



Distribution géographique d'une sélection de contaminants chez les Grands Hérons du système du fleuve Saint-Laurent, au Québec (1989–1994)

Jean-Luc DesGranges
Jean Rodrigue
Louise Champoux

Publication hors série
Numéro 116
Service canadien de la faune



Service canadien de la faune

Publication hors série

Les Publications hors série font état des résultats de recherches originales effectuées par les membres du personnel du Service canadien de la faune ou appuyées par le Service. Ces publications ont fait l'objet d'un examen par des pairs.

Directeur scientifique en chef du Conseil d'édition

A.J. Gaston
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

Conseil d'édition

R.G. Clark
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

A.W. Diamond
Atlantic Co-operative Wildlife Ecology Research Network
University of New Brunswick

R. Letcher
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

H. Meltofte
National Environmental Research Institute
Danish Ministry of the Environment

P. Mineau
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

E. Nol
Department of Biology
Trent University

G.J. Robertson
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

J.-P. Savard
Direction générale des sciences et de la technologie
Environnement Canada

R. Ydenberg
Centre for Wildlife Ecology
Simon Fraser University

Le rôle d'Environnement Canada en matière d'espèces sauvages

Environnement Canada est responsable des questions de compétence fédérale touchant les espèces sauvages. Il est ainsi notamment chargé de la protection et de la gestion des oiseaux migrateurs, des habitats canadiens d'importance nationale et des espèces en péril ainsi que d'autres questions fauniques d'importance nationale et internationale. Le Ministère effectue en outre des travaux de recherche dans nombre de champs d'activité de la biologie des espèces sauvages, et il met en œuvre divers programmes incitatifs visant les espèces sauvages et l'intendance des habitats.

Pour obtenir de plus amples renseignements sur Environnement Canada, pour nous aviser d'un changement d'adresse ou pour nous demander d'ajouter votre nom à notre liste d'envoi ou d'enlever votre nom, prière de communiquer avec la section suivante :

Informathèque
Environnement Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0H3
Téléphone : 819-997-2800, ou 1-800-668-6767 (sans frais au Canada)
Télécopieur : 819-994-1412
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca
Site Web : www.ec.gc.ca

Les Publications hors série du Service canadien de la faune sont publiées par Environnement Canada. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les publications du Service canadien de la faune, prière de visiter le site Web www.cws-scf.ec.gc.ca/publications.

FSC LOGO

Jean-Luc DesGranges^{1,3}
Jean Rodrigue²
Louise Champoux¹

**Distribution géographique d'une
sélection de contaminants chez les
Grands Hérons du système du fleuve
Saint-Laurent, au Québec (1989–1994)**

**Publication hors série n° 116
Service canadien de la faune
Mars 2009**

Also available in English under the title *Geographic
distribution of selected contaminants in Great Blue Herons
from the St. Lawrence River system, Quebec (1989–1994)*
Canadian Wildlife Service, Occasional Paper No. 116

¹ Direction de la science de la faune et du paysage, Environnement
Canada, 1141, route de l'Église, C.P. 10100, Québec
(Québec) G1V 4H5, Canada; jean-luc.desgranges@ec.gc.ca

² Service canadien de la faune, Environnement Canada, 1141, route de
l'Église, C.P. 10100, Québec (Québec) G1V 4H5, Canada

³ Auteur-ressource

Photos de la page couverture

© Corel Corporation

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2009. Tous droits réservés.

N° de catalogue CW69-1/116F-PDF
ISBN 978-1-100-90701-7

Également publ. en version imprimée.

N° de catalogue CW69-1/116F
ISBN 978-1-100-90700-0

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

DesGranges, Jean-Luc

Distribution géographique d'une sélection de contaminants chez les Grands Hérons du système du fleuve Saint-Laurent, au Québec (1989-1994) [ressource électronique].

(Publication hors série ; no 116)

Monographie électronique en formats PDF et HTML.

Publ. aussi en anglais sous le titre: Geographic distribution of selected contaminants in Great Blue Herons from the St. Lawrence River system, Quebec (1989-1994).

Également publ. en version imprimée.

Comprend des réf. bibliogr.:

ISBN 978-1-100-90701-7

No de cat.: CW69-1/116F-PDF

1. Grand Héron, Effets des métaux lourds sur le--Saint-Laurent, Bassin du. 2. Grand Héron, Effets des produits chimiques sur le--Saint-Laurent, Bassin du. 3. Grand Héron--Surveillance--Saint-Laurent, Bassin du. 4. Écotoxicologie--Saint-Laurent, Bassin du. 5. Bioaccumulation. I. Champoux, Louise, 1960- II. Rodrigue, Jean, 1961- III. Service canadien de la faune IV. Titre. V. Collection: Publication hors-série (Service canadien de la faune : En ligne) no 116

QL696 C52 D47514 2009

598.3'4

C2009-980021-7

Résumé

De 1989 à 1994, nous avons étudié les concentrations de métaux lourds et d'organochlorés dans divers tissus (œufs, foie, reins, sang et plumes), chez les Grands Hérons (*Ardea herodias*) vivant au sein de 31 colonies, dont 25 sont situées dans le système du fleuve Saint-Laurent (fleuve, estuaire et golfe) et 6, dans les plans d'eau intérieurs situés ailleurs dans la province de Québec (colonies de référence). Le corridor fluvial du Saint-Laurent (essentiellement les sections près de Montréal) est considéré comme une source des plus importantes de contamination et présente les concentrations de contaminants les plus élevées trouvées dans les tissus (et les parties du corps) des héronneaux. Les contaminants chez les héronneaux sont nettement plus représentatifs de la pollution régionale que les contaminants présents dans les œufs, où les concentrations reflètent probablement la situation dans les aires de migration et d'hivernage des femelles adultes. La facilité avec laquelle les concentrations de contaminants peuvent être mesurées dans les plumes et le sang des héronneaux, combinée à la corrélation étroite qui existe entre ces concentrations et celles du foie, appuie l'utilisation routinière des méthodes non mortelles ou non invasives d'échantillonnage des tissus.

