

Atlas of Seabirds at Sea in Eastern Canada 2006 - 2016

François Bolduc¹, François Rousseu¹,
Carina Gjerdrum², Dave Fifield³, and
Sylvain Christin¹

¹ Canadian Wildlife Service, Environment
and Climate Change Canada, 801-1550
avenue d'Estimauville, Quebec, QC, G1J
0C3, Canada

² Canadian Wildlife Service, Environment
and Climate Change Canada, 45 Alderney
Drive, 16th floor, Dartmouth, Nova Scotia,
B2Y 2N6, Canada

³ Science and Technology Branch,
Environment and Climate Change Canada,
6 Bruce St., Mount Pearl, Newfoundland,
A1N 4T3, Canada

* Corresponding author's email:
francois.bolduc@canada.ca

Atlas des oiseaux en mer dans l'est du Canada 2006 - 2016

François Bolduc¹, François Rousseu¹,
Carina Gjerdrum², Dave Fifield³ et
Sylvain Christin¹

¹ Service canadien de la faune,
Environnement et Changement climatique
Canada, 801-1550 avenue d'Estimauville,
Québec, QC, G1J 0C3, Canada

² Service canadien de la faune,
Environnement et Changement climatique
Canada, 45 Alderney Drive, 16th floor,
Dartmouth, Nouvelle-Écosse, B2Y 2N6,
Canada

³ Direction générale des sciences et
technologie, Environnement et Changement
climatique Canada, 6 Bruce St., Mount
Pearl, Terre-Neuve, A1N 4T3, Canada

* Courriel de l'auteur-ressource :
francois.bolduc@canada.ca

1. Context

The Canadian Wildlife Service (CWS) collected data on seabirds at-sea within the PIROP (*Programme intégré de recherches sur les oiseaux pélagiques*) between 1965 and 1992, with the bulk of data collected during the 1970s. These data were summarized in a series of atlases (Brown et al. 1975, Brown 1977, 1986) and the *Gazetteer of marine birds in Atlantic Canada*, with a focus on species vulnerable to oil pollution (Lock et al. 1994). In 2005, the CWS again started collecting data on seabirds at-sea, using ships-of-opportunity, trained observers, and distance sampling methodology (Buckland et al. 2001). The new program is known as the Eastern Canada Seabird at-Sea (ECSAS) program, and operates primarily in Atlantic Canada, the Gulf of St. Lawrence, and the eastern Arctic (Gjerdrum et al. 2012, Fifield et al. 2009).

The data made available on the open data web site ([access here](#)) represents densities computed according to the sampling method, by species, group (family or subfamily), and periods of the year. The web site offers access to a shapefile of seabird densities computed from the data collected between 2006 and 2016.

2. Usage

The information provided on the open data web site can be used to identify areas where seabirds at-sea are found in eastern Canada. However, low survey effort or high variation in some areas introduces uncertainty in the density estimates provided. The data and maps found on the open data web site should therefore be interpreted with an understanding of this uncertainty.

3. Study area

The ECSAS program includes data primarily collected in the North Atlantic, Gulf of St. Lawrence, and eastern Arctic. The data

1. Contexte

Le Service canadien de la faune (SCF) a réalisé un suivi des oiseaux en mer par l'intermédiaire du PIROP (Programme intégré de recherches sur les oiseaux pélagiques) entre 1965 et 1992, bien que la majorité des données aient été recueillies au cours des années 1970. Ces données ont été résumées au moyen d'une série d'atlas (Brown et al. 1975, Brown 1977, 1986), ainsi que dans le *Gazetteer of marine birds in Atlantic Canada*, avec l'accent mis sur les oiseaux vulnérables à la pollution par les hydrocarbures (Lock et al. 1994). En 2005, le SCF a recommencé à suivre les oiseaux en mer à l'aide de navires occasionnels et d'observateurs spécialement formés, et en utilisant la technique de l'échantillonnage par distance (Buckland et al. 2001). Le programme, maintenant connu comme le Suivi des oiseaux en mer dans l'est du Canada (SOMEK), vise principalement la côte atlantique, le golfe du Saint-Laurent et l'est de l'Arctique (Gjerdrum et al. 2012, Fifield et al. 2009).

