (CWS Seabird Committee 1995). Par ailleurs, nous avons tenu à rajouter l'estuaire dans la planification du réseau: le suivi de l'état de santé de l'estuaire nous apparaît tout aussi important que celui du golfe. Aussi, plusieurs régions de l'estuaire, tout en n'étant pas parmi les 4 sites les plus privilégiés (mentionnés plus haut), possèdent néanmoins une abondance et une biodiversité importante d'oiseau marins (figure 8). De plus ces secteurs sont accessibles beaucoup plus facilement, et l'on possède déjà des informations pertinentes sur quelques colonies. Nous avons donc

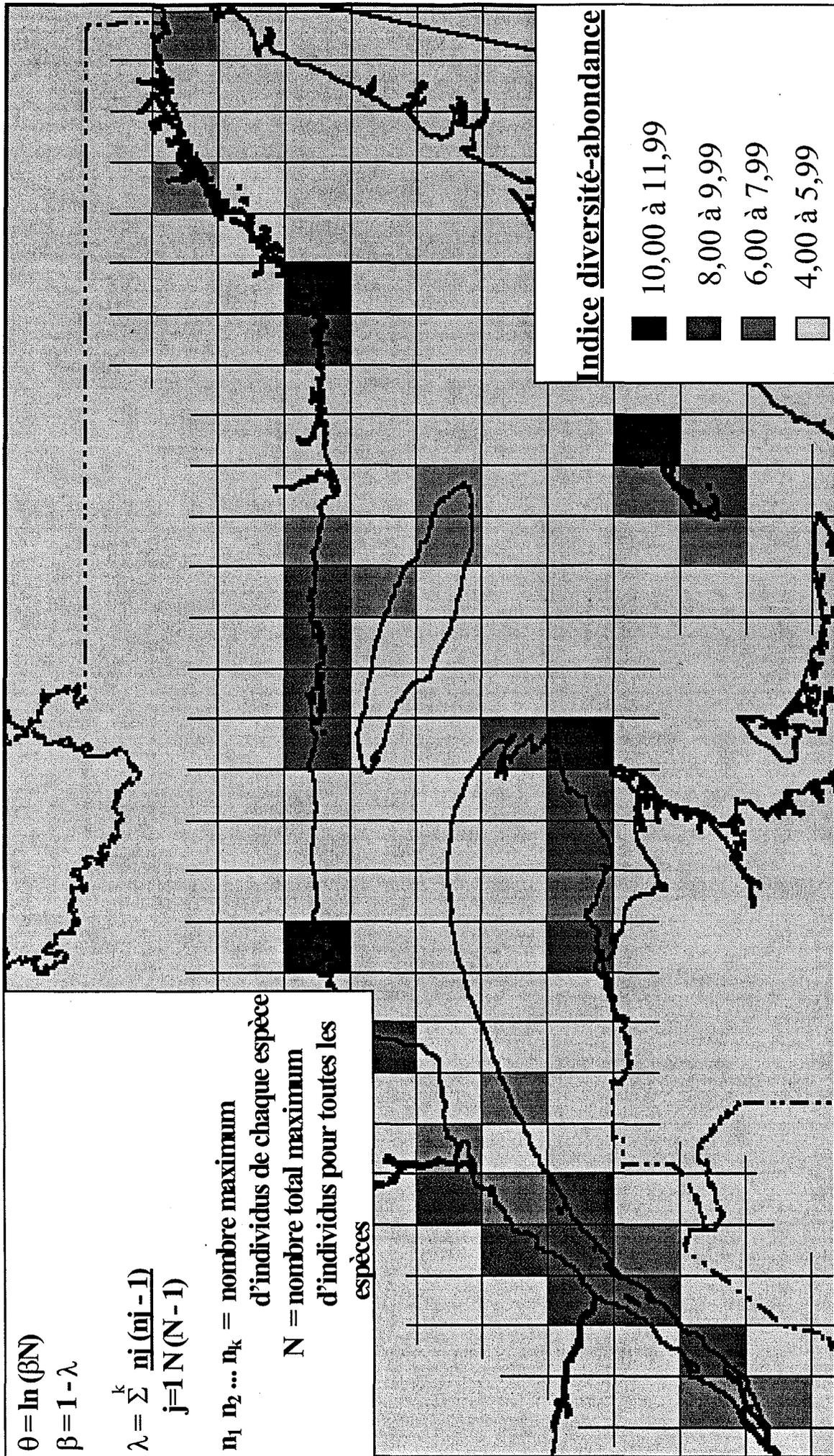


Figure 8- Secteurs privilégiés par les oiseaux marins dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.

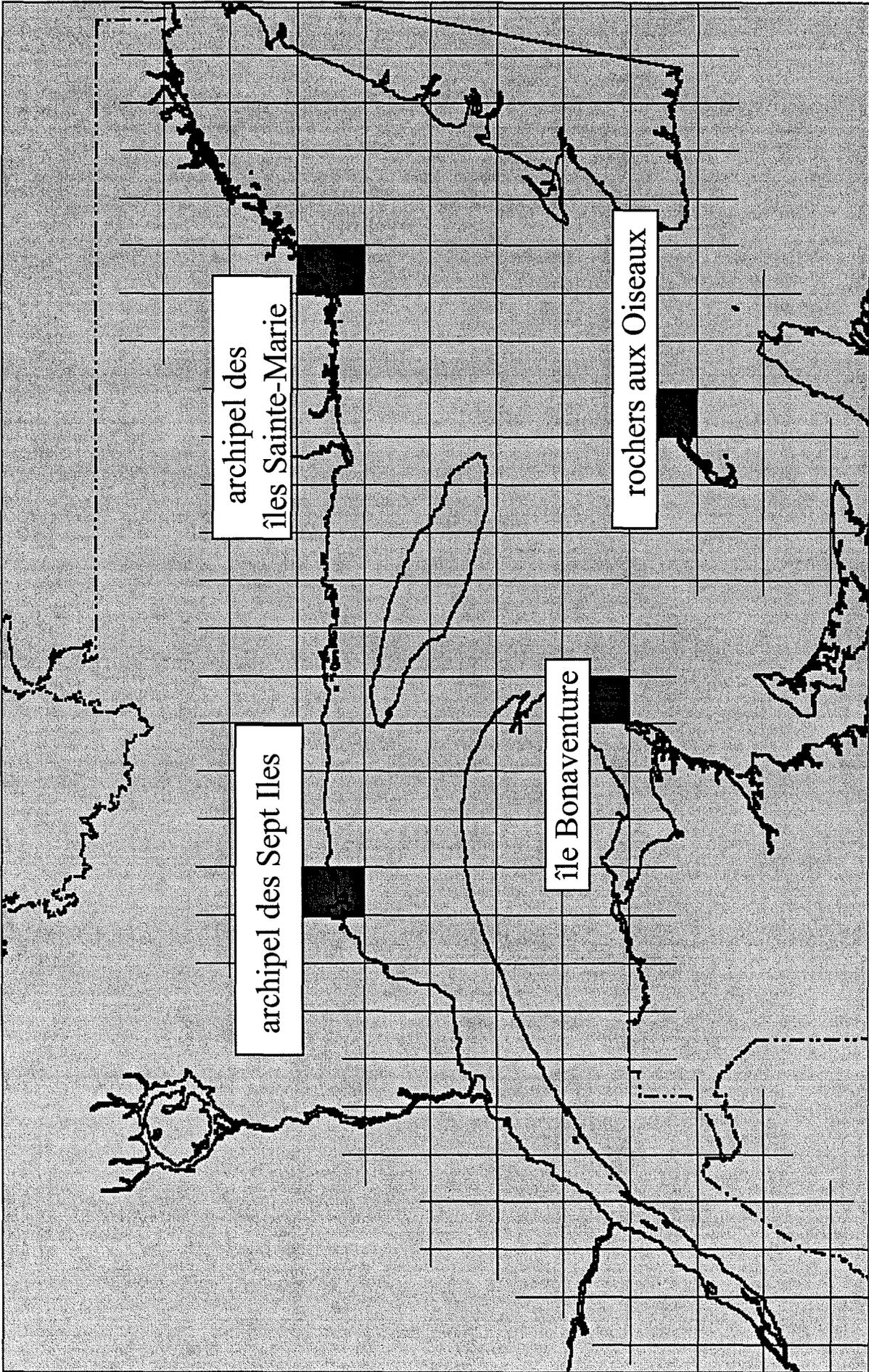


Figure 9- Secteurs où la diversité et l'abondance des oiseaux marins du Saint-Laurent sont le plus élevées.

choisi d'inclure dans le réseau le secteur des îles près de Montmagny (les îles Pèlerins, l'archipel de Kamouraska, la batture aux Alouettes, etc.) ainsi que l'île Bicquette. La sélection de sites bien connus est également avantageuse étant donné l'information déjà disponible sur ces colonies.

Les paramètres qui feront l'objet d'un échantillonnage sont le régime alimentaire (proportion de chaque espèce-proie en masse/volume, en fréquence d'apparition et en fréquence numérique), le taux de croissance des jeunes, et la productivité (succès d'éclosion, succès d'envol, productivité nette). Ces paramètres ont été sélectionnés en raison de leur sensibilité aux changements dans l'environnement, et parce qu'on peut les obtenir facilement et avec un minimum de dérangement. Un résumé des activités prévues est présenté au tableau 11. D'autres paramètres (voir annexe 20) ou espèces pourraient être ajoutés en cours de projet, au besoin.

-Pour le Fou de Bassan, la Mouette tridactyle, le Cormoran à aigrettes, le Goéland argenté et le Goéland à manteau noir: environ 25 régurgitations par jour, un minimum de deux jours consécutifs ou sinon rapprochés, et cela un minimum de trois fois durant la saison de reproduction (soit au début, au milieu, et vers la fin de l'élevage des jeunes, et possiblement 4 fois pour le Fou de Bassan dont la période d'élevage est sensiblement plus longue que pour les autres espèces).

-Pour le Petit Pingouin et les Sternes Pierregarin et arctique, un minimum de deux journées consécutives (si possible)(8 heures chacune) d'observation de l'alimentation des jeunes à partir d'une cache, et cela un minimum de trois fois durant la saison reproduction (soit au début, au milieu, et vers la fin de l'élevage des jeunes), ou encore

Tableau 11- Résumé des activités prévues (espèces, paramètres et sites à l'étude) en 1996 et 1997 dans le cadre de l'utilisation des oiseaux marins comme bio-indicateurs des écosystèmes du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent.

Site	Fou de Bassan	Mouette tridactyle	Goéland argenté	Goéland à manteau noir	Sternes pierregarin et arctique	Petit Pingouin	Cormoran à aigrettes
Iles Ste-Marie		Alimentation productivité croissance 1996-98	Alimentation productivité 1996-98	Alimentation productivité 996-98	Alimentation productivité croissance 1996-98	Alimentation productivité croissance 1996-98	Alimentation productivité 1996-98
Ile du Corossol		Alimentation productivité croissance 1996-98	Alimentation productivité 1996-98			Alimentation productivité croissance 1996-98	
Ile Bona-venture	Alimentation productivité 1996-98						
Estuaire		Alimentation productivité croissance 1997-98	Alimentation productivité 1997-98	Alimentation productivité 1997-98		Alimentation productivité croissance 1997-98	Alimentation productivité 1997-98

une séance d'alimentation tous les trois jours durant toute la période d'élevage des jeunes (7 à 10 séances), selon la localité (plus intensif aux îles Ste-Marie).

-Le succès d'éclosion des oeufs, le succès d'envol des jeunes, et le succès reproducteur net seront évalués par trois visites saisonnières (dans bien des cas de pair avec les séances d'alimentation) pour toutes les espèces (sauf avec le Fou de Bassan, car ces informations ont récemment été amassées à l'été 1993 à l'île Bonaventure).

-Le taux de croissance des poussins pourra être évalué chez le Petit Pingouin, la Sterne Pierregarin et la Sterne arctique aux îles Ste-Marie, qui sera la station de recherche principale. L'obtention de cette mesure comporte trop d'inconvénients avec les autres espèces, et les autres sites ne seront pas fréquentés assez assiduellement durant la saison de reproduction pour évaluer ce paramètre.

-L'inventaire général des colonies est réalisé à tous les 5 ans dans les refuges d'oiseaux migrateurs de la Côte-Nord depuis 1925, mais il pourrait facilement être effectué, pour toutes les colonies à l'étude, en même temps que les séances d'échantillonnage, ou encore à tous les deux ou trois ans.

-Dans certains cas, l'étude de d'autres paramètres comme le budget d'activité et les taux d'attente aux colonies pourra être entreprise en même temps que les séances d'alimentation.

-L'échantillonnage doit avoir lieu de préférence lors de journées ni pluvieuses, froides ou venteuses, pour minimiser l'influence possible des facteurs météorologiques sur l'alimentation, le budget d'activité, la croissance des jeunes, etc.

4.3-Méthodes utilisées

-Les mêmes méthodes seront utilisées pour toutes les espèces afin de déterminer les taux d'éclosion, de succès à l'envol et la productivité nette, et suivront la méthode décrite dans Chapdelaine et Brousseau (1996).

-Les inventaires de colonie se font de façon systématique, en comptant chaque nid.

-La récolte de régurgitations se fait simplement en approchant ou en manipulant les jeunes, ce qui provoque généralement la régurgitation. Cette opération doit se faire le matin de préférence, car c'est à ce moment que les taux d'alimentation sont les plus élevés, et les contenus stomacaux ont plus de chance d'être frais (moins digérés, Galbraith 1983; Chapdelaine et Brousseau 1996). Lorsqu'elles ne sont pas pesées et identifiées sur place, les régurgitations sont placées dans des sacs individuels et congelées ou encore fixées dans la formaline ou l'alcool, et conservées pour analyse ultérieure.

-La détermination du régime alimentaire par observation se fait à partir d'une cache, pour les espèces qui transportent la nourriture dans leur bec (les sternes et le Petit Pingouin). À chaque voyage de nourriture, on note le nombre de proies en identifiant ces dernières à l'espèce, et en notant la longueur de chaque proie relativement à la longueur du bec de l'oiseau (ou distance du bout du bec jusqu'à l'oeil, chez le Petit Pingouin). À

partir de cette mesure, on peut évaluer la masse des poissons, du moins pour les espèces bien connues comme le lançon et le Capelan (voir Chapdelaine et Brousseau 1996).

4.4-Analyse

L'analyse en laboratoire proposée du régime alimentaire est semblable à celle réalisée lors de l'étude préliminaire. Cependant, en étoffant la collection de référence de façon appropriée, il serait possible de réduire la proportions d'items non-identifiés, et d'apporter des précisions intéressantes: par exemple, effectuer un calcul rétrospectif de la longueur des poissons à partir de certaines pièces anatomique (otolithes, vertèbres) permettrait d'évaluer les classes d'âge (ex: Winters 1981).

Les données pourront être traitées sous plusieurs angles: les variations des paramètres peuvent être analysés en fonction des différentes échelles de temps, des différentes localités, de la température de l'eau, de l'âge des oisillons, etc.

4.5-Discussion générale

Une approche écosystémique est nécessaire afin de pouvoir développer des outils pouvant assurer la préservation de l'intégrité d'un écosystème ayant l'ampleur et la complexité du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent. Le réseau de bioindicateurs d'oiseaux marins que nous proposons est à notre avis un pas dans cette direction. Plusieurs espèces, sites et paramètres permettront de s'assurer que les données soient représentatives des variations dans le milieu, et de renforcer et nuancer l'interprétation d'éventuels changements (voir Montevecchi 1993b).

Par ailleurs il serait extrêmement intéressant de pouvoir comparer nos résultats parallèlement avec d'autres données: par exemple, avec des estimés indépendants de l'abondance des proies, la température de la surface de l'eau, la vitesse des vents, etc. Dans ce sens, une collaboration avec certains organismes serait profitable et souhaitable.

D'ailleurs, une collaboration sous la forme d'échanges de données de base entre Pêches et Océans Canada et le Service canadien de la faune est déjà en cours. De plus, les possibilités existent pour le suivi de d'autres espèces d'oiseaux marins et de d'autres ressources marines (voir section 1.2). Si certaines espèces-proies ou niveaux trophiques complémentaires suscitaient un intérêt particulier, il serait envisageable d'élargir le cadre du réseau proposé dans ce document.

Littérature citée

- Aebischer, N.J. 1986. Retrospective investigation of an ecological disaster in the Shag, *Phalacrocorax aristotelis*: a general method based on long-term marking. *Journal of Animal Ecology* **55**: 613-629.
- Anderson, D.W. et F. Gress 1984. Brown Pelicans and the anchovy fishery off southern California. Pages 128-135 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Anderson, D.W., F. Gress et K.F. Mais 1982. Brown pelicans: influence of food supply on reproduction. *Oikos* **39**: 23-31.
- Anonyme 1991. Rapport de l'atelier de travail sur l'océanographie chimique et la sédimentologie.. Pages 13-22 in J.C. Therriault (Ed.), Le Golfe du Saint-Laurent: petit océan ou grand estuaire? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. **113**, Ministère des Pêches et Océans, Ottawa.
- Anonyme 1994. Report of the study group of seabird/fish interactions. ICES, Doc. C. M. 1994/L:3
- Anonyme 1995. Report of the study group of seabird/fish interactions. ICES, Doc. C. M. 1994/L:34
- Ashmole, N.P. 1963. The regulation of numbers of tropical oceanic birds. *Ibis* **103**: 458-473.
- Bailey, R.S., R.W. Furness, J.A. Gauld et P.A. Kunzlik 1991. Recent changes in the population of the sandeel (*Ammodytes marinus* Raitt) at Shetland in relation to estimates of seabird predation. ICES marine Science Symposium **193**: 209-216.
- Baird, P.H. 1990. Influence of abiotic factors and prey distribution on diet and reproductive success of three seabird species in Alaska. *Ornis Scandinavica* **21**: 224-235.
- Barrett, R.T. et R.W. Furness 1990. The prey and diving depths of seabirds on Hornoy, North Norway after a decrease in the Barents Sea capelin stocks. *Ornis Scandinavica* **21**: 179-186.
- Barrett, R.T. et O.J. Runde 1980. Growth and survival of nestling Kittiwakes *Rissa tridactyla* in Norway. *Ornis Scandinavica* **11**: 228-235.
- Barrett, R.T., T. Anker-Nilssen, F. Rikardsen, K. Valde, N. Rov et W. Vader 1987. The food, growth and fledging success of Norwegian Puffin chicks *Fratercula arctica* in 1980-1983. *Ornis Scandinavica* **18**: 73-83.
- Barrett, R.T., N. Rov, J. Loen et W.A. Montevecchi 1990. Diets of shags *Phalacrocorax aristotelis* and cormorants *P. carbo* in Norway and possible implications for gadoid stock recruitment. *Marine Ecology Progress Series* **66**: 205-218.
- Bédard, J. 1969. Histoire naturelle du Gode (*Alca torda* L.) dans le golfe Saint-Laurent, province de Québec, Canada. Étude du Service Canadien de la Faune, région de Québec, No 7, 79 p.