Mots clés : Grand Héron, *Ardea herodias*, accumulation biologique, Hg, OC-BPC, fleuve Saint-Laurent

Remerciements

Les auteurs remercient les nombreuses personnes qui ont visité les colonies de hérons tout au long des 15 années qu'a duré cette étude. Ils expriment également leur gratitude envers les techniciens et les chimistes du Centre national de la recherche faunique (Division de la toxicologie et des maladies de la faune d'Environnement Canada) qui ont préparé les tissus et effectué les analyses chimiques. Bernard Tardif et Benoît Jobin ont collaboré à l'analyse statistique des données, tandis que Martine Benoit, Claudie Latendresse et Michel Melançon ont mis leur expertise à profit pour la production des figures. De plus, les auteurs remercient Tony Gaston, dont les commentaires ont permis d'améliorer la présente publication hors-série. Le Bureau canadien du baguage des oiseaux du Service canadien de la faune d'Environnement Canada a gracieusement fourni les données de baguage. La présente publication a été produite par les Services de production de la Direction générale des communications d'Environnement Canada. Les personnes suivantes se sont occupées de divers aspects du processus de publication : Brigitte Séguin et Sylvie Latulippe, supervision; Pierre Savard à la coordination de la production; Suzanne Touchette, correction d'épreuves; et Lucie Bérubé, mise en pages.

Ce projet a été financé par la Division de la toxicologie et des maladies de la faune d'Environnement Canada. Il a également reçu le soutien financier du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000.

Table des matières

1. Introduction	7		
2. Méthodes et zones d'étude	7		
2.1 Échantillons et analyses chimiques			
2.2 Analyses statistiques	9		
3. Résultats	10		
3.1 Variabilité au sein des colonies et entre elles	10		
3.2 Contamination au mercure	10		
3.3 Contamination par les composés organiques	11		
3.3.1 Pesticides organochlorés	11		
3.3.2 Biphényles polychlorés	12		
3.4 Comparaisons entre les régions	14		
4. Discussion	16		
Bibliographie	18		
Annexe	20		
Liste des figures			
Figure 1. Emplacements des 31 colonies de Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) au Québec où les œufs et les tissus des adultes et des héronneaux ont été recueillis entre 1989 et 1994	8	Figure 6. Emplacements de baguage et d'observation des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) bagués au Québec	16
Figure 2. Corrélations chez les Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) entre le mercure présent dans le sang et le mercure présent dans le foie	12	Liste des tableaux	
Figure 3. Comparaison des concentrations de mercure (Hg), de <i>p,p'</i> -DDE et de BPC chez les Grands Hérons adultes (<i>Ardea herodias</i>), dans les œufs des Grands Hérons et chez les héronneaux	12	Tableau 1. Concentrations moyennes totales de mercure chez les Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) provenant de 31 colonies au Québec entre 1989 et 1994	10
Figure 4. Dispersion des cinq régions de l'étude sur les deux premiers axes d'une analyse en coordonnées principales (PCOORD) effectuée d'après les 13 composés organochlorés détectés dans plus de 50 % des œufs des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>)	14	Tableau 2. Concentrations moyennes totales de mercure dans les œufs des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec entre 1989 et 1994	11
Figure 5. Dispersion des cinq régions de l'étude sur les deux premiers axes d'une analyse en coordonnées principales (PCOORD) effectuée d'après les 13 composés organochlorés détectés dans plus de 50 % des tissus du foie des héronneaux (<i>Ardea herodias</i>)	15	Tableau 3. Taux de détection moyen de pesticides organochlorés et de BPC dans les œufs des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec entre 1989 et 1994	13
		Tableau 4. Concentrations moyennes de <i>p,p'</i> -DDE dans les œufs des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec entre 1989 et 1994	13
		Tableau 5. Concentrations moyennes de BPC dans les œufs des Grands Hérons (<i>Ardea herodias</i>) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec entre 1989 et 1994	13

1. Introduction

En 1988, les gouvernements du Canada et du Québec ont accepté d'unir leurs efforts pour protéger et nettoyer le fleuve Saint-Laurent, le bassin hydrologique le plus pollué du Québec (Centre Saint-Laurent, 1996). Dès la mise sur pied du Plan Saint-Laurent, il était clair qu'un programme de surveillance serait nécessaire pour déterminer les effets de la contamination environnementale sur les espèces vivant dans le système du Saint-Laurent et pour évaluer l'efficacité des mesures de dépollution. Dès le début, il était essentiel de fournir aux chercheurs des tendances spatio-temporelles des contaminants, notamment les concentrations de métaux lourds, de biphényles polychlorés (BPC) et des pesticides organochlorés.

Puisque les oiseaux piscivores sont à la tête de la chaîne alimentaire, le fait d'évaluer les concentrations de contaminants de leurs tissus constitue une bonne façon de surveiller les contaminants dans tout l'écosystème (Diamond et Filion, 1987; Furness et Greenwood, 1993). Le Grand Héron (*Ardea herodias*) a été choisi comme espèce indicatrice en matière de concentrations de contaminants dans le Saint-Laurent et de leurs effets toxicologiques associés (Champoux et coll., 2006). Cette espèce a été choisie, car les colonies de ce grand oiseau (~2,5 kg), qui peut vivre longtemps (~20 années), sont présentes partout dans la vallée du fleuve Saint-Laurent, du fleuve jusqu'au golfe (DesGranges et Desrosiers, 2006). De plus, les adultes restent près de leurs colonies de nidification pendant presque cinq mois de l'année, pendant la croissance des jeunes. Ces derniers, nourris de poissons attrapés localement, agiraient comme intégrateurs de contamination à l'échelle régionale (Benoit et coll., 1993).