Les données accessibles sur le site web des données ouvertes ([accès ici](#)) correspondent aux densités calculées conformément à la méthode d'échantillonnage, par espèce, groupe (famille ou sous-famille) et période de l'année. Le site web permet d'accéder aux fichiers de forme (shapefiles) des densités d'oiseaux marins à partir des données recueillies de 2006 à 2016.

2. Utilisation des données

L'information fournie sur le site des données ouvertes peut être utilisée pour identifier les endroits où les oiseaux en mer se retrouvent dans l'est du Canada. Cependant, le faible effort d'échantillonnage et la grande variabilité à certains endroits entraînent une plus grande incertitude des résultats. Ainsi, les données et les cartes accessibles sur le site des données

included on the web site is limited between 39 and 75° North, and 18 and 60° West.

4. Data collection and analysis

Seabird at-sea data were collected by trained observers, using distance sampling methodology (Buckland et al 2001). Bird detections were noted within a 300-m wide transect on one side of the ship, and their location recorded in distance intervals, *i.e.*, 0-50m, 50-100m, 100-200m, or 200-300m from the observer. For more details see Gjerdrum et al. (2012), Bolduc and Desbiens (2010), and Bolduc and Fifield (2017).

The ECSAS database includes data collected throughout the year, however sampling effort is uneven. The year was divided into three periods to better describe potential changes in seabird distribution and abundance throughout the year. The selected periods were April to July, August to November, and December to March. These periods were selected as they roughly represent 1) Spring migration and nesting periods of nidifugous species, 2) moult, chick-rearing period of nidifugous species, and second half of nesting of nidicolous species, and 3) Fall migration and wintering.

Detection probabilities in relation to distance within the transect were computed at the group level. The resulting detection probabilities were thereafter applied to species, and spatially post-stratified to each 100-km hexagonal cells in the study area, by period of the year. Computations were conducted using the R2MCDS R package (Bolduc et al. *Submitted*, [access package](#)) and the Distance Software 6.2 (Thomas et al. 2010). Densities at the group level were added together to obtain a total density value for all seabirds species. Data and maps are provided for only the most common species (at least 50 records).

ouvertes devraient être consultées en toute connaissance de cause.

3. Aire d'étude

Le programme SOMEK incorpore des données recueillies principalement dans la région nord de l'Atlantique, dans le golfe Saint-Laurent et dans l'est de l'Arctique. Les données sur le site web des données ouvertes sont limitées entre les 39e et 75e degrés nord, et les 18e et 60e degrés ouest.

4. Collecte de données et analyses

Les données sur les oiseaux en mer ont été recueillies par des observateurs spécialement formés et au moyen de l'échantillonnage par distance (Buckland et al 2001). Les détections d'oiseaux ont été notées le long d'un transect de 300 m de largeur, d'un côté du navire, en indiquant l'intervalle de distance dans lequel elles se trouvaient, soit à 0-50 m, 50-100 m, 100-200m, ou 200-300 m de l'observateur. Pour de plus amples détails, consultez Gjerdrum et al. (2012), Bolduc et Desbiens (2010) et Bolduc et Fifield (2017).

La base de données SOMEK inclut des données recueillies à longueur d'année; par contre, l'effort d'échantillonnage varie grandement. L'année a été divisée en trois périodes pour mieux décrire les changements de répartition et d'abondance qui surviennent au cours d'une année. Ces périodes sont d'avril à juillet, d'août à novembre et de décembre à mars. Elles ont été choisies car elles représentent approximativement : 1) la migration printanière et la période de nidification des oiseaux nidifuges, 2) la mue, l'élevage des jeunes d'oiseaux nidifuges et la seconde moitié de la nidification des oiseaux nidicoles et 3) la migration d'automne et l'hivernage.