- Bédard, J. et J. Munro 1977. Brood and crèche stability in the Common Eider of the St. Lawrence estuary. *Behaviour* **60**: 221-236.
- Bédard, J. et A. Nadeau 1994. L'Eider à duvet dans l'estuaire du Saint-Laurent: un plan de gestion (révisé: 1994). Société Duvetnor Ltée, rapport soumis à Canards Illimités (Canada), 64 p.
- Berruti, A., L.G. Underhill, P.A. Shelton, C. Moloney et R.J.M. Crawford 1993. Seasonal and interannual variation in the diet of two colonies of the Cape Gannet (*Morus capensis*) between 1977-78 and 1989. *Colonial Waterbirds* **16**: 158-175.
- Bertram, D.F. et G.W. Kaiser 1993. Rhinoceros Auklet (*Cerorhinca monocerata*) nestling diet may gauge Pacific sand lance (*Ammodytes hexapterus*) recruitment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **50**: 1908-1915.
- Birkhead, T.R. et D.N. Nettleship 1987. Ecological relationships between Common Murre, *Uria aalge*, and Thick-billed Murres, *Uria lomvia*, at the Gannet Islands, Labrador. III. Feeding ecology of the young. *Canadian Journal of Zoology* **65**: 1638-1649.
- Birt, V.L., T.P. Birt, D. Goulet, D.K. Cairns et W.A. Montevecchi 1987. Ashmole's halo: direct evidence for prey depletion by a seabird. *Marine Ecological Progress Series* **40**: 205-208.
- Blackwell, B.F., W.B. Krohn et R.B. Allen 1995. Foods of nestling Double-crested Cormorants in Penobscot Bay, Maine, USA: temporal and spatial comparisons. *Colonial Waterbirds* **18**: 199-208.
- Blanchard, K.A., G. Chapdelaine et J.F. Foley (soumis). Productivity of Red-throated Loons at selected sites in Wolf Bay on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence. *Journal of Field Ornithology* **00**: 000-000.
- Boersma, P.D. 1978. Breeding patterns of Galàpagos Penguins as an indicator of oceanographic conditions. *Science* **200**: 1481-1483.
- Bost, C.A. et Y. Le Maho 1993. Seabirds as bio-indicators of changing marine ecosystems: new perspectives. *Acta Oecologica* **14**: 463-470.
- Brousseau, P., J. Lefebvre et J.F. Giroux 1996. Diet of Ring-billed Gull chicks in urban and non-urban colonies in Québec. *Colonial Waterbirds* (sous presse)
- Brown, K.M. et P.J. Ewins 1996. Technique-dependant biases in determination of diet composition: an example with Ring-billed Gulls. *The Condor* **98**: 34-41.
- Brown, R.G.B. et D.N. Nettleship 1984. Capelin and seabirds in the northwest Atlantic. Pages 184-194 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Burger, A.E. et J. Cooper 1984. The effects of fisheries on seabirds in South Africa and Namibia. Pages 150-160 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.

- Burger, A.E. et J.F. Piatt 1990. Flexible time budgets in breeding Common Murres: buffers against variable prey abundance. *Studies in Avian Biology* **14**: 71-83.
- Burton, J. 1980. L'alimentation estivale du Fou de Bassan (*Sula bassana* L.) au Rocher aux Oiseaux, Iles-de-la-Madeleine, Québec. *Naturaliste Canadien* **107**: 289-291.
- Burton, J. et C. Pilon 1978. L'alimentation estivale du Grand Cormoran, du Cormoran à aigrettes, de la Sterne commune et du Fou de Bassan aux Iles de la Madeleine en relation avec les pêches commerciales. Rapport présenté à Pêches et Mer, Environnement Canada, 35 pages.
- Cairns, D.K. 1978. Some aspects of the biology of the Black Guillemot *Cephus grylle* in the estuary and the gulf of St. Lawrence. Thèse de Maîtrise, Université Laval, Ste-Foy, 85 p.
- Cairns, D.K. 1980. Nesting density, habitat structure and human disturbance as factors in Black Guillemot reproduction. *Wilson Bulletin* **92**: 352-361.
- Cairns, D.K. 1981. Breeding, feeding, and chick growth of the Black Guillemot (*Cephus grylle*) in Southern Quebec. *Canadian Field-Naturalist* **95**: 312-318.
- Cairns, D.K. 1987. Seabirds as indicators of marine food supplies. *Biological Oceanography* **5**: 261-271.
- Cairns, D.K. 1992. Population regulation of seabird colonies. *Current Ornithology* **9**: 37-61.
- Cairns, D.K. et D.C. Schneider 1990. Hot spots in cold water: feeding habitat selection by Thick-billed Murres. *Studies in Avian Biology* **14**: 52-60.
- Cairns, D.K., K.A. Bredin et W.A. Montevecchi 1987. Activity budgets and foraging ranges of breeding Common Murres. *Auk* **104**: 218-224.
- Cairns, D.K., G. Chapdelaine et W.A. Montevecchi 1991. Prey exploitation by seabirds in the Gulf of St. Lawrence. Pages 277-291 dans J.-C. Therriault (Ed.), The Gulf of St. Lawrence: small ocean of big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. **113**, Ministère des Pêches et Océans, Ottawa.
- Cantin, M., J. Bédard et H. Milne 1974. The food and feeding of Common Eiders in the St. Lawrence estuary in summer. *Canadian Journal of Zoology* **52**: 319-334.
- Carscadden, J.E. 1984. Capelin in the northwest Atlantic. Pages 170-183 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Castilla, A.M. et J. Jiménez-Pérez 1995. Relationships between fishery activities and presence of the Audouin's Gull (*Larus audouinii*) in the Columbretes Islands. *Colonial Waterbirds* **18**: 108-112.
- Centre Saint-Laurent 1993. Bilan Saint-Laurent: capsules-éclair sur l'état du Saint-Laurent. Conservation de l'environnement, Environnement Canada, Montréal.
- Centre Saint-Laurent (division connaissance de l'état de l'environnement) et Département de géographie de l'Université Laval 1991-. Atlas environnemental du Saint-Laurent. Montréal.

- Chadwick, M. et A. Sinclair 1991. Fisheries production in the Gulf of St. Lawrence. Pages 125-136 dans J.-C. Therriault (Ed.), The Gulf of St. Lawrence: small ocean of big estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. **113**, Ministère des Pêches et Océans, Ottawa.
- Chalifour, J. 1982. Alimentation, croissance et reproduction des Sternes commune (*Sterna hirundo L.*) et arctique (*S. paradisaea Pontopp.*) aux Iles-de-la-Madeleine, Québec. Thèse de Maîtrise, Université de Montréal, 135 p.
- Chanter, D.O. et D.F. Owen 1976. Nature reserves: a customer satisfaction index. *Oikos* **27**: 165-167.
- Chapdelaine, G. 1990. Interaction de l'industrie de la pêche et des oiseaux marins de la Basse Côte-Nord du Golfe Saint-Laurent. (Rapport non-publié).
- Chapdelaine, G. (soumis). Patterns of recoveries of ringed Razorbills (*Alca torda*) in western Atlantic and survival rates of adults and immatures. *Colonial Waterbirds* 00: 000-000.
- Chapdelaine, G. et P. Brousseau 1989. Size and trends of Black-legged Kittiwake (*Rissa tridactyla*) populations in the Gulf of St. Lawrence (Quebec) 1974-1985. *American Birds* **43**: 21-24.
- Chapdelaine, G. et P. Brousseau 1991. Thirteen census of seabird populations in the sanctuaries of the North Shore of the Gulf St. Lawrence, 1982-1988. *Canadian Field-Naturalist* **105**: 60-66.
- Chapdelaine, G. et P. Brousseau 1992. Distribution, abundance, and changes of seabird populations of the Gaspé Peninsula, Québec, 1979 to 1989. *Canadian Field-Naturalist* **106**: 427-434.
- Chapdelaine, G. et P. Brousseau 1996. Diet of Razorbill (*Alca Torda*) chicks and breeding success in the St.Mary's Islands, Gulf of St.Lawrence, Quebec, Canada (1990-92). In W.A. Montevecchi (Ed.), Studies of high-latitude seabirds. 4. Trophic relationships and energetics of endotherms in cold ocean systems. Occasional Paper (sous presse), Canadian Wildlife Service.
- Chapdelaine, G. et P. Laporte 1982. Population, reproductive success, and analysis of contaminants in Razorbills (*Alca torda*) in the estuary and Gulf of St. Lawrence, Quebec. *Canadian Wildlife Service Progress Notes* **129**: 1-10.
- Chapdelaine, G., P. Brousseau, R. Anderson et R. Marsan 1985. Breeding ecology of Common and Arctic Terns in the Mingan Archipelago, Québec. *Colonial Waterbirds* **8**: 166-177.
- Chapdelaine, G., P. Laporte et D.N. Nettleship 1987. Population, productivity and DDT contamination trends of Northern Gannets (*Sula bassanus*) at Bonaventure Island, Québec, 1967-1984. *Canadian Journal of Zoology* **65**: 2922-2926.
- Cleary, L. 1977. Succès de reproduction du Cormoran à aigrettes, *Phalacrocorax auritus A.* sur trois îles du Saint-Laurent, en 1975 et 1976. Thèse de Maîtrise, Université Laval, Ste-Foy.
- Coulson, J.C. et C.S. Thomas 1985. Changes in the biology of the Kittiwake *Rissa tridactyla*: a 31-year study of a breeding colony. *Journal of Animal Ecology* **54**: 9-26.

- Courtney, P.A. et H. Blokpoel 1980. Food and indicators of food availability for common terns on the lower Great Lakes. *Canadian Journal of Zoology* **58**: 1318-1323.
- Crawford, R.J.M. et B.M. Dyer 1995. Responses by four seabird species to a fluctuating availability of Cape Anchovy *Engraulis capensis* off South Africa. *Ibis* **137**: 329-339.
- Croxall, J.P., C. Ricketts et P.A. Prince 1984. Impact of seabirds on marine resources, especially krill, of South Georgia waters. Pages 285-317 in G.C. Whittow et H. Rahn (Eds.), Seabird energetics. Plenum Press, New York, London.
- CWS Seabird Committee 1995. Canadian Wildlife Service Seabird Committee 1995. Minutes of meeting held on 7-8 March 1995 at the Bedford Institute of Oceanography (Rapport non-publié).
- DesGranges, J.L. 1982. Weight growth of young Double-crested Cormorants in the St. Lawrence Estuary, Québec. *Colonial Waterbirds* **5**: 79-86.
- DesGranges, J.L. et R. Angers 1981. Considérations écologiques sur les goélands de l'Archipel de Montmagny en 1979. Service Canadien de la Faune, région de Québec, rapport inédit, 22 p.
- DesGranges, J.L., G. Chapdelaine et P. Dupuis 1984. Sites de nidification et dynamique des populations du Cormoran à aigrettes au Québec. *Canadian Journal of Zoology* **62**: 1260-1267.
- Diamond, A.W., A.J. Gaston et R.G.B. Brown 1993. Studies of high-latitude seabirds. 3. A model of the energy demands of the seabirds of eastern and Arctic Canada. *Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 77*.
- Duffy, D.C. 1983. Environmental uncertainty and commercial fishing: effects on peruvian guano birds. *Biological Conservation* **26**: 227-238.
- Duffy, D.C. et S. Jackson 1986. Diet studies of seabirds: a review of methods. *Colonial Waterbirds* **9**: 1-17.
- Duffy, D.C. et L.J.B. Laurenson 1983. Pellets of Cape Cormorants as indicators of diet. *Condor* **85**: 305-307.
- Duffy, D.C., R.P. Wilson et M.P. Wilson 1987. Spatial and temporal patterns of diet in the Cape Cormorant off Southern Africa. *The Condor* **89**: 830-834.
- Ellison, L.N. et L. Cleary 1978. Effects of human disturbance on breeding of Double-crested Cormorants. *The Auk* **95**: 510-517.
- Erskine, A.J. 1972. The Great Cormorants of eastern Canada. *Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 14*, 23 p.
- Franeker, J.A. 1992. Top predators as indicators for ecosystem events in the confluence zone and marginal ice zone of the Weddell and Scotia seas, Antarctica, November 1988 to January 1989 (EPOS Leg 2). *Polar Biology* **12**: 93-102.

- Furness, R.W. 1978. Energy requirements of seabird communities: a bioenergetics model. *Journal of Animal Ecology* **47**: 39-53.
- Furness, R.W. 1984. Modelling relationships among fisheries, seabirds, and marine mammals. Pages 117-126 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Furness, R.W. et R.T. Barrett 1985. The food requirements and ecological relationships of a seabird community in North Norway. *Ornis Scandinavica* **16**: 305-313.
- Furness, R.W. et J. Cooper 1982. Interactions between breeding seabird and pelagic fish populations in the southern Benguela region. *Marine Ecological Progress Series* **8**: 243-250.
- Galbraith, H. 1983. The diet and feeding ecology of breeding Kittiwakes *Rissa tridactyla*. *Bird Study* **30**: 109-120.
- Gaston, A.J., G. Chapdelaine et D.G. Noble 1983. The growth of Thick-billed Murre chicks at colonies in Hudson Strait: inter- and intra-colony variation. *Canadian Journal of Zoology* **61**: 2465-2475.
- Gauthier, J. et J. Bédard 1976. Les déplacements de l'Eider commun (*Somateria mollissima*) dans l'estuaire du St. Laurent. *Naturaliste Canadien* **103**: 261-283.
- Gauthier, J., J. Bédard et A. Reed 1976. Overland migration by Common Eiders of the St. Lawrence Estuary. *Wilson Bulletin* **88**: 333-334.
- Grenier, A. 1989. État des populations de Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*) de la réserve du parc national de l'archipel-de-Mingan. Service des parcs, Service de la conservation des ressources naturelles, 29 p.
- Guignion, D.L. 1967. A nesting study of the Common Eider (*Somateria mollissima dresseri*) in the St. Lawrence Estuary. Thèse de Maîtrise, Université Laval, Ste-Foy, 131 p.
- Guignion, D.L. 1968. Clutch size and incubation period of the American Eider (*Somateria mollissima dresseri*) on Brandypot Island. *Naturaliste Canadien* **95**: 1145-1152.
- Guillemette, M. 1991. Sélection de l'habitat et stratégies alimentaires chez l'Eider à duvet *Somateria mollissima* en hiver dans l'archipel de Mingan, golfe du Saint-Laurent. Thèse de Maîtrise, Université Laval, Ste-Foy, 116 p.
- Guillemette, M. 1993. État des populations de Sternes pierregarin (*Sterna hirundo*) de la Gaspésie et causes de l'insuccès de la reproduction en 1993. Rapport non-publié, présenté au Service Canadien de la Faune, région du Québec, 81 p.
- Guillemette, M., R.C. Ydenberg et J.H. Himmelman 1992. The role of energy intake rate in prey and habitat selection of Common Eiders *Somateria mollissima* in winter: a risk-sensitive interpretation. *Journal of Animal Ecology* **61**: 599-610.

- Guillemette, M., J.H. Himmelman, C. Barrette et A. Reed 1993. Habitat selection by Common Eiders in winter and its interaction with flock size. *Canadian Journal of Zoology* **71**: 1259-1266.
- Guillet, A. et R.W. Furness 1985. Energy requirement of a Great white pelican (*Pelecanus onocrotalus*) population and its impact on fish stocks. *Journal of Zoology (London)* **205**: 573-583.
- Hamer, K.C., R.W. Furness et R.D.W. Caldow 1991. The effects of changes in food availability on the breeding ecology of great skuas *Catharacta skua* in Shetland. *Journal of Zoology (London)* **223**: 175-188.
- Hanson, W.R. et F. Graybill 1956. Sample size in food-habits analyses. *Journal of Wildlife Management* **20**: 64-68.
- Harris, M.P. et R.S. Bailey 1992. Mortality rates of puffin *Fratercula arctica* and guillemot *Uria aalge* and fish abundance in the North Sea. *Biological Conservation* **60**: 39-46.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1990. Breeding success of british Kittiwakes *Rissa Tridactyla* in 1986-88; evidence for changing conditions in the northern North Sea. *Journal of Applied Ecology* **27**: 172-187.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1992. The importance of the lesser sandeel *Ammodytes marinus* in the diet of the Shag *Phalacrocorax aristotelis*. *Ornis Scandinavica* **22**: 375-382.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1993. The diet of Shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick-rearing period assessed by three methods. *Bird Study* **40**: 135-139.
- Hatch, S.A. et M.A. Hatch 1990. Components of breeding productivity in a marine bird community: key factors and concordance. *Canadian Journal of Zoology* **68**: 1680-1690.
- Hatch, S.A. et G.A. Sanger 1992. Puffins as samplers of juvenile pollock and other forage fish in the Gulf of Alaska. *Marine Ecological Progress Series* **80**: 1-14.
- Haycock, K.A. et W. Threlfall 1975. The breeding biology of the Herring Gull in Newfoundland. *The Auk* **92**: 678-697.
- Hislop, J.R.G. et M.P. Harris 1985. Recent changes in the food of young Puffins *Fratercula arctica* on the Isle of May in relation to fish stocks. *Ibis* **127**: 234-239.
- Hunt, G.L., Jr. et D.C. Schneider 1987. Scale-dependant processes in the physical and biological environment of marine birds. Pages 7-41 in J.P. Croxall (Ed.), Seabirds, feeding ecology and role in marine ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hunt, G.L., Jr., N.M. Harrison et R.T. Cooney 1990. The influence of hydrographic structure and prey abundance on foraging of Least Auklets. *Studies in Avian Biology* **14**: 7-22.
- Johnson, R.A. 1940. Present range, migration and abundance of the Atlantic murre in North America. *Bird-Banding* **11**: 1-17.
- Johnson, R.A. 1941. Nesting behaviour of the Atlantic murre. *The Auk* **58**: 153-163.