Pour évaluer la biodisponibilité des contaminants dans le système du Saint-Laurent, nous avons étudié les concentrations de métaux lourds et les composés organochlorés présents dans les œufs, le foie, les reins, le sang et les plumes des Grands Hérons de 31 colonies, de 1989 à 1994. La plupart des colonies se trouvaient dans le système du Saint-Laurent (25); quelques-unes étaient situées dans les plans d'eau intérieurs ailleurs au Québec (6), lesquelles ont servi de sites de référence. Comme recherche secondaire, nous avons étudié les effets physiologiques des contaminants chez les Grands Hérons (Champoux et coll., 2000; 2002).

2. Méthodes et zones d'étude

2.1 Échantillons et analyses chimiques

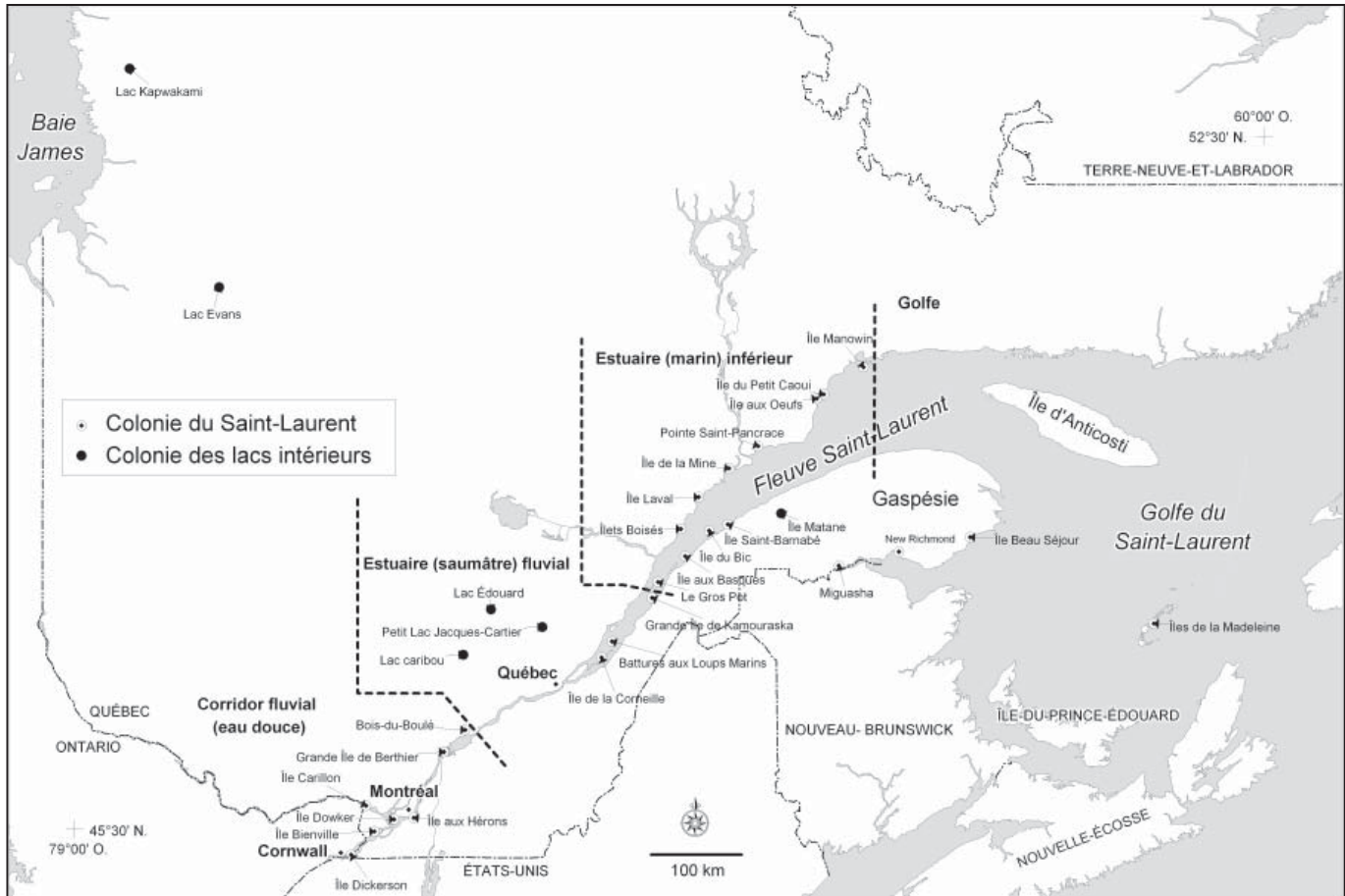
L'échantillonnage a été mené dans 25 colonies situées le long d'un corridor de 1 350 km s'étendant du fleuve Saint-Laurent jusqu'au golfe du Saint-Laurent (de Cornwall, en Ontario, jusqu'aux Îles-de-la-Madeleine) (fig. 1). La portion fluviale du fleuve, dont l'eau est douce ($n = 7$ colonies), et l'estuaire fluvial et saumâtre ($n = 3$) présentent des situations de grande exposition aux contaminants. Les colonies de l'estuaire inférieur ($n = 11$) et du golfe du Saint-Laurent ($n = 4$) (tous les deux de l'eau salée) se trouvent relativement loin des sources de pollution industrielle. De plus, six colonies de référence situées près de lacs intérieurs loin du Saint-Laurent (aussi loin que la région de la baie James) ont été utilisées pour déterminer les niveaux de base dans l'eau douce moins susceptible d'être contaminée.