Les probabilités de détection des oiseaux en relation à la distance de l'observateur ont été calculées à l'échelle du groupe. Ces probabilités ont ensuite été appliquées à

5. Documents available on the web site

The following documents are available on the open data web site:

- shapefile of the study area and spatial grid;
- annual presence calendars;
- maps of sampling effort by period of the year;
- detection models;
- text files of seabird densities by cell of the spatial grid;
- density maps;
- data dictionary;
- fieldwork protocol.

5.1 Shapefile of the study area and spatial grid

The shapefile (AtlasGrid-GrilleAtlas.shp) includes the polygons of a grid of 100-km hexagonal cells over all data covered by the atlas. There is no data in the data table of the shapefile.

5.2 Annual presence calendar

Each graph (PresenceCalendar-CalendarDePresence.zip) illustrates seabird species presence in the study area using observed number of birds per linear km travelled by the ships per week of the year. The temporal relationships between weeks and bird densities were smoothed using a natural cubic spline. All species within the same group have the same line color, and the dashed lines correspond to the time periods described in section 4 above. Note that the resulting graphs are somewhat biased because they are affected by the spatial heterogeneity in sampling effort throughout the year. Only species with at least 50 detections are presented in the annual presence calendar.

5.3 Maps of sampling effort

A map of the kilometers travelled within each 100-km hexagonal cell by period of the year is presented to describe the variation in survey effort throughout the study area (EffortMaps-CartesDeffort.zip). A graph of the daily effort is also shown (km and

l'échelle de l'espèce et post-stratifiées à l'échelle de cellules hexagonales de 100 km divisant l'aire d'étude, et ceci, par période de l'année. Les calculs ont été réalisés à l'aide de la suite de fonctions R R2MCDS (Bolduc et al. *Soumis*, [accès aux fonctions](#)) ainsi que du logiciel Distance 6.2 (Thomas et al. 2010). Les densités d'oiseaux obtenues à l'échelle du groupe ont été additionnées pour obtenir la densité totale d'oiseaux en mer. Les données et les cartes ne sont fournies que pour les espèces les plus communes (au moins 50 détections).

5. Documents accessibles sur le site web

Les documents suivants sont accessibles sur le site des données ouvertes:

- fichier de forme de l'aire d'étude et de la grille spatiale;
- calendrier de présence annuelle;
- cartes de l'effort d'échantillonnage par période de l'année;
- modèles de détection;
- fichier texte des données de densité d'oiseaux marins par cellule de la grille spatiale;
- cartes de densités;
- dictionnaire des données;
- protocole de collecte de données sur le terrain.

5.1 Fichier de forme de l'aire d'étude et de la grille spatiale

Le fichier de forme (AtlasGrid-GrilleAtlas.shp) comprend les polygones d'une grille de cellules hexagonales de 100 km couvrant l'étendue des données incluses dans l'atlas. Il n'y a aucune donnée associée à la table de données du fichier de forme.

5.2 Calendrier de présence annuelle

Chacun des graphiques (PresenceCalendar-CalendarDePresence.zip) illustre la présence des espèces d'oiseaux marins dans l'aire d'étude, en présentant le nombre d'oiseaux par km linéaire parcouru par

number of days at sea) to describe how this parameter varies within a period of the year.

5.4 Detection Models

Data were collected using distance sampling methods allowing for corrections to seabird density that account for variation in detectability. We computed detection models by seabird group (DetectionModels-ModelesDeDetection.zip). The model selection process was conducted via AICc, that chose among the following possibilities of combinations of key function and series expansion: uniform - cosine, uniform - simple polynomial, half normal - cosine, half normal - Hermite polynomial, hazard rate - cosine, and hazard rate-simple polynomial. The pdfs describe the various metrics related to each model, with a histogram showing how detection varies within transects.

5.5 Data files of seabird densities

Densities by group, species, and for all seabird species combined, periods, and grid cell are presented in a text file (DensityData-DonnéesDeDensité.csv). These files can be merged with the shapefile to create maps, using the common cell identification field. The data file includes the parameters density, standard error, coefficient of variation, and 95% confidence interval limits.