- Johnstone, I.G., M.P. Harris, S. Wanless et J.A. Graves 1990. The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study* **37**: 5-11.
- Kirkham, I.R., P.L. McLaren et W.A. Montevecchi 1985. The food habits and distribution of Northern Gannets, *Sula bassanus*, off eastern Newfoundland and Labrador. *Canadian Journal of Zoology* **63**: 181-188.
- Klomp, N.I. et R.W. Furness 1992. Non-breeders as a buffer against environmental stress: declines in numbers of Great Skuas on Foula, Shetland, and prediction of future recruitment. *Journal of Applied Ecology* **29**: 341-348.
- Lagrenade, M.-C. et P. Mousseau 1981. Alimentation des poussins de Goélands à bec cerclé de l'île de la Couvée, Québec. *Naturaliste Canadien* **108**: 131-138.
- Lefebvre, J. et J.F. Giroux 1993. Études du régime alimentaire du Goéland à bec cerclé à la réserve nationale de faune des îles de Contrecoeur. Université du Québec à Montréal, 17 p.
- Léger, C. et J. Burton 1979. L'alimentation estivale du Cormoran à aigrettes en relation avec la pêche au hareng aux îles de la Madeleine. Rapport présenté à Pêches et Mer, Environnement Canada, 38 pages.
- Léger, C. et R. McNeil 1987. Brood size and chick position as factors influencing feeding frequency, growth, and survival of nestling Double-crested Cormorants, *Phalacrocorax auritus*. *Canadian Field-Naturalist* **101**: 351-361.
- Lewis, H.F. 1929. The natural history of the Double-crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus auritus* (Lesson)). H.C. Miller (éd.), Ru-Mi-Lou Books, Ithaca, New York.
- Lock, A.R. et R.K. Ross 1973. The nesting of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and the Double-crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus*) in Nova Scotia in 1971. *Canadian Field-Naturalist* **87**: 43-49.
- MacAloney, R.K. 1973. Breeding ecology of the Common Eider (*Somateria mollissima dresseri*) in the Liscombe area of Nova Scotia. Thèse de Maîtrise, Acadia University, Wolfville, Nouvelle-Écosse.
- Martin, A.R. 1989. The diet of Atlantic Puffin *Fratercula arctica* and Northern Gannet *Sula bassana* chicks at a Shetland colony during a period of changing prey availability. *Bird Study* **36**: 170-180.
- McNeil, R. et C. Léger 1987. Nest-site quality and reproductive success of early- and late-nesting Double-crested Cormorants. *Wilson Bulletin* **99**: 262-267.
- Milne, H. et A. Reed 1974. Annual production of fledged young from the eider colonies of the St. Lawrence estuary. *Canadian Field-Naturalist* **88**: 163-169.
- Moisan, G. et J.M. Poulin 1967. Déplacements saisonniers et taux de mortalité du Goéland argenté *Larus argentatus* des îles Razades, Québec. *Naturaliste Canadien* **94**: 421-435.

- Monaghan, P., J.D. Uttley, M.D. Burns, C. Thaine et J. Blackwood 1989a. The relationship between food supply, reproductive effort and breeding success in Arctic Terns *Sterna paradisaea*. *Journal of Animal Ecology* **58**: 261-274.
- Monaghan, P., J.D. Uttley et J.D. Okill 1989b. Terns and sandeels: seabird as indicators of changes in marine fish populations. *Journal of Fish. Biol.* **35A**: 339-340.
- Monaghan, P., J.D. Uttley et M.D. Burns 1992. Effect of changes in food availability on reproductive effort in Arctic Terns *Sterna paradisaea*. *Ardea* **80**: 71-81.
- Monaghan, P., P. Walton, S. Wanless, J.D. Uttley et M.D. Burns 1994. Effects of prey abundance on the foraging behaviour, diving efficiency and time allocation of breeding Guillemots *Uria aalge*. *Ibis* **136**: 214-222.
- Montevecchi, W.A. 1993a. Seabird indication of squid stock conditions. *Journal of Cephalopod Biology* **2**: 57-63.
- Montevecchi, W.A. 1993b. Birds as indicators of change in marine prey stocks. Pages 217-266 in R.W. Furness et J.J.D. Greenwood (Eds.), Birds as monitors of environmental change. Chapman & Hall, London.
- Montevecchi, W.A. et R.T. Barrett 1987. Prey selection by Gannets at breeding colonies in Norway. *Ornis Scandinavica* **18**: 319-322.
- Montevecchi, W.A. et R.A. Myers 1992. Monitoring fluctuations in pelagic fish availability with seabirds. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee (CAFSAC) Res Doc 92/94, 20 pages.
- Montevecchi, W.A. et R.A. Myers 1995a. Prey harvest of seabirds reflect pelagic fish and squid abundance on multiple spatial and temporal scales. *Marine Ecology Progress Series* **117**: 1-9.
- Montevecchi, W.A. et R.A. Myers 1995b. Trends in seabird populations and feeding ecology in the northwest Atlantic. (manuscript non-publié)
- Montevecchi, W.A., V.L. Birt et D.K. Cairns 1988. Dietary changes of seabirds associated with local fisheries failures. *Biological Oceanography* **5**: 153-161.
- Mousseau, P. et M.C. Lagrenade 1979. Étude du succès de reproduction de la colonie de Goéland à bec cerclé du pont Champlain, Montréal. Rapport présenté au Service Canadien de la Faune, Centre de recherches écologiques de Montréal, 72 p.
- Mousseau, P. et M.C. Lagrenade 1980. Succès de reproduction et contaminants présents chez le Goéland à bec cerclé du sud-ouest du Québec. Rapport présenté au Service Canadien de la Faune, Centre de recherches écologiques de Montréal, 128 p.
- Munro, J. et J. Bédard 1977. Gull predation and creching behaviour in the common eider. *Journal of Animal Ecology* **46**: 799-810.
- Murphy, E.C., A.M. Springer et D.G. Roseneau 1991. High annual variability in reproductive success of Kittiwakes (*Rissa tridactyla* L.) at a colony in western Alaska. *Journal of Animal Ecology* **60**: 515-534.

- Neuman, J.A. 1993. Aspects of the behaviour and ecology of black-legged Kittiwakes, *Rissa tridactyla*, breeding at two sites in Newfoundland, 1990-1991. Thèse de Maîtrise, Memorial University of Newfoundland.
- Newsome, G.E. 1977. Use of opercular bones to identify and estimat lengths of prey consumed by piscivores. *Canadian Journal of Zoology* **55**: 733-736.
- Oro, D., M. Bosch et X. Ruiz 1995. Effects of a trawling moratorium on the breeding success of the Yellow-legged Gull *Larus cachinnans*. *Ibis* **137**: 547-549.
- Piatt, J.F. 1990. The aggregative response of Common Murres and Atlantic Puffins to schools of capelin. *Studies in Avian Biology* **14**: 36-51.
- Piatt, J.F. et D.N. Nettleship 1985. Diving depths of four alcids. *The Auk* **102**: 293-297.
- Piatt, J.F., D.N. Nettleship et W. Threlfall 1984. Net-mortality of Common Murres and Atlantic Puffins in Newfoundland, 1951-81. Pages 196-207in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Pierotti, R. et C.A. Annett 1990. Diet and reproductive output in seabirds. *BioScience* **40**: 568-574.
- Pilon, C., J. Burton et R. McNeil 1983a. Reproduction du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) et du Cormoran à aigrettes (*P. auritus*) aux Iles-de-la-Madeleine, Québec. *Canadian Journal of Zoology* **61**: 524-530.
- Pilon, C., J. Burton et R. McNeil 1983b. Summer food of the Great and Double-crested Cormorants on the Magdalen Islands, Quebec. *Canadian Journal of Zoology* **61**: 2733-2739.
- Pons, J.-M. 1992. Biologie de population du Goéland Argenté *Larus argentatus* et ressources alimentaires d'origine humaine. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris XI Orsay, France.
- Pons, J.-M. et P. Migot 1995. Life-history strategy of the herring gull: changes in survival and fecundity in a population subjected to various feeding conditions. *Journal of Animal Ecology* **64**: 592-599.
- Poulin, J.M. 1968. Reproduction du Fou de Bassan (*Sula bassana*) à l'Ile Bonaventure (Québec). Thèse de Maîtrise, Université Laval, Ste-Foy, 110 p.
- Quenneville, R. 1990. Monitoring des oiseaux marins du parc national de Forillon 1989. Service des parcs, Service de la conservation des ressources naturelles, parc national Forillon, 28 p.
- Razurel, É. 1994. Niveaux de contamination de la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) dans le système hydrographique du Saint-Laurent et son utilisation possible comme sonde bioanalytique. Thèse de Maîtrise, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, 96 p.
- Reed, A. 1975. Migration, homing, and mortality of breeding female Eiders *Somateria mollissima dresseri* of the St. Lawrence estuary, Quebec. *Ornis Scandinavica* **6**: 41-47.

- Reed, A. 1986. Les eiders au Canada. Service Canadien de la Faune, région du Québec, Série de rapports No 47, 177 p.
- Regehr, H. 1994. Breeding performance of Black-legged Kittiwakes on Great Island, Newfoundland, during periods of reduced food availability. Thèse de Maîtrise, Memorial University of Newfoundland.
- Rice, J.C. 1992. Multispecies interactions in marine ecosystems: current approaches and implications for study of seabird populations. Pages 586-601 in D.R. McCullough et R.H. Barrett (Eds.), Wildlife 2001: populations. Elsevier Applied Science, London, New York.
- Ricklefs, R.E., D. Duffy et M. Coulter 1984. Weight gain of Blue-footed Booby chicks: an indicator of marine resources. *Ornis Scandinavica* **15**: 162-166.
- Ryan, P.G. et S. Jackson 1986. Stomach pumping: is killing seabirds necessary? *The Auk* **103**: 427-428.
- Safina, C. et J. Burger 1988. Ecological dynamics among prey fish, Blue fish, and foraging Common Terns in an Atlantic coastal system. Pages 95-173 in J. Burger (Ed.), Seabirds and other marine vertebrates: competition, predation, and other interactions. Columbia University Press, New York.
- Safina, C., J. Burger, M. Gochfeld et R.H. Wagner 1988. Evidence for prey limitation of Common and Roseate Tern reproduction. *The Condor* **90**: 852-859.
- Saint-Laurent Vision 2000 1995. À notre santé, Saint-Laurent! Franc-Vert **12** (supplément).
- Schaffner, F.C. 1986. Trends in Elegant Tern and Northern Anchovy populations in California. *The Condor* **88**: 347-354.
- Service Canadien de la Faune 1992. Programme des oiseaux marins du SCF, 1972-1992. (Document non-publié).
- Springer, A.M., D.G. Roseneau, D.S. Lloyd, C.P. McRoy et E.C. Murphy 1986. Seabird responses to fluctuating prey availability in the eastern Bering Sea. *Marine Ecological Progress Series* **32**: 1-12.
- Straty, R.R. et R.E. Haight 1979. Interactions among marine birds and commercial fish in the Eastern Bering Sea. Pages 201-219 in J.C. Bartonek et D.N. Nettleship (Eds.), Conservation of marine birds of Northern North America. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C.
- Swennen, C. et P. Duiven 1977. Size of food objects of three fish-eating seabird species: *Uria aalge*, *Alca torda*, and *Fratercula arctica* (aves, alcidae). *Netherlands Journal of Sea Research* **11**: 92-98.
- Tasker, M.L., A. Webb, A.J. Hall, M.W. Pienkowski et D.R. Langslow 1987. Seabirds in the North Sea. Nature Conservancy Council, Peterborough.

- Taylor, P.S. et D.N. Nettleship 1974. The seabirds of Bonaventure Island, Percé Rock and area, Quebec, in summer 1974.
- Uttley, J.D. 1992. Food supply and allocation of parental effort in Arctic Terns *Sterna paradisaea*. *Ardea* **80**: 83-91.
- Uttley, J.D., P. Monaghan et S. White 1989. Differential effects of reduced sandeel availability on two sympatrically breeding species of tern. *Ornis Scandinavica* **20**: 273-277.
- Uttley, J.D., P. Walton, P. Monaghan et G. Austin 1994. The effect of food abundance on breeding performance and adult time budgets of Guillemots *Uria aalge*. *Ibis* **136**: 205-213.
- Vader, W., R.T. Barrett, K.E. Erikstad et K.-E. Strann 1990. Differential responses of Common and Thick-billed Murres to a crash in the Capelin stock in the southern Barents Sea. *Studies in Avian Biology* **14**: 175-180.
- Van Dijk, B. 1986. The breeding biology of eiders at Ile aux Pommes, Québec. Pages 30-38 dans A. Reed (Ed.), Les eiders au Canada. Service Canadien de la Faune, région de Québec, Série de rapports No 47, 177 p.
- Velarde, E., M.S. Tordesillas, L. Vieyra et R. Esquivel 1994. Seabirds as indicators of important fish populations in the Gulf of California. *CalCOFI report* **35**: 137-143.
- Wanless, S. et M.P. Harris 1992. Activity budgets, diet and breeding success of Kittiwakes *Rissa tridactyla* on the Isle of May. *Bird Study* **39**: 145-154.
- Wiens, J.A. 1984. Modelling the energy requirements of seabird populations. Pages 255-284 in G.C. Whittow et H. Rahn (Eds.), Seabird energetics. Plenum Press, New York, London.
- Wiens, J.A. et J.M. Scott 1975. Model estimation of energy flow in Oregon coastal seabird populations. *The Condor* **77**: 439-452.
- Wilson, R.P. 1984. An improved stomach pump for Penguins and other seabirds. *Journal of Field Ornithology* **55**: 109-112.
- Winters, G.H. 1981. Growth patterns in Sand lance, *Ammodytes dubius*, from the Grand Bank. *Canadian Journal of Fish. Aquat. Sci.* **38**: 841-846.

Autres références consultées

- Ainley, D.G., D.W. Anderson et P.R. Kelly 1981. Feeding ecology of marine cormorants in Southwestern North America. *Condor* **83**: 120-131.
- Ainley, D.G. et G.A. Sanger 1979. Trophic relations of seabirds in the Northeastern Pacific Ocean and Bering Sea. Pages 95-122 in J.C. Bartonek et D.N. Nettleship (Eds.), Conservation of marine birds of Northern North America. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C.
- Bailey, R.S. 1989. Interactions between fisheries, fish stocks and seabirds. *Marine Pollution Bulletin* **20**: 427-430.
- Baird, P.H. 1991. Optimal foraging and intraspecific competition in the tufted puffin. *The Condor* **93**: 503-515.
- Barrett, R.T. 1984. Comparative notes on eggs, chick growth and fledging of the Razorbill *Alca torda* in north Norway. *Seabird* **7**: 55-61.
- Beaman, M.A.S. 1978. The feeding and population ecology of the Great Black-backed Gull in northern Scotland. *Ibis* **120**: 126-127.
- Bertram, D.F., G.W. Kaiser et R.C. Ydenberg 1991. Patterns in the provisioning and growth of nestling Rhinoceros auklets. *The Auk* **108**: 842-852.
- Blake, B.F. 1984. Diet and fish stock availability as possible factors in the mass death of auks in the North Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **76**: 89-103.
- Bradstreet, M.S. 1980. Thick-billed murres and black guillemots in the Barrow Strait area, N.W. T., during spring: diets and food availability along ice edges. *Canadian Journal of Zoology* **58**: 2120-2140.
- Briggs, K.T., D.B. Lewis et G.L. Hunt, Jr. 1981. Brown Pelicans in southern California: habitat use and environmental fluctuations. *Condor* **83**: 1-15.
- Brousseau, P. et G. Chapdelaine 1987. Les oiseaux marins de l'archipel des Sept Iles (Golfe du Saint-Laurent, Québec). *Naturaliste Canadien* **114**: 177-186.
- Brown, B. 1993. A classification system of marine and estuarine habitats in Maine: an ecosystem approach to habitats. Part I: benthic habitats. Maine Natural Areas Program and Department of Economic and Community Development.
- Brown, R.G.B. 1991. Marine birds and climatic warming in the northwest Atlantic. Pages 49-54 in W.A. Montevecchi et A.J. Gaston (Eds.), Studies of high-latitude seabirds. 1. Behavioural, energetic, and oceanographic aspects of seabird feeding ecology. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 68.
- Burger, A.E. et M. Simpson 1986. Diving depths of Atlantic Puffins and Common Murres. *The Auk* **103**: 828-830.