Des tissus biologiques ont été prélevés dans un total de 217 nids entre 1977 et 1994 (principalement entre 1989 et 1994). Dans la plupart des colonies, nous avons recueilli un œuf dans cinq nids au printemps, et dans le cadre d'une deuxième visite, nous avons effectué des prélèvements sur les héronneaux âgés de 35 à 45 jours dans chacun des mêmes cinq nids ($\bar{x} = 37$ jours; écart-type (ÉT) = 8,4; $n = 168$ héronneaux). Un total de 201 œufs recueillis dans les 31 colonies a été analysé pour les métaux lourds et les contaminants organochlorés; certains œufs ont également été utilisés pour une étude de biomarqueurs (Boily et coll., 1994; Champoux et coll., 2000; 2002). Un total de 168 héronneaux provenant de 21 colonies a été échantillonné. Du sang et des plumes ont été prélevés respectivement sur 136 et 131 héronneaux (certains d'entre eux étaient trop jeunes pour qu'une quantité suffisante de plumes ou de sang puisse être prélevée de manière sécuritaire pour les analyses chimiques). Finalement, un total de 127 héronneaux provenant de 31 colonies ont été sacrifiés (en cinq ans), tandis que les autres héronneaux ont été bagués et remis dans leur nid. Rodrigue et coll. (2005) décrivent le plan d'échantillonnage (nombre d'échantillons et de groupes par tissus, par âge, par nid et par colonie), ainsi que le plan d'analyses chimiques (tissus analysés selon des produits chimiques particuliers, avec les limites de détection).

Nous avons fondé notre évaluation de l'âge des héronneaux sur la longueur du tarse (Quinney, 1982). Nous

Figure 1.

Emplacements des 31 colonies de Grands Hérons (*Ardea herodias*) au Québec où les œufs et les tissus des adultes et des héronneaux ont été recueillis entre 1989 et 1994. Un total de 25 colonies était situées le long du fleuve Saint-Laurent et 6 se trouvaient dans les plans d'eau intérieurs éloignés du système du fleuve Saint-Laurent.



avons recueilli environ 3 g de plumes de chaque héronneau pour effectuer des analyses du mercure. Ces plumes, dont la plupart avaient atteint 75 % de leur développement, ont été recueillies de manière symétrique à divers endroits sur le corps afin de ne pas empêcher les oiseaux de voler (cinquième primaire, cinquième secondaire, deux plumes de couverture de chaque aile, quatre plumes de couverture inférieure et supérieure de la queue et une plume de la queue).

Nous avons recueilli 5 ml ou moins de sang de la veine brachiale de l'une des ailes de chaque héronneau à l'aide d'une seringue contenant de l'éthylènediaminetétraacétate de calcium et de disodium (EDTA). Cette quantité constitue un tiers du volume de sang pouvant être prélevé de manière sécuritaire sans nuire à la santé des oiseaux de cette taille (Campbell, 1988). Le prélèvement de sang a été transféré dans un tube Vacutainer contenant de l'EDTA, conservé sur de la glace et congelé le même jour.

Certains héronneaux ont été décapités et les tissus ont été rapidement disséqués afin d'étudier le cheminement des contaminants dans leurs organes internes (quand la taille de l'échantillon le permettait).

Les plumes adultes (principalement des pennes) ont été prélevées dans les nids ou sur le sol, sous les nids, dans le cadre de l'une des visites. Les trois adultes tués accidentellement dans le nid au cours du processus

d'élaboration d'une technique de capture ont également été analysés.

Pour obtenir une estimation de la quantité de mercure présente dans un tissu, nous avons multiplié le poids de celui-ci par la concentration de mercure trouvée. Le poids du foie et des reins a été mesuré, celui du sang a été estimé à l'aide d'une équation publiée par Campbell (1988) et le poids des plumes a été obtenu en plumant cinq héronneaux de leurs plumes entièrement développées.

L'analyse du mercure total a été effectuée selon la méthode décrite dans Adeloju et Mann (1987) (MET-CHEM-AA-03C). Les échantillons ($\approx 0,5$ g) ont été digérés dans un mélange d'acides nitriques et sulfuriques (rapport de 1 à 2) à 70 °C. Du bichromate de potassium a été ajouté au mélange pour compléter l'oxydation des composés organo-mercuriels. Les concentrations de mercure ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à absorption atomique à vapeur froide (CVAAS), modèle 3030-AAS (Perkin-Elmer), muni d'un générateur d'hydrure VGA-76 (Varian) et d'un autoéchantillonneur PSC-55 (Varian).

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées pour les pesticides organochlorés et les biphényles polychlorés (BPC) sont décrites dans Won et coll. (2001). Un total de 22 composés organochlorés et 41 congénères de BPC ont été recueillis. La classification des congénères de BPC utilisée ici est celle de l'Union internationale de chimie

pure et appliquée (UICPA) (Ballschmiter et Zell, 1980). En bref, l'échantillon a été extrait avec un mélange de dichlorométhane (DCM) et d'hexane (rapport de 1 à 1), puis déshydraté avec du sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4). Les lipides et les matériaux biogéniques ont été enlevés par chromatographie sur gel et un autre nettoyage a été effectué par chromatographie sur colonne de Florisil. Des analyses quantitatives d'organochlorés et de BPC ont été effectuées par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire couplée à un discriminateur de masse. En raison des coûts élevés liés aux analyses d'organochlorés, nous avons mis les échantillons en commun pour l'analyse. La concentration obtenue de l'analyse d'un échantillon composite correspond à peu de chose près à la moyenne des concentrations individuelles (Turle et Collins, 1992). Le contrôle de la qualité des analyses chimiques a été géré par le Centre national de la recherche faunique (CNRF) d'Environnement Canada. Puisque le CNRF effectue des analyses sur les œufs des goélands argentés (*Larus argentatus*) sur une base régulière, ce matériel peut être utilisé comme référence pour les analyses d'organochlorés. À titre de règle, le CNRF ajoute quatre échantillons avec des valeurs connues pour les analyses de mercure. Deux échantillons à blanc sont toujours utilisés pour chaque série d'analyse. L'exactitude analytique a été testée en analysant des échantillons en double et en triple. Le coefficient de variation pour les analyses était inférieur à 10 % du total de mercure.

Les concentrations chimiques des tissus frais sont exprimées en poids frais; les concentrations de plumes sont exprimées en poids sec.