5.6 Density Maps

The density maps present average seabird densities and their percent coefficient of variation per 100-km hexagonal cells (Maps-Cartes.zip). One map was created for each group, species, and all seabird species combined, by periods. The maps also include a chart of daily km travelled with linear density (count per km travelled by ship) superimposed over the former, to illustrate the variation in effort and encounters throughout the period. Seabird densities were classified using a k-means scheme to ensure areas with the highest

semaine de l'année. La relation temporelle entre la densité d'oiseaux et les semaines a été lissée à l'aide d'une fonction naturelle de spline cubique. Toutes les espèces d'un même groupe ont la même couleur et les lignes verticales pointillées correspondent aux périodes de l'année décrites dans la section 4. Il faut prendre en compte le caractère quelque peu biaisé des résultats parce qu'ils sont affectés par l'hétérogénéité spatiale de l'effort au cours de l'année. Seules les espèces avec au moins 50 détections dans l'année sont présentées dans ce calendrier.

5.3 Cartes de l'effort d'échantillonnage

Une carte des kilomètres parcourus dans chacune des cellules hexagonales de 100 km par période de l'année est présentée afin de décrire la variation de l'effort de suivi dans l'aire d'étude (EffortMaps-CartesDeffort.zip). Un graphique de l'effort journalier est aussi présenté sur cette carte afin de montrer à quel point l'effort journalier varie à l'intérieur de la période.

5.4 Modèles de détection

Les données ont été recueillies au moyen de l'échantillonnage par distance, permettant ainsi de corriger les densités d'oiseaux marins en fonction de leur taux de détection. Nous avons calculé des modèles de détection par groupe (DetectionModels-ModelesDeDetection.zip). Les modèles ont été sélectionnés par AICc, en choisissant parmi les combinaisons de fonctions et de séries d'expansion suivantes: uniforme-cosinus, uniforme-polynôme simple, semi-normale-cosinus, semi-normale-polynôme de Hermite et taux de probabilité-polynôme simple. Les documents pdf décrivent les paramètres reliés à chacun des modèles et présentent un histogramme du nombre de détections par intervalle de distance.

densities always clearly stand up on each map.

5.7 Data dictionary

The data dictionary file (DataDictionary-DictionnaireDonnées.xlsx) describes the variables included in the density data file.

5.8 Fieldwork protocol

The fieldwork protocol (FieldProtocol-ProtocoleDeTerrain.zip) provides details on how the data were collected and can be used to conduct similar surveys to obtain comparable results.

6.0 References

Bolduc, F., and Desbiens, A. 2010.

Delineating Distance Intervals for Ship-based Seabird Surveys. *Waterbirds* 34:253-257.

Bolduc F., and D. A. Fifield. *In Press*.

Distance Sampling for Seabirds At-Sea Surveys: the Line-Transect Method Outperforms the Point-Transect Alternative. *Journal of Open Ornithology*.

Bolduc, F., Roy, C., and F. Rousseau.

Submitted. R2MCDS: an R package for the analysis of multi-species datasets collected using distance sampling. Proceedings of the Third Spatial Ecology Conference. *Ecological Informatics*.

Brown, R.G.B. 1977. Atlas of eastern Canadian seabirds Supplement 1, Halifax - Bermuda transects. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa.

Brown, R.G.B. 1986. Revised atlas of eastern Canadian seabirds. Volume 1. Shipboard surveys. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa.

Brown, R.G.B., D.N. Nettleship, P. Germain, C.E. Tull, and T. Davis. 1975. Atlas of eastern Canadian seabirds. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa.

5.5 Fichiers de données des densités d'oiseaux marins

Les densités par groupe, espèce et pour toutes les espèces combinées, ainsi que par cellule de la grille spatiale, sont présentées dans un fichier texte (DensityData- DonnéesDeDensité.csv). Ce fichier peut être jumelé avec le fichier de forme pour créer des cartes en les liant par l'identifiant de cellule. Ces données incluent les paramètres densité, erreur-type, coefficient de variation (%) et intervalle de confiance (95 %).