- Cairns, D.K. 1987. Diet and foraging ecology of Black Guillemots in northeastern Hudson Bay. *Canadian Journal of Zoology* **65**: 1257-1263.
- Cairns, D.K. 1987. The ecology and energetics of chick provisioning by Black Guillemots. *The Condor* **89**: 627-635.
- Cairns, D.K. 1992. Bridging the gap between ornithology and fisheries science: use of seabird data in stock assessment models. *The Condor* **94**: 811-824.
- Cairns, D.K., K.A. Bredin et V.L. Birt 1987. A tunnel for hidden access to blinds at high latitude seabird colonies. *Journal of Field Ornithology* **58**: 69-72.
- Cairns, D.K., W.A. Montevecchi, V.L. Birt-Friesen et S.A. Macko 1990. Energy expenditures, activity budgets, and prey harvest of breeding Common Murres. *Studies in Avian Biology* **14**: 84-92.
- Carter, H.R. et S.G. Sealy 1984. Marbled Murrelet mortality due to gill-net fishing in Barkley Sound, British Columbia. Pages 212-220 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Chapdelaine, G. 1995. Fourteenth census of seabird populations in the sanctuaries of the North Shore of the Gulf of St. Lawrence, 1993. *Canadian-Field-Naturalist* **109**: 220-226.
- Craven, S.R. et E. Lev 1987. Double-crested Cormorants in the Apostle Islands, Wisconsin, USA: Population trends, food habits, and fishery deprecations. *Colonial Waterbirds* **10**: 64-71.
- Croxall, J.P. 1987. Seabirds; feeding ecology and role in marine ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dethlefsen, V. 1995. Biological changes in the German Bight of the North Sea as indicators of ecosystem health. Pages 153-177 in D.J. Rapport, C.L. Gaudet et P. Calow (Eds.), Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Drury, W.H. 1979. Population dynamics in Northern marine birds. Pages 123-139 in J.C. Bartonek et D.N. Nettleship (Eds.), Conservation of marine birds of Northern North America. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C.
- Duffy, D.C. et D.N. Nettleship 1992. Seabirds: management problems and research opportunities. Pages 525-546 in D.R. McCullough et R.H. Barrett (Eds.), Wildlife 2001: populations. Elsevier Applied Science, London, New York.
- Dunn, E.H. 1975. Caloric intake of nestling Double-crested Cormorants. *The Auk* **92**: 553-565.
- Dunn, E.K. 1973. Changes in fishing ability of terns associated with windspeed and sea surface conditions. *Nature* **244**: 520-521.

- Dunn, E.K. 1975. The role of environmental factors in the growth of tern chicks. *Journal of Animal Ecology* **44**: 743-754.
- Erikstad, K.E. et W. Vader 1989. Capelin selection by Common and Brunnich's Guillemots during the prelaying season. *Ornis Scandinavica* **20**: 151-155.
- Erwin, R.M. 1977. Foraging and breeding adaptations to different food regimes in three seabirds: the Common Tern, *Sterna hirundo*, Royal Tern, *Sterna maxima*, and Black Skimmer, *Rynchops niger*. *Ecology* **58**: 389-397.
- Fowler, J.A. et A.P. Dye 1987. Sandeels *Ammodytes marinus* in the diet of the Fulmar *Fulmarus glacialis* in Shetland, Scotland. *Seabird* **10**: 71-74.
- Frank, D. 1992. The influence of feeding conditions on food provisioning of chicks in Common Terns *Sterna hirundo* nesting in the German Wadden Sea. *Ardea* **80**: 45-55.
- Furness, R.W. 1982. Competition between fisheries and seabird communities. *Advances in Marine Biology* **20**: 225-307.
- Furness, R.W. 1984. Seabird biomass and food consumption in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin* **15**: 244-248.
- Furness, R.W. 1984. Seabirds-fisheries relationships in the northeast Atlantic and North Sea. Pages 162-169 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Furness, R.W. 1990. A preliminary assessment of the quantities of Shetland sandeels taken by seabirds, seals, predatory fish and the industrial fishery in 1981-83. *Ibis* **132**: 205-217.
- Furness, R.W. et A.E. Burger 1988. Effects of energy constraints on seabirds breeding at high latitudes. *Proceedings International Ornithological Congress* **19**: 1205-1215.
- Furness, R.W., K. Ensor et A.V. Hudson 1992. The use of fishery waste by gull populations around the British Isles. *Ardea* **80**: 105-113.
- Furness, R.W., A.V. Hudson et K. Ensor 1988. Interactions between scavenging seabirds and commercial fisheries around the British Isles. Pages 240-268 in J. Burger (Ed.), Seabirds and other marine vertebrates: competition, predation, and other interactions. Columbia University Press, New York.
- Furness, R.W. et P. Monaghan 1987. Seabird ecology. Blackie & Son Ltd, Glasgow, London.
- Gabrielsen, G.W., F. Mehlum et K.A. Nagy 1987. Daily energy expenditure and energy utilisation of free-ranging Black-legged Kittiwakes. *The Condor* **89**: 126-132.
- Gales, R.P. 1988. The use of otoliths as indicators of Little Penguin *Eudyptula minor* diet. *Ibis* **130**: 418-426.
- Gaston, A.J. 1985. Energy invested in reproduction by Thick-billed Murres (*Uria lomvia*). *The Auk* **102**: 447-458.

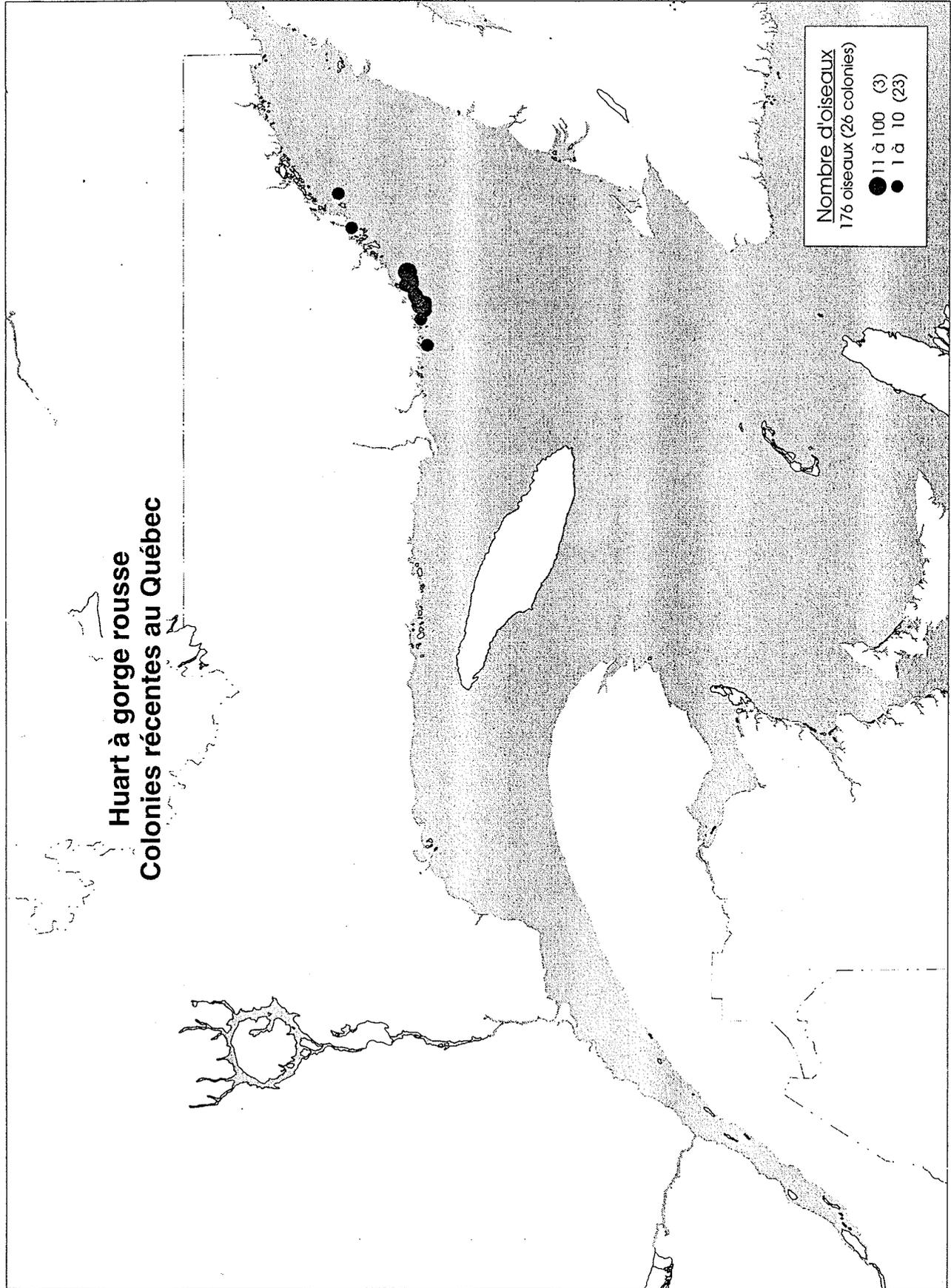
- Gaston, A.J. et R.D. Elliot 1991. Studies of high-latitude seabirds. 2. Conservation biology of Thick-billed Murres in the Northwest Atlantic. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 69.
- Gray, J.S. 1995. New approaches to the assessment of marine ecosystem health. Pages 127-135 in D.J. Rapport, C.L. Gaudet et P. Calow (Eds.), Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Harris, M.P. 1983. Biology and survival of the immature Puffin *Fratercula arctica*. Ibis **125**: 56-73.
- Harris, M.P. 1989. Variation in the correction factor used for converting counts of individual Guillemots *Uria aalge* into breeding pairs. Ibis **131**: 85-93.
- Harris, M.P. et J.R.G. Hislop 1978. The food of young Puffins *Fratercula arctica*. Journal of Zoology (London) **185**: 213-236.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1986. The food of young Razorbills on the Isle of May and a comparison with that of young Guillemots and Puffins. Ornis Scandinavica **17**: 41-46.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1988. The breeding biology of guillemots *Uria aalge* on the Isle of May over a six year period. Ibis **130**: 172-192.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1989. The breeding biology of Razorbills *Alca Torda* on the Isle of May. Bird Study **36**: 105-114.
- Harris, M.P. et S. Wanless 1995. The food consumption of young Common Murres (*Uria aalge*) in the wild. Colonial Waterbirds **18**: 209-213.
- Hatch, S.A. 1984. Nestling diet and feeding rates of Rhinoceros Auklets in Alaska. Pages 106-115 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Hatch, S.A. et M.A. Hatch 1990. Breeding seasons of oceanic birds in a subarctic colony. Canadian Journal of Zoology **68**: 1664-1679.
- Hedgren, S. 1981. Effects of fledging weight and time of fledging on survival of Guillemot *Uria aalge* chicks. Ornis Scandinavica **12**: 51-54.
- Hildén, M. 1995. An influence diagram approach to the diagnosis and management of the Baltic sea. Pages 241-256 in D.J. Rapport, C.L. Gaudet et P. Calow (Eds.), Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hislop, J.R.G., M.P. Harris et J.G.M. Smith 1991. Variation in the calorific value and total energy content of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) and other fish preyed on by seabirds. Journal of Zoology (London) **224**: 501-517.

- Howes, L.-A. et W.A. Montevecchi 1993. Population trends and interactions among terns and gulls in Gros Morne National Park, Newfoundland. *Canadian Journal of Zoology* **71**: 1516-1520.
- Hudson, A.V. et R.W. Furness 1989. The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland. *Ibis* **131**: 225-237.
- Hunt, G.L., Jr., Z.A. Eppley et D.C. Schneider 1986. Reproductive performance of seabirds: the importance of population and colony size. *The Auk* **103**: 306-317.
- Hunt, G.L., Jr. et M.W. Hunt 1976. Exploitation of fluctuating food resources by Western Gulls. *The Auk* **93**: 301-307.
- Hunt, G.L., Jr. et D.N. Nettleship 1988. Concluding remarks. *Proceedings International Ornithological Congress* **19**: 1218-1219.
- Hunt, G.L., Jr., J.F. Piatt et K.E. Erikstad 1991. How do foraging seabirds sample their environment? *Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici*: 2272-2279.
- Jarvis, M.J.F. 1974. The ecological significance of clutch size in the South African Gannet (*Sula capensis* (Lichtenstein)). *Journal of Animal Ecology* **43**: 1-17.
- Jones, L.L. et A.R. DeGange 1988. Interactions between seabirds and fisheries in the North Pacific Ocean. Pages 269-291 in J. Burger (Ed.), Seabirds and other marine vertebrates: competition, predation, and other interactions. Columbia University Press, New York.
- King, W.B., R.G.B. Brown et G.A. Sanger 1979. Mortality to marine birds through commercial fishing. Pages 195-199 in J.C. Bartonek et D.N. Nettleship (Eds.), Conservation of marine birds of Northern North America. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C.
- MacCall, A.D. 1984. Seabirds-fisheries trophic interactions in eastern Pacific boundary currents: California and Peru. Pages 136-148 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Madenjian, C.P. et S.W. Gabrey 1995. Waterbird predation on fish in western Lake Erie: a bioenergetics modes application. *The Condor* **97**: 141-153.
- Majkowski, J. et K.G. Waiwood 1981. A procedure for evaluating the food biomass consumed by a fish population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **38**: 1199-1208.
- Massias, A. et P.H. Becker 1990. Nutritive value of food and growth in Common Tern *Sterna hirundo* chicks. *Ornis Scandinavica* **21**: 187-194.
- Maunder, J.E. et W. Threlfall 1972. The breeding biology of th Black-legged Kittiwake in Newfoundland. *The Auk* **89**: 789-816.

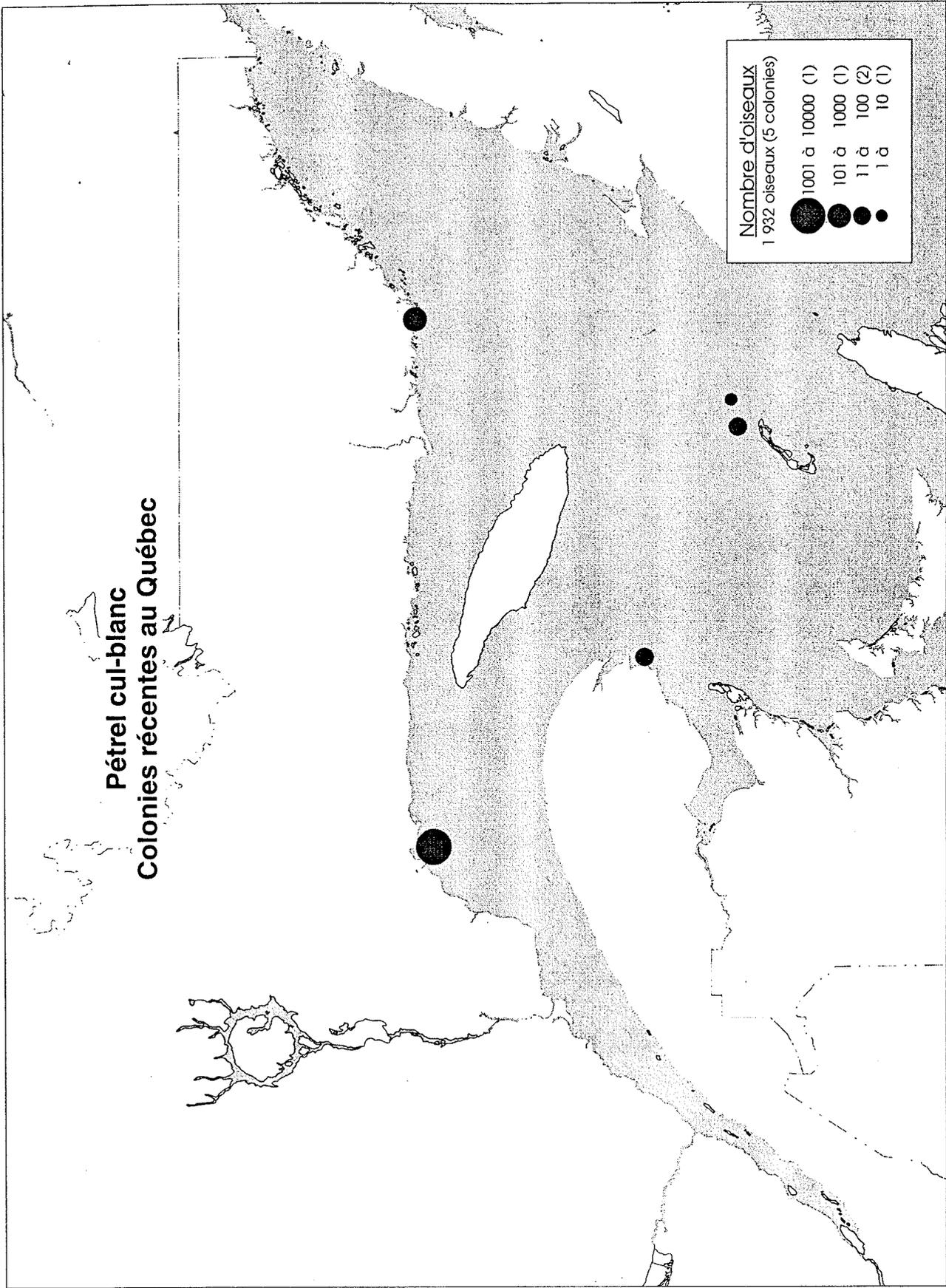
- Montevecchi, W.A. 1996. Introduction. In W.A. Montevecchi (Ed.), Studies of high-latitude seabirds. 4. Trophic relationships and energetics of endotherms in cold ocean systems. Canadian Wildlife Service Occasional Paper (sous presse).
- Montevecchi, W.A., V.L. Birt-Friesen et D.K. Cairns 1992. Reproductive energetics and prey harvest of Leach's Storm-petrels in the northwest Atlantic. *Ecology* **73**: 823-832.
- Montevecchi, W.A. et A.J. Gaston 1991. Studies of high-latitude seabirds. 1. Behavioural, energetic, and oceanographic aspects of seabird feeding ecology. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 68.
- Montevecchi, W.A. et R.A. Myers 1995. Dietary changes of seabirds indicate shifts in pelagic food webs. *Sarsia* **80**: 313-322.
- Montevecchi, W.A., R.E. Ricklefs, I.R. Kirkham et D. Gabaldon 1984. Growth energetics of nestling Northern Gannets (*Sula bassana*). *The Auk* **101**: 334-341.
- Nisbet, I.C.T. 1973. Courtship-feeding, egg-size, and breeding success in Common Terns. *Nature* **241**: 141-142.
- Nisbet, I.C.T. 1979. Conservation of marine birds of Northern North America- a summary. Pages 305-315 in J.C. Bartonek et D.N. Nettleship (Eds.), Conservation of marine birds of Northern North America. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C.
- Piatt, J.F. et D.G. Reddin 1984. Recent trends in the west Greenland salmon fishery, and implications for Thick-billed Murres. Pages 208-210 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Piatt, J.F., J.L. Wells, A. MacCharles et B.S. Fadely 1991. The distribution of seabirds and fish in relation to ocean currents in the southeastern Chukchi Sea. Pages 21-31 in W.A. Montevecchi et A.J. Gaston (Eds.), Studies of high-latitude seabirds. 1. Behavioural, energetic, and oceanographic aspects of seabird feeding ecology. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 68.
- Prince, P.A. et M.P. Harris 1988. Food and feeding ecology of breeding Atlantic alcid and penguins. *Proceedings International Ornithological Congress* **19**: 1195-1204.
- Rodway, M.S. 1994. Intra-colony variation in breeding success of Atlantic Puffins: an application of habitat selection theory. Thèse de Maîtrise, Memorial University of Newfoundland.
- Safina, C. et J. Burger 1988. Prey dynamics and the breeding phenology of Common Terns (*Sterna hirundo*). *The Auk* **105**: 720-726.
- Schneider, D.C., D.C. Duffy, A.D. MacCall et D.W. Anderson 1992. Seabird-fisheries interactions: evaluation with dimensionless ratios. Pages 602-615 in D.R. McCullough et R.H. Barrett (Eds.), Wildlife 2001: populations. Elsevier Applied Science, London, New York.