2.2 Analyses statistiques

Les statistiques sur les concentrations de contaminants dans les tissus biologiques (incluant l'écart-type [ÉT]) ont été calculées pour les œufs et les tissus des héronneaux (foie, reins, sang et plumes) provenant de nichées individuelles, de nids de chacune des colonies et de colonies situées dans différentes régions dans le cadre de l'étude. Les tests préliminaires de Shapiro-Wilks (statistique W) (Zar, 1984) ont démontré que la plupart de nos concentrations de contaminants n'étaient pas normalement distribuées ($P > 0,05$). De plus, puisque dans plusieurs cas la taille des échantillons était petite (colonie-année-tissu-âge), nous avons décidé de ne pas transformer les données en logarithmes, mais d'utiliser des analyses non paramétriques dans la majorité des cas. Les données brutes ont été traitées directement, sauf pour les proportions (p), lesquelles ont été transformées en arc-sinus \sqrt{p} , tel qu'il est recommandé par Zar (1984). Pour comparer deux échantillons indépendants ou plus, nous avons utilisé deux différents tests, soit le test de Mann-Whitney (statistique U) et le test de Kruskal-Wallis (statistique H). Afin de procéder à la comparaison des échantillons appariés, le test de Mann-Whitney (statistique U) a été remplacé par le test de Wilcoxon pour observations appariées (statistique Z) et le test de Kruskal-Wallis (statistique H) a été remplacé par le test de Friedman (test χ^2) (Zar, 1984).

Dans certains cas, les tests de comparaisons multiples ont été effectués après que le soient les tests de Kruskal-Wallis. Les tests de comparaisons multiples

ont été faits à l'aide de la statistique q , une méthode non paramétrique semblable au test de Tukey (Zar, 1984). Les corrélations entre les variables ont été calculées à l'aide du coefficient de corrélation des rangs de Spearman (r_s). Pour les analyses de régression, des modèles linéaires ont été utilisés conjointement avec la méthode des plus petits carrés. La linéarité des relations est devenue évidente quand la distribution des résiduels a été étudiée (Neter et Wasserman, 1974).

Les analyses en coordonnées principales (PCOORD) ont été utilisées pour positionner les colonies, les tissus et les contaminants dans un espace d'ordination afin que les associations parmi les régions puissent être comparées pour les tissus des adultes et des héronneaux. Des analyses ont été effectuées sur la matrice de similarité des objets (calculées selon le coefficient général de similarité de Gower; Gower, 1971) utilisant la méthode S15 dans Legendre et Legendre (1998).

Les résultats des analyses en coordonnées principales sont représentés dans une ordination bidimensionnelle accompagnée d'un graphique illustrant la contribution relative de chaque variable par rapport à la dispersion des objets. Cette contribution correspond à la corrélation produit-moment de Pearson des valeurs et aux positions des objets de chacun des deux axes.

Les statistiques descriptives et les tests de normalité ont été effectués à l'aide du logiciel JMP 2.0 (SAS Institute, 1991). Toutes les autres analyses ont été effectuées à l'aide du progiciel R (Legendre et Vaudor, 1991) : la procédure SIMIL pour calculer les matrices de similarité et PCOORD pour les analyses en coordonnées principales.

3. Résultats

3.1 Variabilité au sein des colonies et entre elles

Les coefficients de variation (totalité des 31 colonies) pour toutes les concentrations de contaminants dans les œufs et les tissus de chaque héronneau du même nid étaient faibles (généralement inférieurs à 25 %). Les coefficients ont augmenté lorsque le degré de comparaison est passé de celui des nids individuels à celui des colonies dans différentes régions (voir Rodrigue et coll., 2005, pour obtenir des détails).

En ce qui concerne les nids individuels, le coefficient moyen de variation des concentrations de mercure était de 13 % pour les plumes et de 23 % pour le sang. La variabilité des concentrations de dichlorodiphényldichloroéthylène (*p,p'*-DDE = 1,1-bis-(4-chlorophényl)-2,2-dichloroéthylène dans les tissus des héronneaux du même nid était supérieure à la variabilité des concentrations de mercure et de BPC. En ce qui a trait aux nids individuels, les coefficients moyens de variation de *p,p'*-DDE et de BPC étaient respectivement de 25 % et de 24 % dans les œufs, de 14 % et de 17 % dans le foie, et de 46 % et de 26 % dans le sang.

En général, la variabilité des concentrations de contaminants pour tous les échantillons d'une colonie particulière était supérieure à celle de chacun des nids considérés individuellement. Le coefficient moyen de variation du mercure était de 64 % dans les œufs, alors qu'il variait entre 18 % et 30 % dans les tissus des héronneaux. Au sein d'une colonie donnée, les coefficients moyens

de variation de *p,p'*-DDE et de BPC étaient supérieurs : respectivement 129 % et 102 % dans les œufs, 93 % et 80 % dans le foie et 91 % et 108 % dans le sang.

Pour toutes les colonies réunies, le coefficient moyen de variation des concentrations de mercure dans les œufs était de 24 %. Toutefois, dans les tissus des héronneaux, il variait entre 34 % et 69 %. Pour toutes les colonies, les coefficients moyens de variation de *p,p'*-DDE et de BPC ressemblaient à ceux des colonies considérées individuellement. Ils étaient de 61 % à 91 % dans les œufs, de 64 % à 92 % dans le foie et de 100 % dans le sang.

En général, des coefficients de variation plus faibles ont été obtenus pour les organes internes par rapport à ceux du sang et des œufs. À titre de comparaison, ces coefficients étaient nettement supérieurs (de deux à quatre fois; de 50 % à 100 %) pour les organochlorés que pour le mercure, peu importe le tissu.

3.2 Contamination au mercure

L'analyse du mercure dans les tissus adultes était limitée au foie et aux plumes. La concentration moyenne de mercure dans les tissus du foie des adultes des colonies situées le long du fleuve Saint-Laurent était de 3,82 µg/g poids frais (maximum de 31 colonies = 5,13 µg/g poids frais, île du Petit Caouis dans l'estuaire inférieur). La concentration correspondante dans les plumes était de 6,32 µg/g poids sec (maximum de 14,45 µg/g poids sec, île Laval également dans l'estuaire inférieur) (tableau 1).