5.6 Cartes de densité

Les cartes de densité présentent les densités moyennes d'oiseaux marins et leurs coefficients de variation par cellule hexagonale de 100 km (Maps-Cartes.zip). Une carte a été créée par groupe, espèce, ainsi que pour toutes les espèces combinées, par période de l'année. Les cartes présentent aussi un graphique des km parcourus par jour et de la densité d'oiseaux par km parcouru afin d'illustrer leur variation au cours de la période de l'année. Les densités d'oiseaux ont été classifiées par classification automatique à K-moyennes afin de bien faire ressortir les endroits présentant les plus hautes densités sur chacune des cartes.

5.7 Dictionnaire des données

Le dictionnaire des données (DataDictionary -DictionnaireDonnées.xlsx) décrit les variables incluses dans le fichier des données de densité.

5.8 Protocole de collecte de données

Le protocole de collecte de données (FieldProtocol-ProtocoleDeTerrain.zip) décrit les détails de la méthode et peut être utile afin de réaliser des suivis similaires et d'obtenir des résultats comparables.

6.0 Références

Bolduc, F., et Desbiens, A. 2010.

Delineating Distance Intervals for Ship-based Seabird Surveys. *Waterbirds* 34:253-257.

- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., and L. Thomas. 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of wildlife populations. Oxford University Press.
- Fifield, D.A., Lewis, K.P., Gjerdrum, C., Robertson, G.J., and R. Wells. 2009. Offshore Seabird Monitoring Program . Environment Studies Research Funds Report No. 183. St. John's. 68 p.
- Gjerdrum, C., Fifield, D.A., and S.I. Wilhelm. 2012. Eastern Canada Seabirds at Sea (ECSAS) standardized protocol for pelagic seabird surveys from moving and stationary platforms. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa.
- Lock, A.R., Brown, R.G.B., and S.H. Gerriets. 1994. Gazetteer of Marine Birds in Atlantic Canada: an atlas of seabird vulnerability to oil pollution. Atlantic Region: Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa.
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A., and K.P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47:5-14.
- Bolduc F., et D. A. Fifield. *Sous-Presses*. Distance Sampling for Seabirds At-Sea Surveys: the Line-Transect Method Outperforms the Point-Transect Alternative. *Journal of Open Ornithology*.
- Bolduc, F., Roy, C., et F. Rousseau. *Soumis*. R2MCDS: an R package for the analysis of multi-species datasets collected using distance sampling. Proceedings of the Third Spatial Ecology Conference. *Ecological Informatics*.
- Brown, R.G.B. 1977. Atlas des oiseaux de mer de l'est du Canada : premier supplément : de Halifax aux Bermudes. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Brown, R.G.B. 1986. Atlas révisé des oiseaux de mer de l'est du Canada. Volume 1. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Brown, R.G.B., D.N. Nettleship, P. Germain, C.E. Tull, et T. Davis. 1975. Atlas des oiseaux de mer de l'est du Canada. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., et L. Thomas. 2001. Introduction to distance sampling: estimating abundance of wildlife populations. Oxford University Press.
- Fifield, D.A., Lewis, K.P., Gjerdrum, C., Robertson, G.J., et R. Wells. 2009. Offshore Seabird Monitoring Program . Environment Studies Research Funds Report No. 183. St. John's. 68 p.
- Gjerdrum, C., Fifield, D.A., et S.I. Wilhelm. 2012. Protocole normalisé pour les relevés d'oiseaux marins pélagiques dans l'est du Canada (Eastern Canada Seabirds at Sea ; ECSAS) à partir de plateformes mobiles et stationnaires. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa.

Lock, A.R., Brown, R.G.B., et S.H. Gerriets.
1994. Gazetteer of Marine Birds in
Atlantic Canada: an atlas of seabird
vulnerability to oil pollution. Atlantic
Region:Canadian Wildlife Service,
Environment Canada, Ottawa.

Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A.,
Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L.,
Bishop, J.R.B., Marques, T.A., et K.P.
Burnham. 2010. Distance software: design
and analysis of distance sampling surveys
for estimating population size. *Journal of
Applied Ecology* 47:5-14.