- Schneider, D. et G.L. Hunt 1984. A comparison of seabird diets and foraging distribution around the Pribilof Islands, Alaska. Pages 86-95 in D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Schreiber, R.W. et E.A. Schreiber 1984. Central Pacific seabirds and the El Nino southern oscillation: 1982 to 1983 perspectives. *Science* **225**: 713-716.
- Sherman, K. et D.A. Busch 1995. Assessment and monitoring of large marine ecosystems. Pages 385-430 in D.J. Rapport, C.L. Gaudet et P. Calow (Eds.), Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Springer, A.M. 1991. Seabird distribution as related to food webs and the environment: examples from the North Pacific Ocean. Pages 39-48 in W.A. Montevecchi et A.J. Gaston (Eds.), Studies of high-latitude seabirds. 1. Behavioural, energetic, and oceanographic aspects of seabird feeding ecology. Canadian Wildlife Service Occasional Paper No 68.
- Threlfall, W. 1968. The food of three species of gulls in Newfoundland. *Canadian Field-Naturalist* **82**: 176-180.
- Vermeer, K. et S.J. Westrheim 1984. Fish changes in diets of nestling Rhinoceros Auklets and their implications. Pages 96-105 dans D.N. Nettleship, G.A. Sanger et P.F. Springer (Eds.), Marine birds: their feeding ecology and commercial fisheries relationships. Canadian Wildlife Service, Ottawa, Canada.
- Vermeer, K. et R.C. Ydenberg 1989. Feeding ecology of marine birds in the Strait of Georgia. Pages 62-73 dans K. Vermeer et R.W. Butler (Eds.), The ecology and status of marine and shoreline birds in the Strait of Georgia, British Columbia. Special Publication of the Canadian Wildlife Service, Ottawa.
- Wanless, S. 1984. The growth and food of young Gannets *Sula bassana* on Aisla Craig. *Seabird* **7**: 62-70.
- Wanless, S., M.P. Harris et J.A. Morris 1991. Foraging range and feeding locations of Shags *Phalacrocorax aristotelis* during chick rearing. *Ibis* **133**: 30-36.
- Wanless, S., M.P. Harris et A.F. Russell 1993. Factors influencing food-load sizes brought in by Shags *Phalacrocorax aristotelis* during chick rearing. *Ibis* **135**: 19-24.
- Williams, R. 1995. Evaluation of new techniques for monitoring and assessing the health of large marine ecosystems. Pages 257-272 in D.J. Rapport, C.L. Gaudet et P. Calow (Eds.), Evaluating and monitoring the health of large-scale ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Williams, T.D. et J.P. Croxall 1990. Is fledging weight a good index of food availability in seabird populations? *Oikos* **59**: 414-416.
- Wilson, R.C.H., L.E. Harding et H. Hirvonen 1995. Marine ecosystem monitoring network design. *Ecosystem Health* **1**: 222-227.

**Huart à gorge rousse
Colonies récentes au Québec**

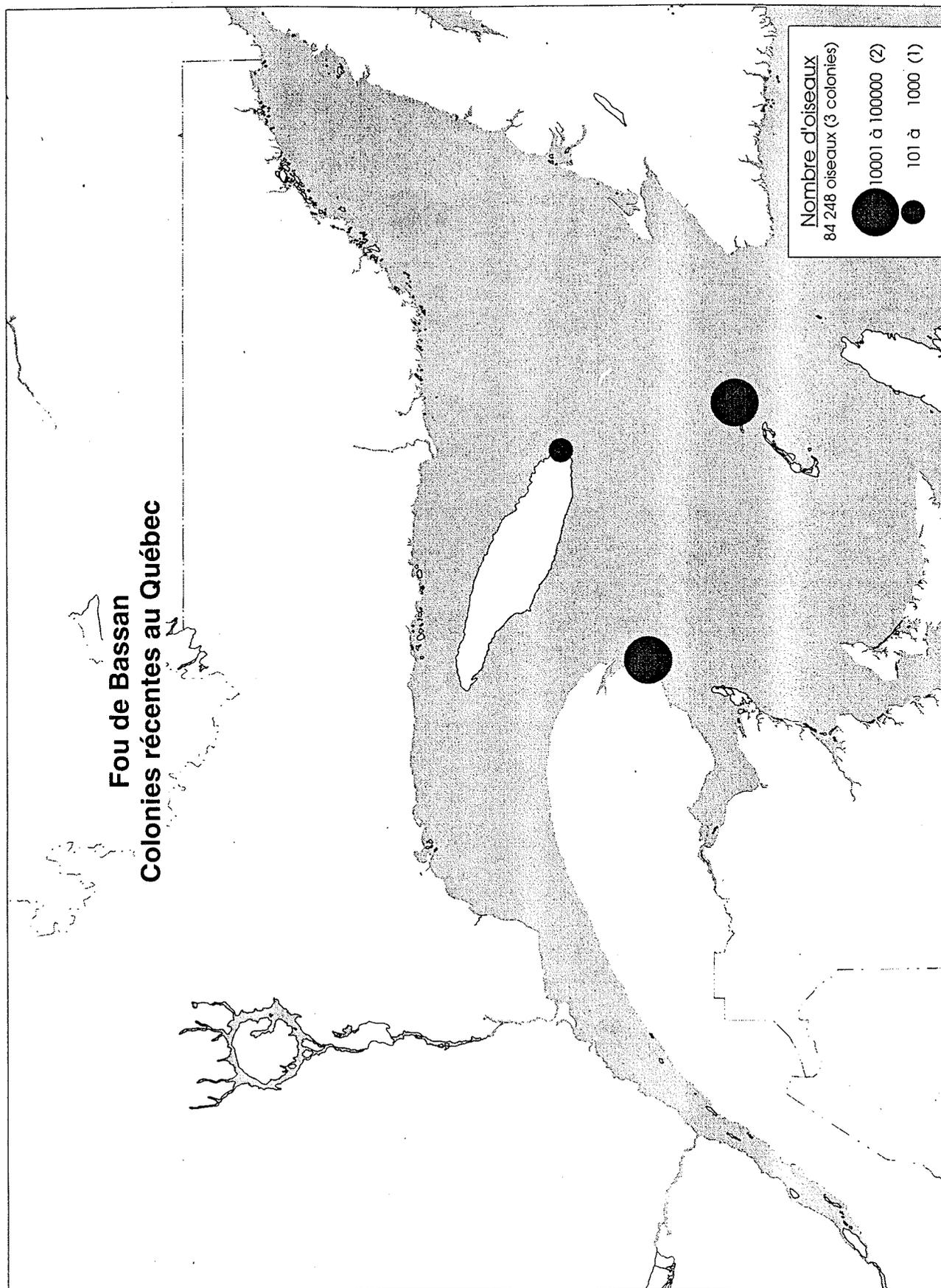


Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.



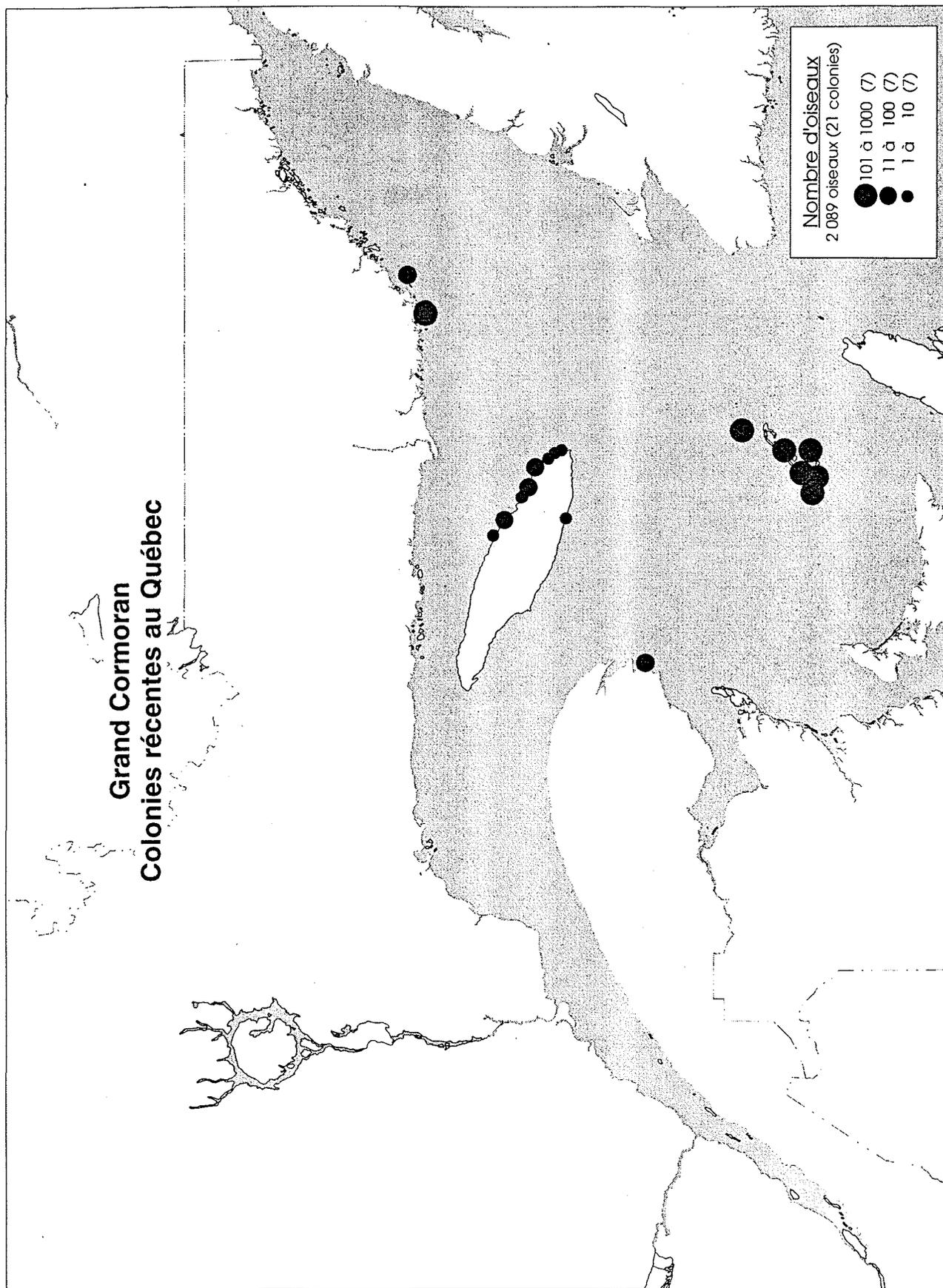
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 2



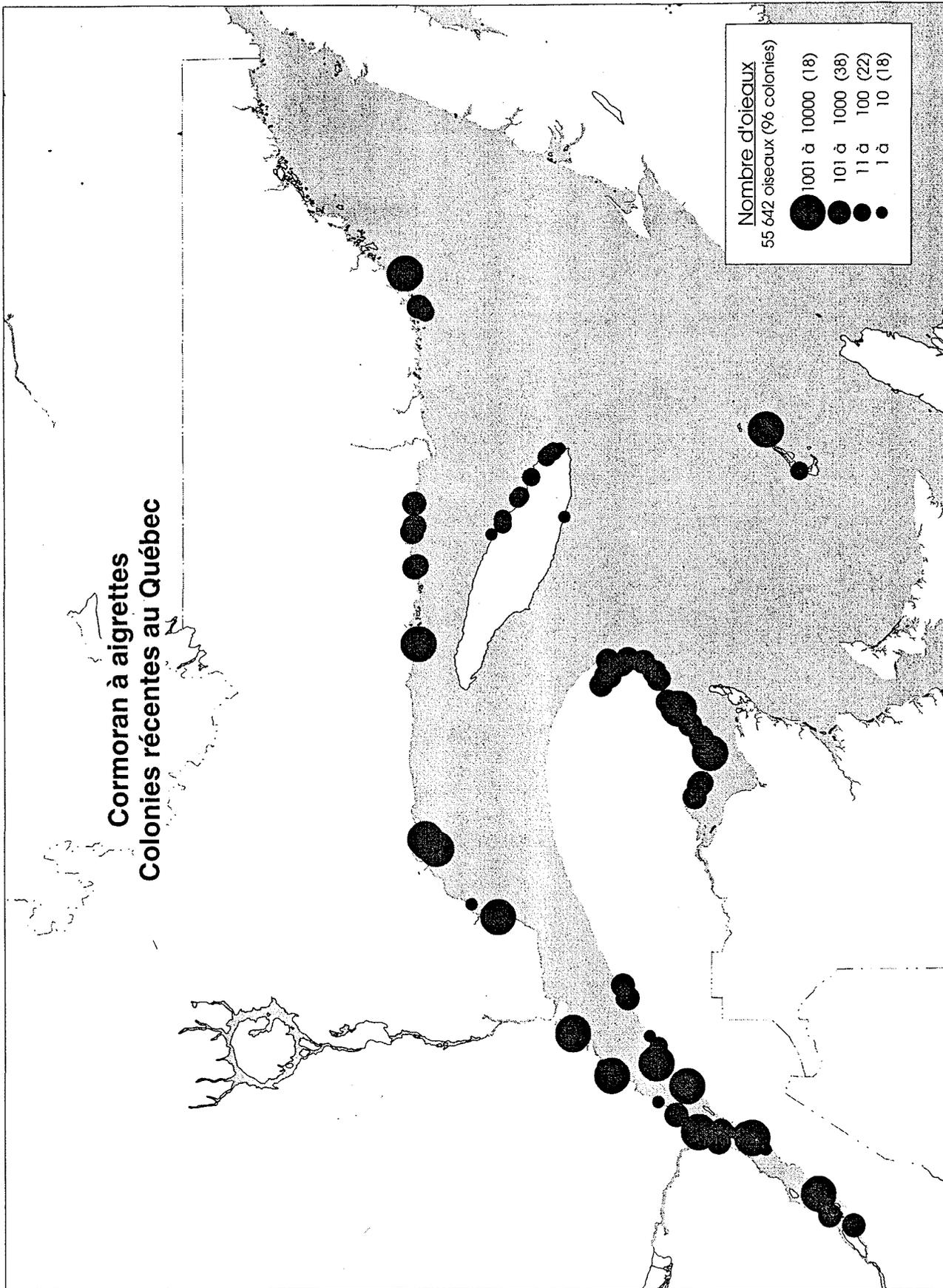
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 3



Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

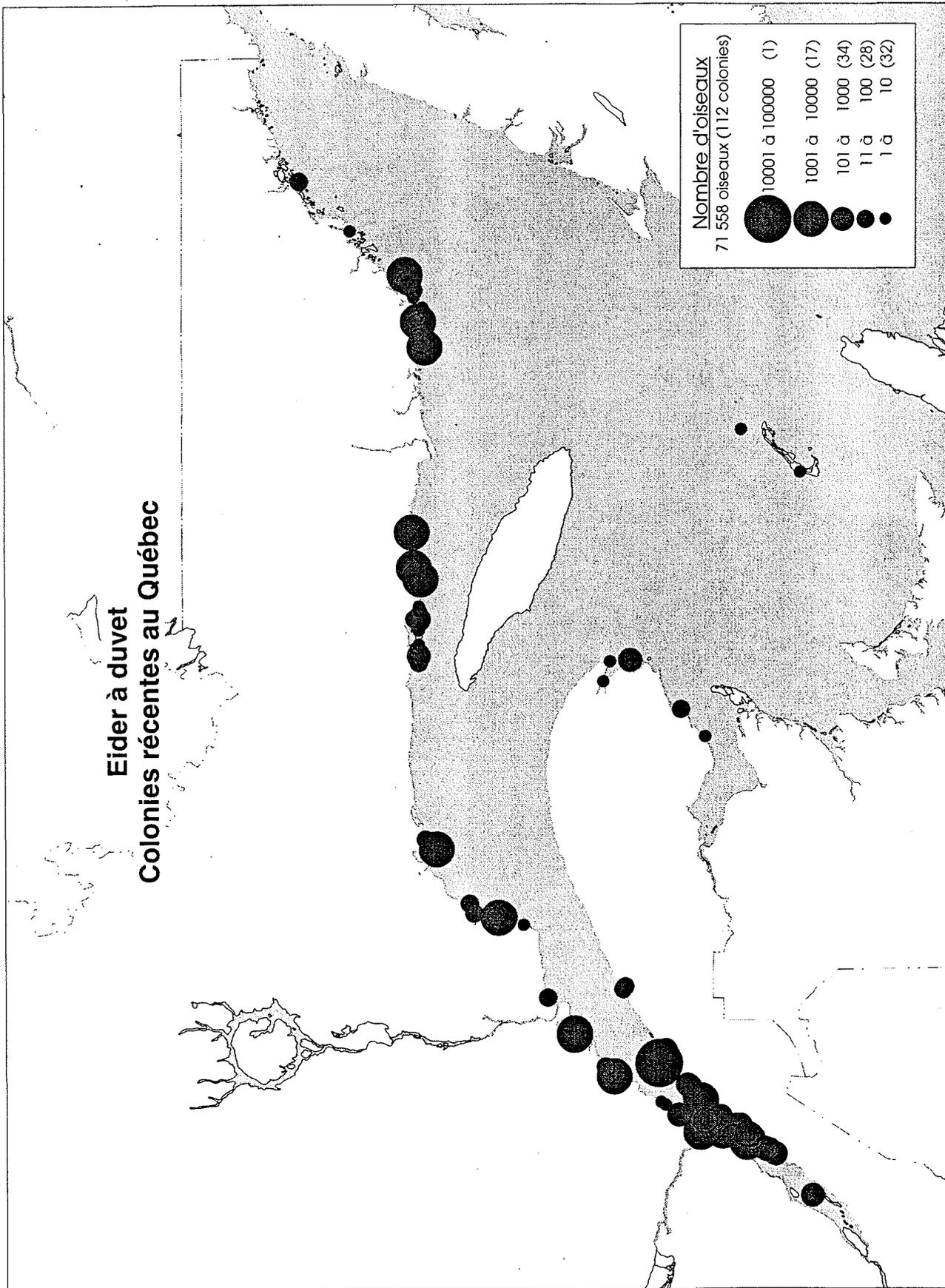
Annexe 4



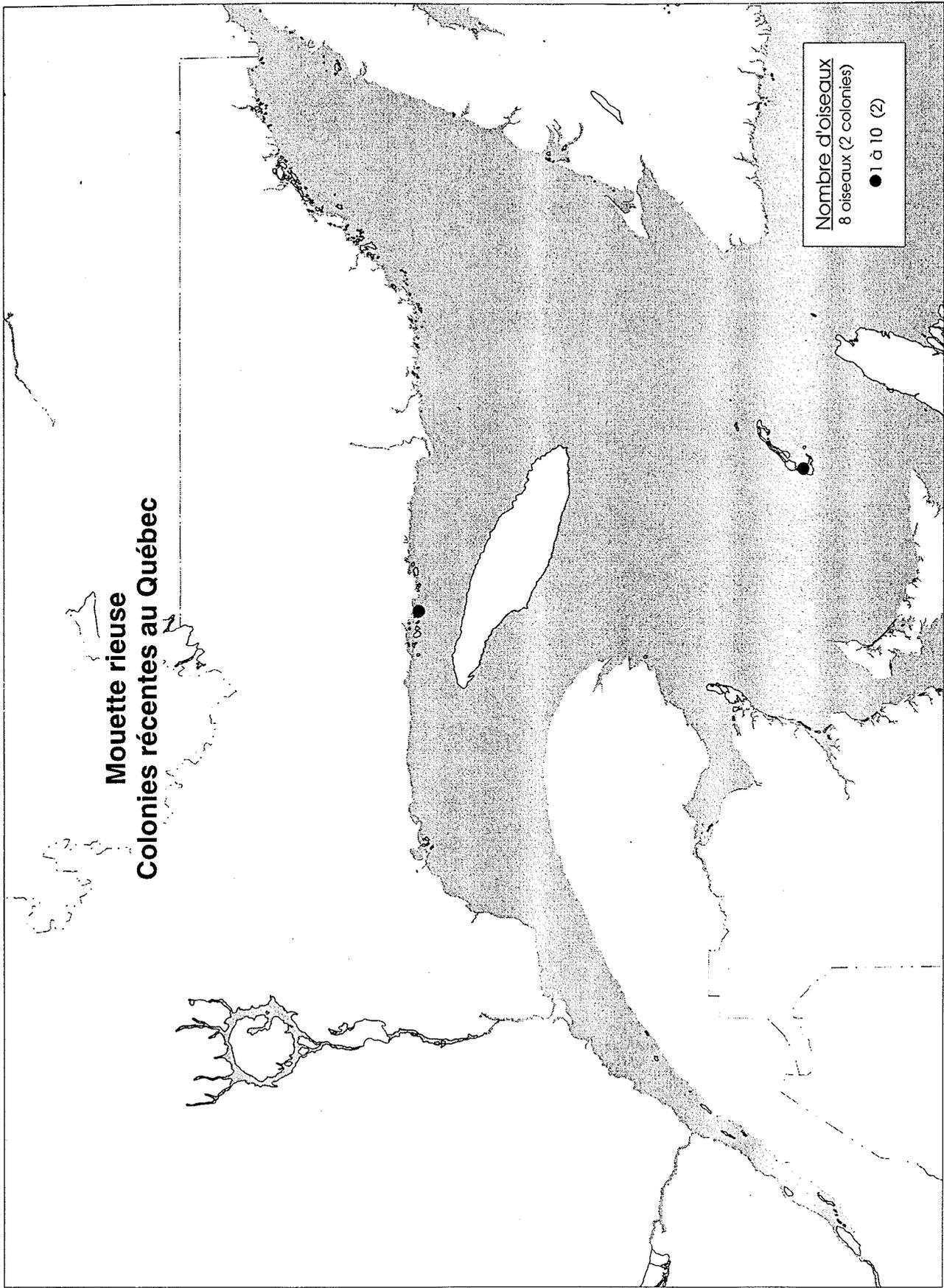
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 5

Eider à duvet
Colonies récentes au Québec

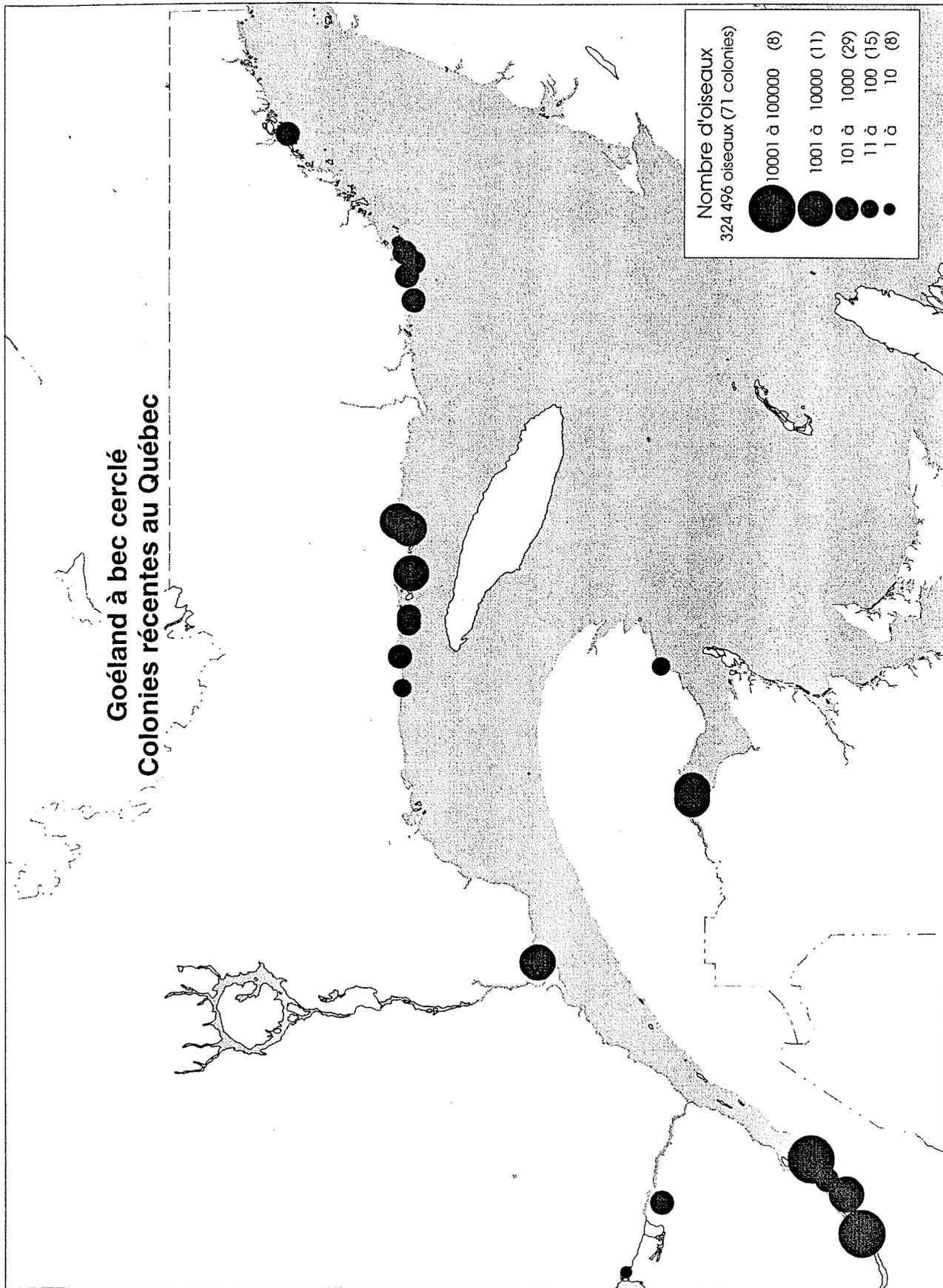


Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.



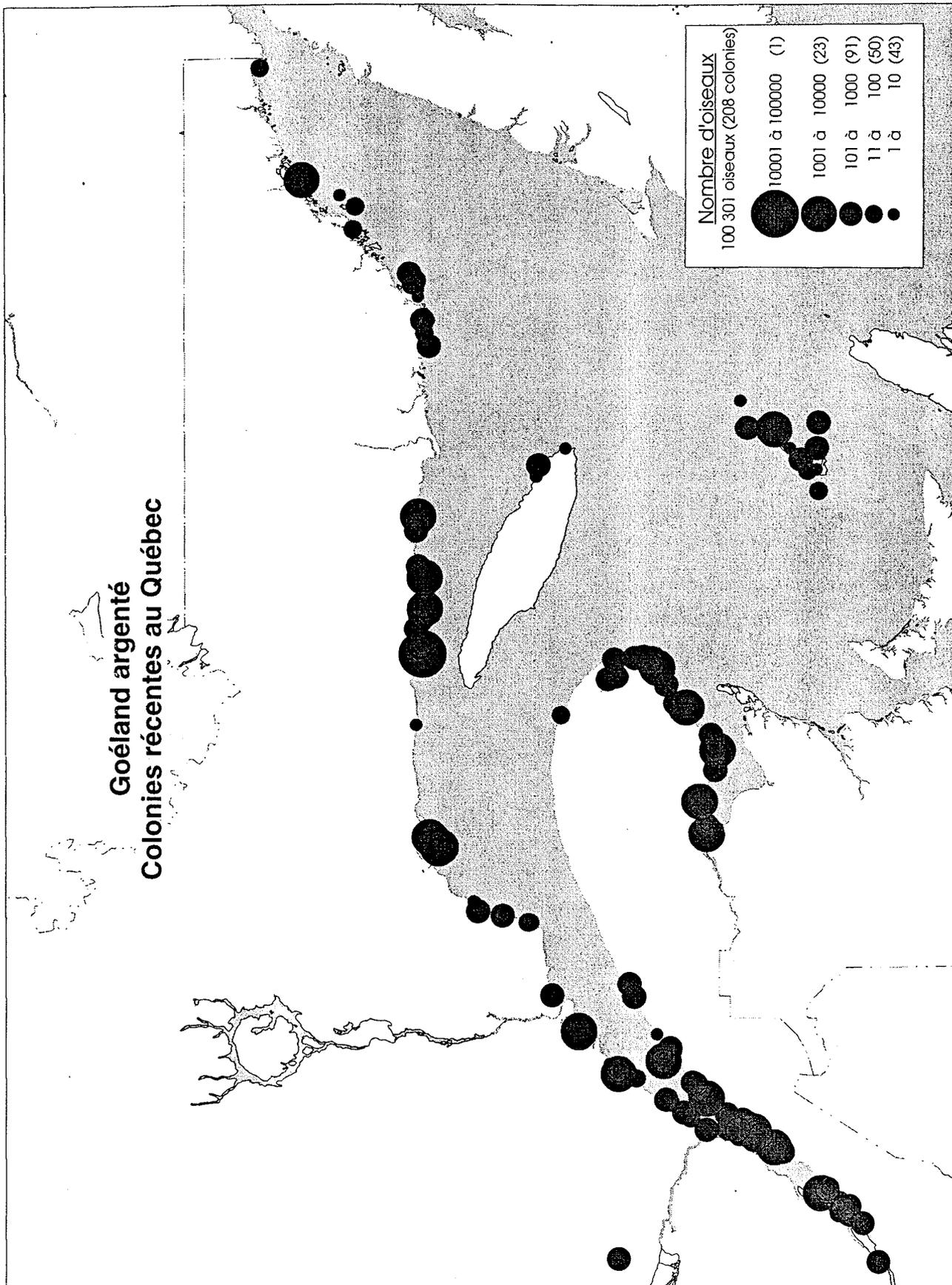
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 7



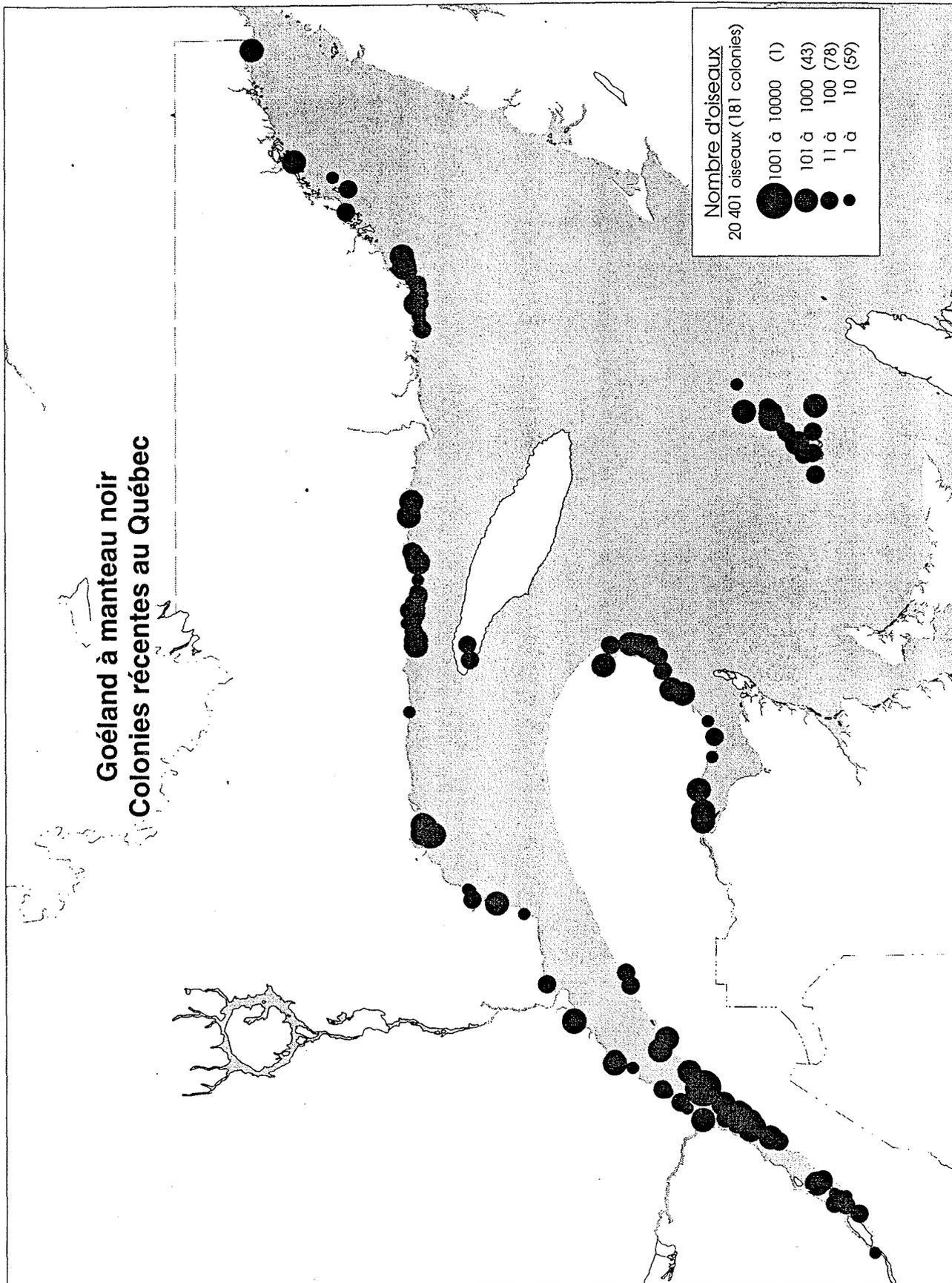
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 8