La concentration de mercure dans les plumes adultes variait beaucoup, car les échantillons analysés comprenaient divers types de plumes ayant été renouvelées à différents stades du cycle de vie annuel et parce que les oiseaux n'étaient pas du même âge et du même genre (voir Furness et coll., 1986).

La concentration moyenne de mercure dans les œufs recueillis le long du fleuve Saint-Laurent était de 0,26 µg/g poids frais (maximum de 0,92 µg/g poids frais, île de la Corneille dans l'estuaire saumâtre) (tableaux 1 et 2).

Cette concentration était beaucoup plus faible (< 5 %) que la concentration trouvée dans les plumes des adultes provenant d'un même nid (test de Wilcoxon pour observations appariées effectué selon les valeurs moyennes par colonie : $Z = -3,41$; $P = 0,007$; $n = 15$). Toutefois, la concentration de mercure dans les plumes des adultes était

Tableau 1

Concentrations moyennes totales de mercure (écart-type, nombre d'échantillons et intervalle des concentrations) chez les Grands Hérons (*Ardea herodias*) provenant de 31 colonies au Québec (25 provenant du système du Saint-Laurent et 6 sites de référence dans des plans d'eau intérieurs) entre 1989 et 1994.

Étape	Tissu	Toutes les colonies \bar{X}	Région									Mann-Whitney Z	P^a
			Système du Saint-Laurent				Plans d'eau intérieurs						
			\bar{X}	ÉT	(groupe) ⁿ	Intervalle	\bar{X}	ÉT	(groupe) ⁿ	Intervalle			
Adulte	Plumes (µg/g poids sec)	7,3	6,32	3,22	17	2,33–14,45	10,29	5,31	3	4,11–13,4	1,11	0,01	
	Foie (µg/g poids frais)	6,9	3,82	1,39	5	1,59–5,13	24,75	-	1	-	-	-	
Œuf	Œuf (µg/g poids frais)	0,27	0,26	0,15	44 (117)	0,33–0,92	0,31	0,08	12 (21)	0,15–0,43	2,23	0,03	
Héronneau	Sang (µg/ml poids frais)	0,45	0,48	0,34	38 (100)	0,11–1,76	0,32	0,23	10 (23)	0,14–0,84	1,93	0,05	
	Plumes (µg/g poids sec)	5,68	5,75	2,08	54 (102)	1,1–10,5	5,44	1,67	16 (25)	3,7–8,8	0,69	0,49	
	Foie (µg/g poids frais)	0,53	0,52	0,25	37 (69)	0,15–1,27	0,58	0,33	11 (15)	0,31–1,32	0,23	0,82	
	Reins (µg/g poids frais)	0,44	0,42	0,16	36 (83)	0,11–0,75	0,48	0,09	11 (15)	0,35–0,63	1,44	0,15	

^a Les chiffres en caractères gras sont importants ($P \leq 0,05$)

Tableau 2

Concentrations moyennes totales de mercure (écart-type, nombre d'échantillons et intervalle des concentrations) dans les œufs des Grands Hérons (*Ardea herodias*) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec (25 du système du Saint-Laurent et 6 sites de référence dans des plans d'eau intérieurs) entre 1989 et 1994.

Région	Œuf (µg/g poids frais)				Plumes (µg/g poids sec)				Sang (µg/ml poids frais)				Foie (µg/g poids frais)				Reins (µg/g poids frais)			
	\bar{X}	ÉT	n (groupe)	Intervalle	\bar{X}	ÉT	n (groupe)	Intervalle	\bar{X}	ÉT	n (groupe)	Intervalle	\bar{X}	ÉT	n (groupe)	Intervalle	\bar{X}	ÉT	n (groupe)	Intervalle
Section fluviale (eau douce)	0,28	0,04	7 (31)	0,24–0,37	6,89	1,59	17 (46)	5,4–10,2	0,85 ^a	0,56	7 (42)	0,30–1,76	0,81	0,36	6 (22)	0,40–1,27	0,48	0,15	25 (40)	0,20–0,75
Estuaire fluvial ou saumâtre	0,23	0,22	13 (21)	0,03–0,92	5,72	1,65	11 (15)	3,6–9,2	0,43	0,17	11 (15)	0,17–0,77	0,56	0,13	11 (12)	0,33–0,72	0,37	-	2 (11)	0,32–0,41
Estuaire inférieur (eau salée)	0,28	0,13	21 (56)	0,08–0,55	5,50	1,88	23 (38)	2,6–10,5	0,42	0,21	17 (40)	0,16–0,96	0,45	0,17	17 (32)	0,24–0,82	0,31	0,10	8 (29)	0,15–0,42
Golfe du Saint-Laurent	0,24	0,06	3 (9)	0,18–0,28	1,27	0,27	3 (3)	1,1–1,6	0,13 ^b	0,02	3 (3)	0,11–0,14	0,18	0,04	3 (3)	0,15–0,22	0,11	-	1 (3)	-
Système du Saint-Laurent au total	0,26	0,15	44 (117)	0,03–0,92	5,75 ^a	2,08	54 (102)	1,1–10,5	0,48 ^c	0,34	38 (100)	0,11–1,76	0,52	0,25	37 (69)	0,15–1,27	0,42	0,16	36 (83)	0,11–0,75
Plans d'eau intérieurs	0,31	0,08	12 (21)	0,15–0,43	5,44 ^b	1,67	16 (25)	3,7–8,8	0,32 ^d	0,23	10 (23)	0,14–0,84	0,58	0,33	11 (15)	0,31–1,32	0,48	0,09	11 (15)	0,35–0,63
Toutes les colonies	0,27	0,14	56 (138)	0,03–0,92	5,68	1,98	70 (127)	1,1–10,5	0,45	0,32	48 (123)	0,11–1,76	0,53	0,27	48 (84)	0,15–1,32	0,44	0,15	47 (98)	0,11–0,75

^a Les valeurs avec la même lettre ou aucune lettre ne sont pas très différentes ($P > 0,05$)

similaire ($1,2 \times$) à celle de leurs héronneaux (Mann-Whitney, $Z = -1,07$; $P = 0,3$; $n = 90$).