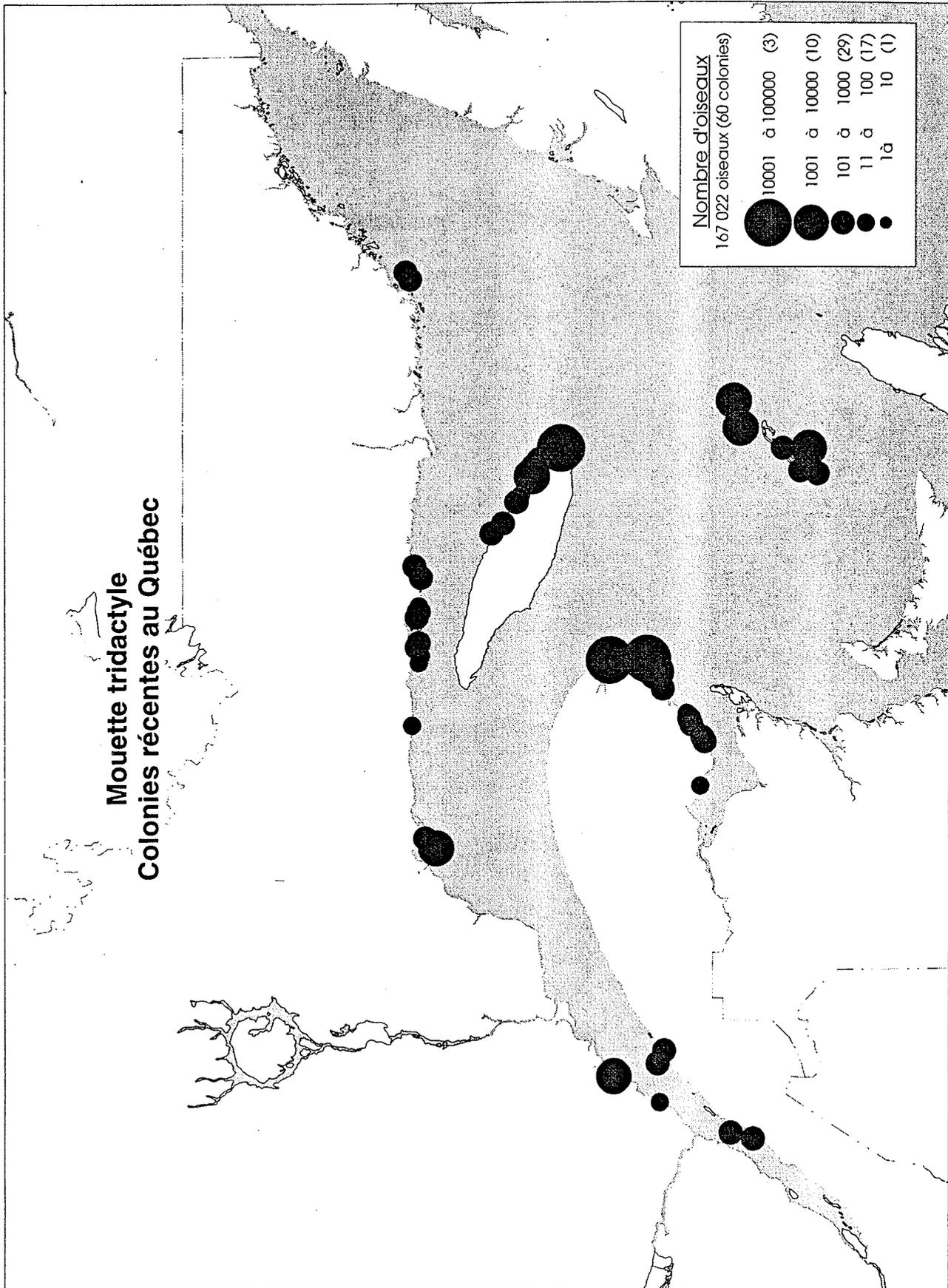
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 9



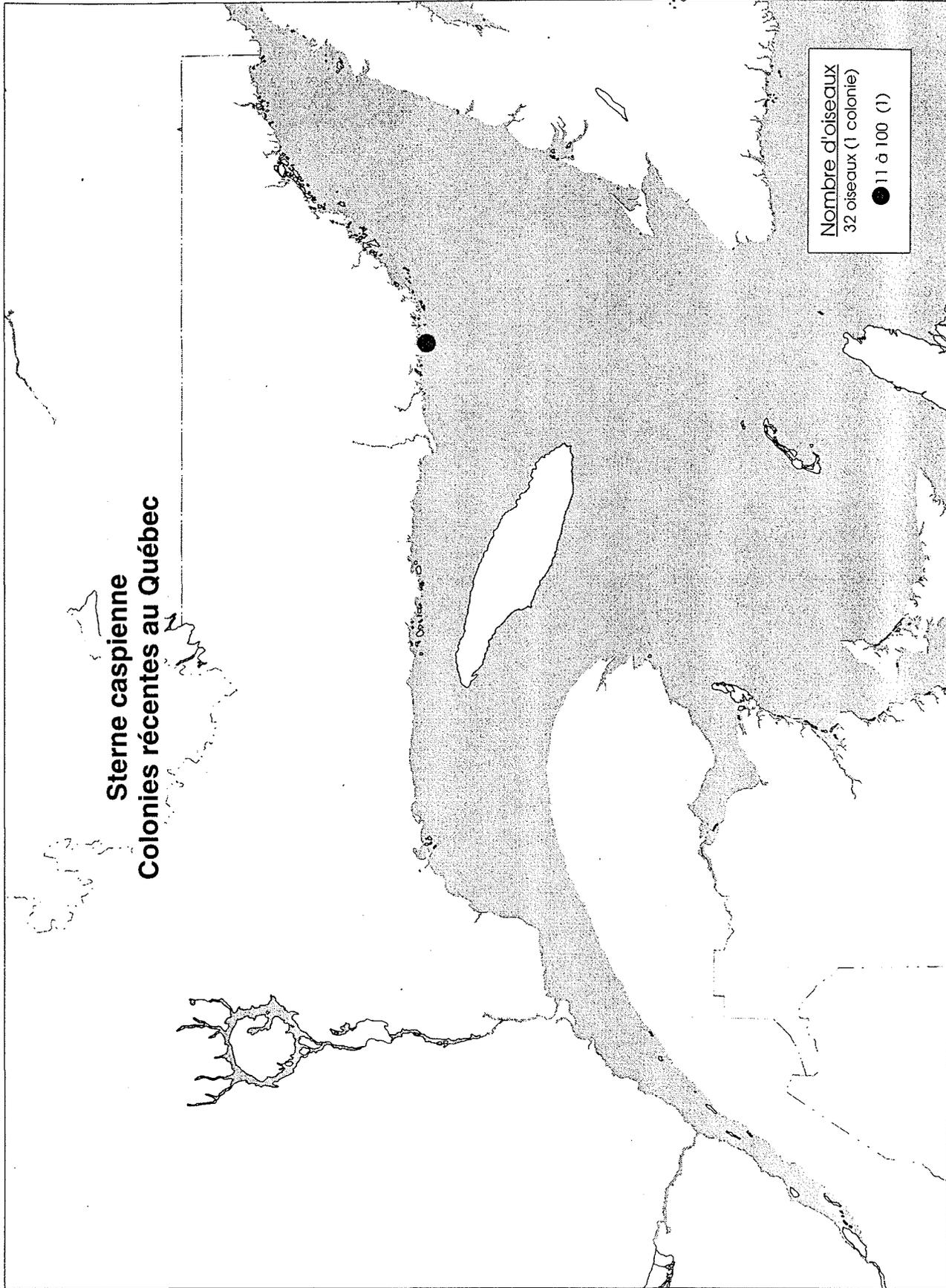
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 10



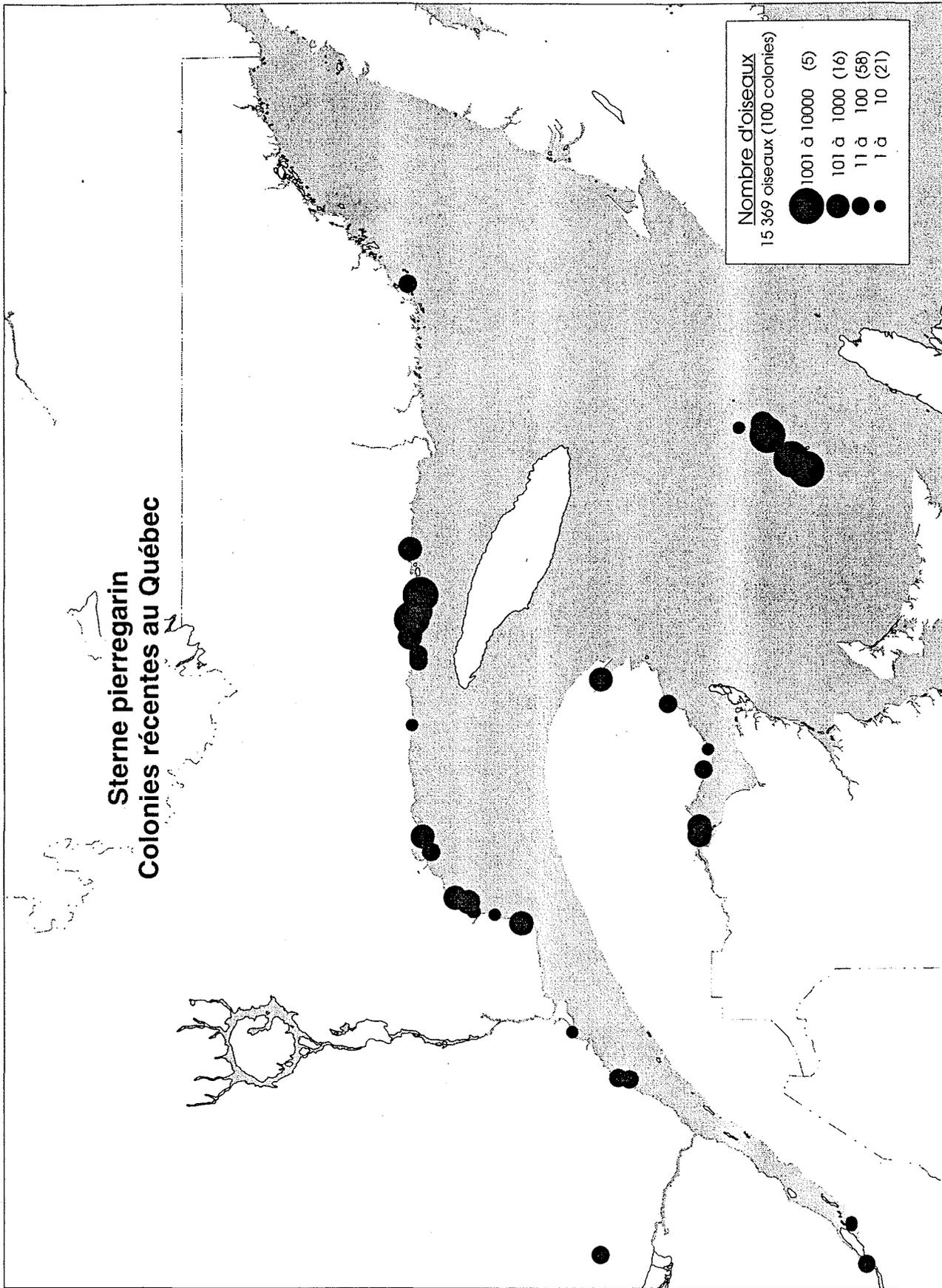
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 11



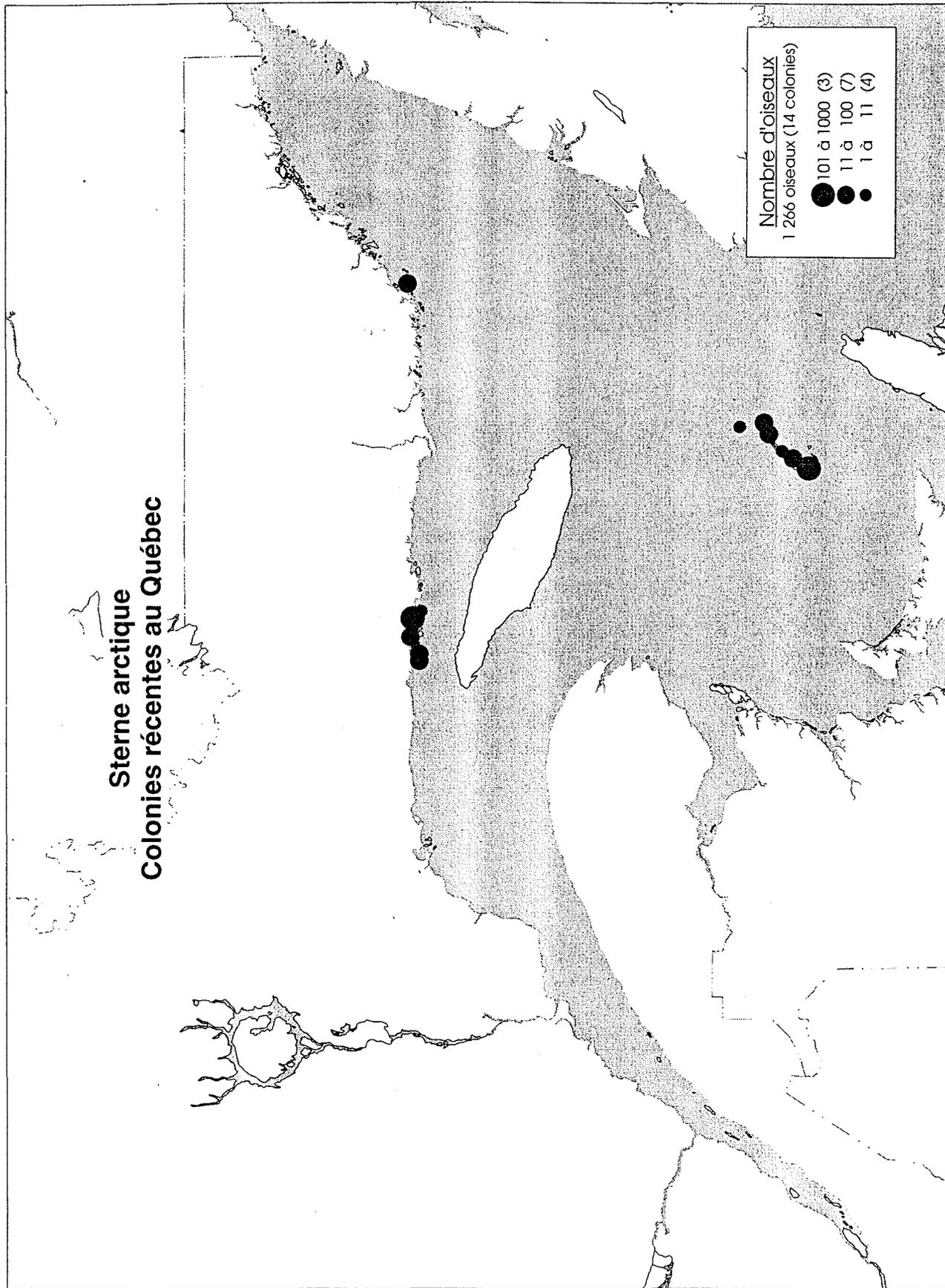
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 12



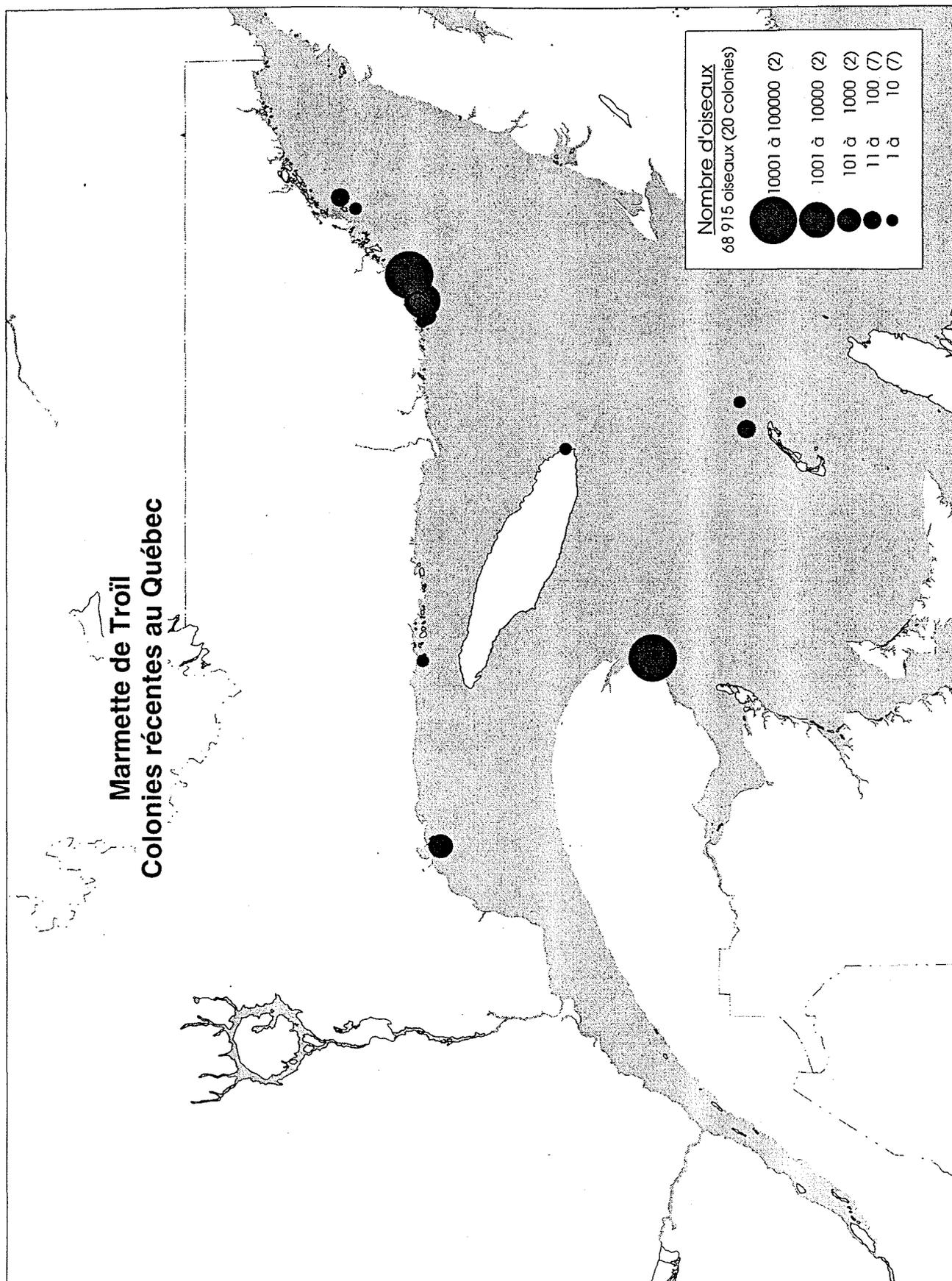
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 13