Les concentrations moyennes de mercure dans les tissus du foie des héronneaux étaient de $0,52 \mu\text{g/g}$ poids frais (maximum de $1,27 \mu\text{g/g}$ poids frais, île Dowker dans le corridor fluvial). Les concentrations moyennes de mercure dans le sang des héronneaux étaient de $0,48 \mu\text{g/ml}$ poids frais (maximum de $1,76 \mu\text{g/ml}$ poids frais, île aux Hérons, également située dans le corridor fluvial) (tableaux 1 et 2). Il existait une grande corrélation entre les concentrations de mercure dans le sang et dans le foie des héronneaux (fig. 2a).

Quand il était possible d'effectuer des comparaisons par paire des nids et des colonies, nous avons découvert que les œufs contenaient 2,3 fois moins de mercure en moyenne que le sang des héronneaux (test de Wilcoxon pour observations appariées, $Z = -2,90$; $P = 0,004$; $n = 15$) et 21 fois moins de mercure en moyenne que les plumes des héronneaux (test de Wilcoxon pour observations appariées, $Z = -3,62$; $P = 0,0003$; $n = 17$; fig. 3a).

Les concentrations moyennes de mercure dans les plumes des héronneaux ($5,75 \mu\text{g/g}$ poids sec; maximum de $10,5 \mu\text{g/g}$ poids sec, îles de la Mine dans l'estuaire inférieur) étaient 17 fois plus élevées que celles du sang, 13 fois plus élevées que celles des reins et 10 fois plus élevées que celles du foie. Les plumes représentent les principaux réservoirs de mercure; environ 90 % du mercure est emmagasiné dans les plumes des héronneaux tout au long de leur croissance (voir Rodrigue et coll., 2005, pour obtenir des détails).

3.3 Contamination par les composés organiques

3.3.1 Pesticides organochlorés

Les 63 composés organochlorés analysés (22 organochlorés et 41 congénères de BPC) n'ont pas été détectés dans chacun des échantillons. Les échantillons d'œufs présentaient des combinaisons variables de 76 % d'entre eux (ÉT = 10; $n = 55$ groupes [139 œufs]), les échantillons

de foie présentaient des combinaisons variables de 62 % d'entre eux (ÉT = 25,3; $n = 76$ groupes [105 héronneaux]), et les échantillons de sang présentaient des combinaisons variables de 44 % d'entre eux (ÉT = 27; $n = 30$ groupes [83 héronneaux]) (tableau 3). Le *p,p'*-DDE, la dieldrine, le photomirex, le mirex, le trans-nonachlore et le cis-nonachlore, l'oxychlorane et l'hexachlorobenzène sont les pesticides organochlorés qui ont été le plus souvent détectés (>50 %) dans les œufs ainsi que dans le foie et le sang des héronneaux (Rodrigue et coll., 2005). Bon nombre des composés organochlorés d'intérêt (p. ex., 1,2,3,4-tétrachlorobenzène, 1,2,4,5-tétrachlorobenzène, pentachlorobenzène ainsi que α -, β - et γ -hexachlorocyclohexane) n'ont pas été détectés ou l'ont été dans peu de tissus.

Le *p,p'*-DDE, un important métabolite de dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT = 4,4'-(2,2,2-trichloroéthane-1,1-diyl)bis(chlorobenzène)), représentait 98 % du DDT dans les œufs, de 88 % du DDT dans le foie des héronneaux et 84 % du DDT dans le sang des héronneaux (Rodrigue et coll., 2005).

La concentration moyenne de *p,p'*-DDE dans les œufs était de $3,85 \mu\text{g/g}$ poids frais (ÉT = 5,1; $n = 55$ groupes [139 œufs]); maximum de $31 \mu\text{g/g}$ poids frais, île du Petit Caouis dans l'estuaire inférieur) (tableau 4).

La concentration moyenne de *p,p'*-DDE dans les tissus du foie des héronneaux était de $0,04 \mu\text{g/g}$ poids frais (ÉT = 0,04; $n = 76$ groupes [105 héronneaux]); maximum de $0,208 \mu\text{g/g}$ poids frais, île de la Corneille dans l'estuaire saumâtre) (tableau 4).