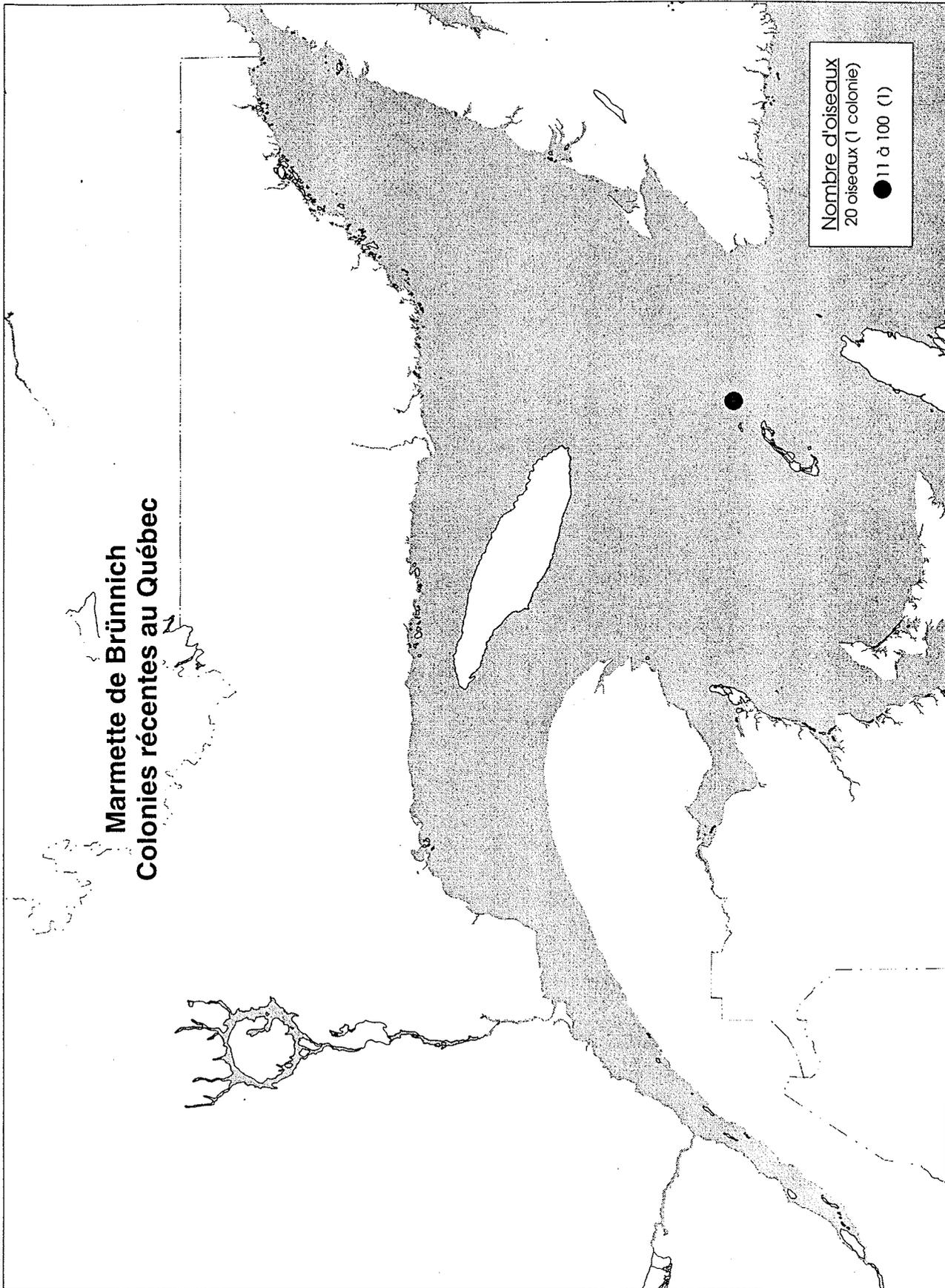
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 14

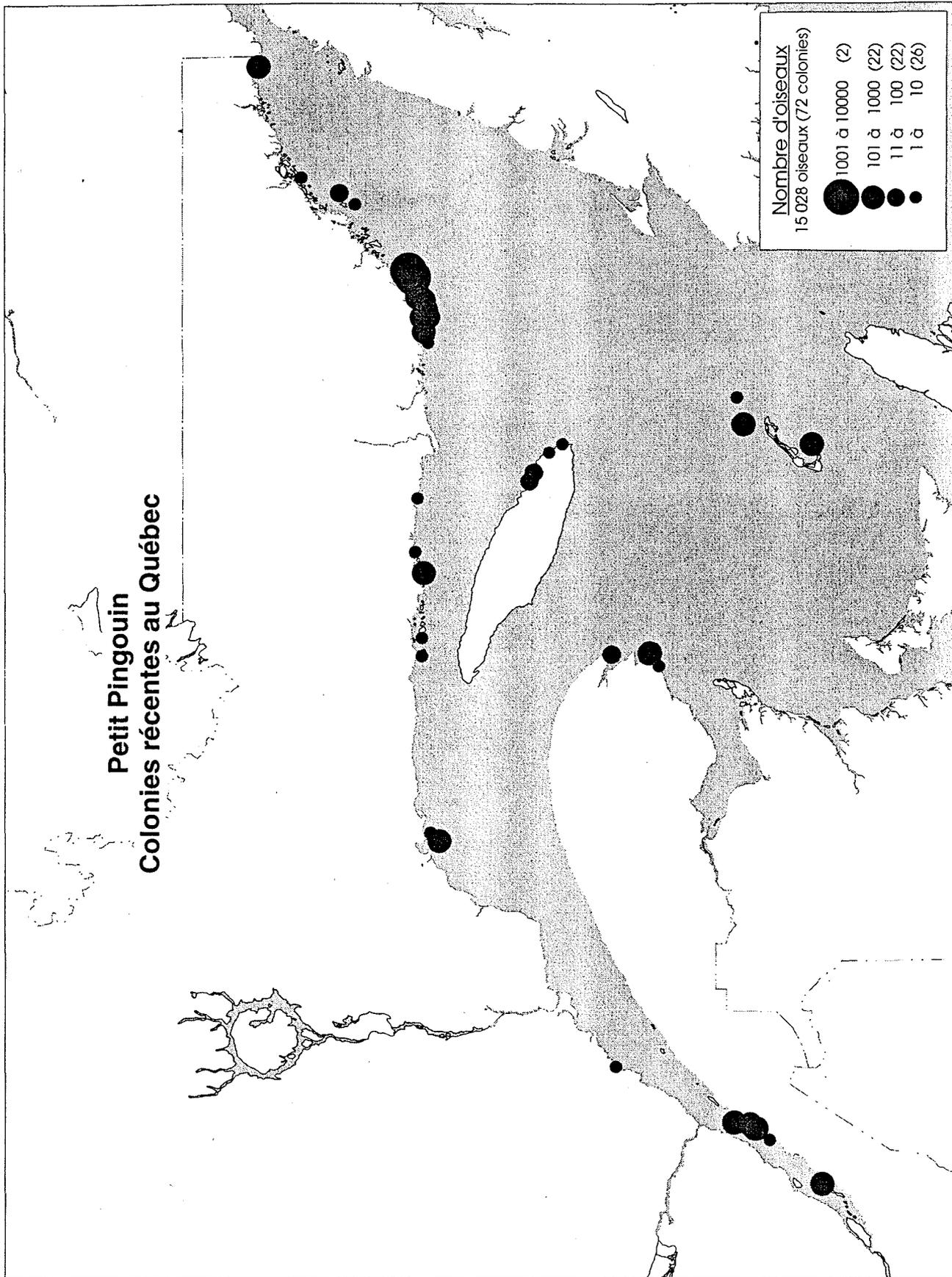


Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 15

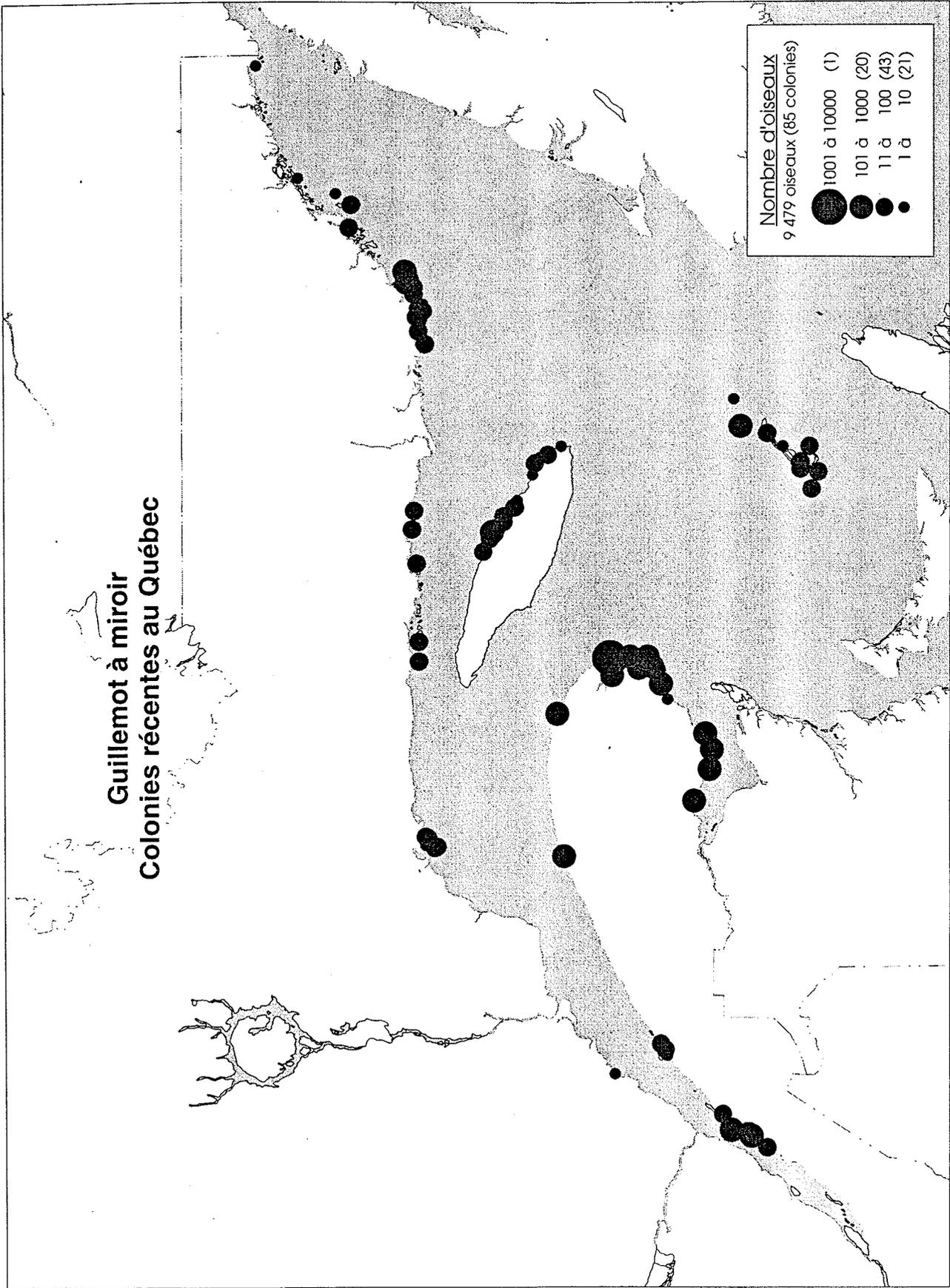


Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.
Annexe 16



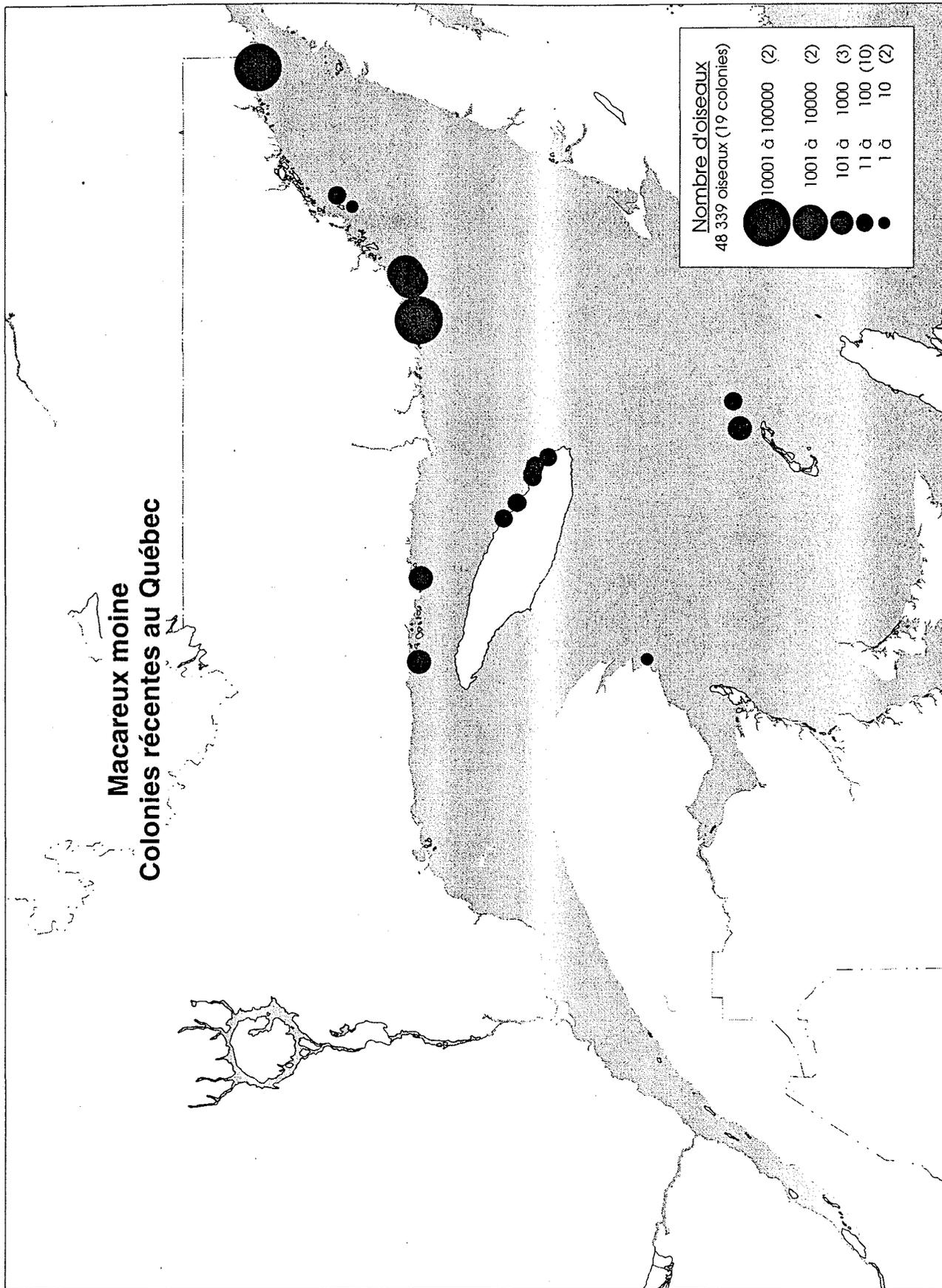
Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 17



Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 18



Source : Base de données sur les oiseaux de mer du Québec (28 novembre 1995), Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Annexe 19

Annexe 20- Liste des paramètres mesurables chez les oiseaux de mer

Paramètres démographiques

taille de la population
 en hiver
 en migration
 en période de reproduction
 nombre d'individus reproducteurs
 nombre de non-reproducteurs (ou ratio reproducteurs/non-reproducteurs)
taux de mortalité des adultes
taux de mortalité juvénile
recrutement de reproducteurs
tendances des populations

Paramètres concernant la reproduction

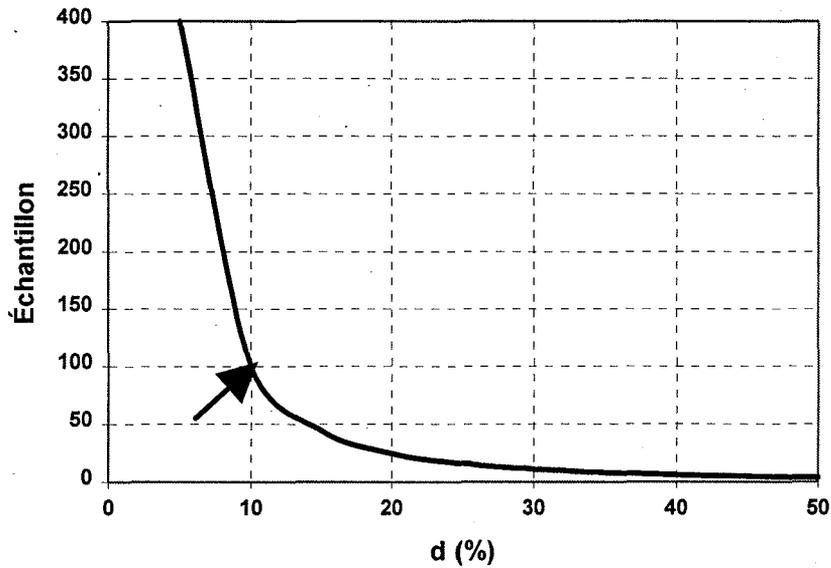
date de ponte
taille de couvée
taille/poids des oeufs
succès d'éclosion des oeufs
taux de croissance des jeunes
poids des jeunes à l'envol
âge des jeunes à l'envol
succès d'envol des jeunes
taux de mortalité des oisillons
productivité nette

Paramètres concernant l'alimentation

alimentation des jeunes
 fréquence d'alimentation
 nombre de proies apportées
 masse des proies apportées
 contenu énergétique des proies apportées
alimentation des adultes
 fréquence d'alimentation
 succès de capture des proies
 nombre de proies consommées
 masse des proies consommées
 contenu énergétique des proies consommées
 distribution des aires d'alimentation (ou distance parcourue pour s'alimenter)
 temps passé à la recherche de nourriture

Paramètres comportementaux et autres

Budget d'activité des adultes
 temps en attente à la colonie
 temps passé à la recherche de nourriture
 temps passé à couvrir les oeufs ou les oisillons
taux de désertion des nids
poids des adultes
production de guano



Annexe 21: Relation entre la taille d'échantillon et le degré de précision "d" sur la proportion (P) d'un type de proie dans le régime alimentaire (calculé ici avec $P=0.5$ et un degré de confiance=95%), selon Hanson et Graybill (1956). Par exemple, avec un échantillon de **100** régurgitations, on peut être confiant à 95% que $P=50\% \pm 10\%$.