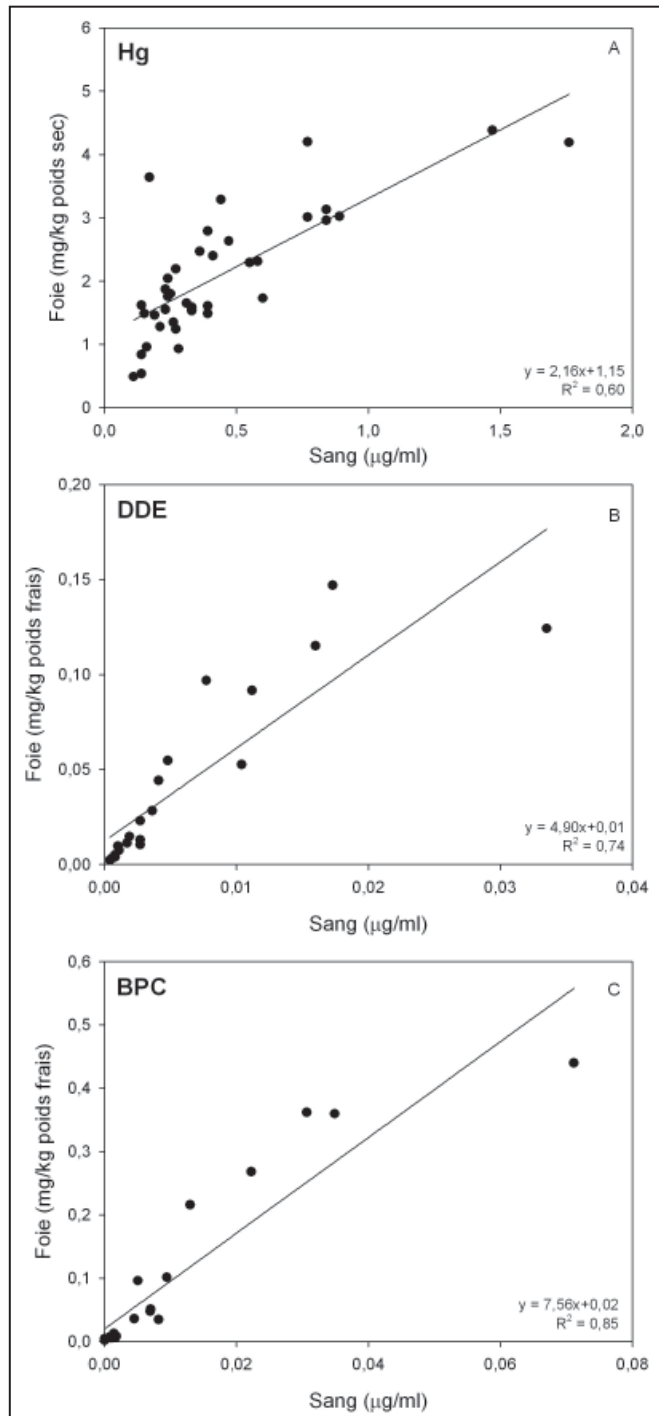
La concentration moyenne de *p,p'*-DDE dans le sang était de $0,006 \mu\text{g/ml}$ poids frais (ÉT = 0,006; $n = 30$ groupes [83 héronneaux]); maximum de $0,034 \mu\text{g/ml}$ poids frais, Île Manowin de l'estuaire inférieur) (tableau 4).

Il existait également une grande corrélation entre les concentrations de *p,p'*-DDE dans le foie et dans le sang (fig. 2b).

Il est à remarquer que 91 % des concentrations de *p,p'*-DDE mesurées dans le foie étaient inférieures à $0,1 \mu\text{g/g}$ poids frais. Ce taux reflète probablement le court temps

Figure 2

Corrélations chez les Grands Hérons (*Ardea herodias*) entre le mercure présent dans le sang et le mercure présent dans le foie (A; 39 groupes de 65 échantillons, mêmes individus pour les deux); corrélations entre le *p,p'*-DDE présent dans le sang et le *p,p'*-DDE présent dans le foie (B; 20 groupes de 34 échantillons, mêmes individus pour les deux) et corrélations entre les BPC présents dans le sang et les BPC présents dans le foie (C; 20 groupes de 34 échantillons, mêmes individus pour les deux).

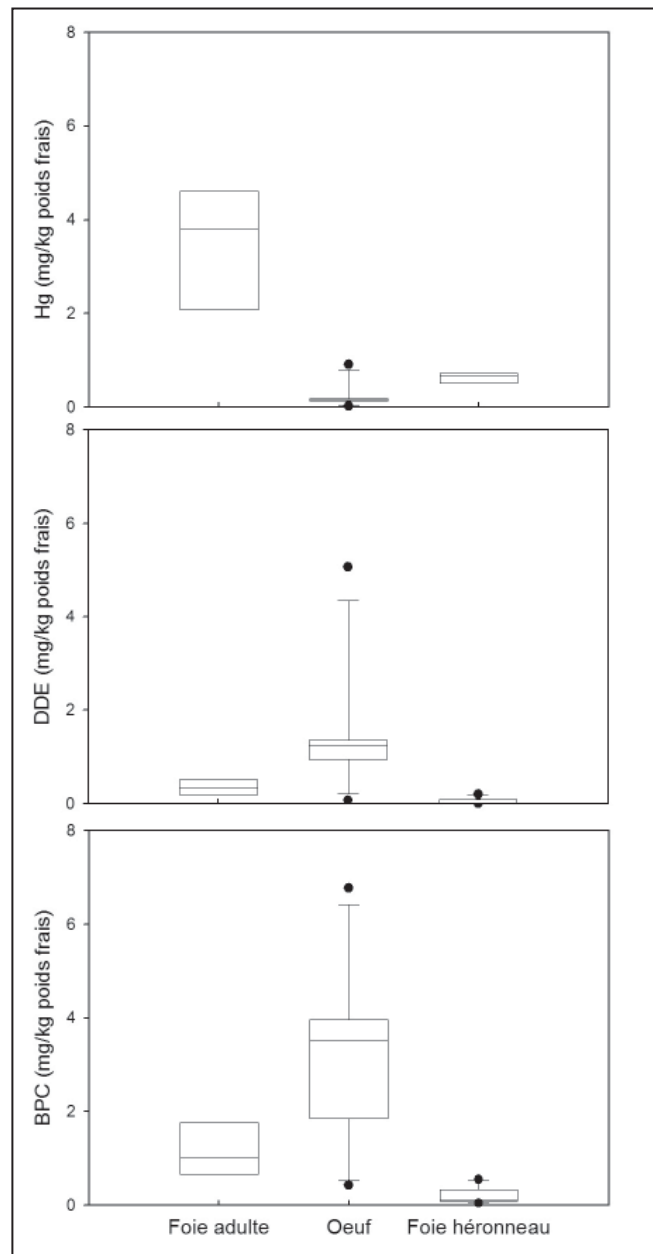


d'exposition des héronneaux (37 jours en moyenne) ainsi que le faible degré probable d'exposition (Rodrigue et coll., 2005).

La concentration moyenne de *p,p'*-DDE dans les tissus du foie des adultes capturés dans les nids d'une colonie de hérons de l'estuaire saumâtre était de 0,32 µg/g poids frais

Figure 3

Comparaison des concentrations de mercure (Hg) (A), de *p,p'*-DDE (B) et de BPC (C) chez les Grands Hérons adultes (*Ardea herodias*) ($n = 4$), dans les œufs des Grands Hérons ($n = 11$) et chez les héronneaux ($n = 10$). Les diagrammes à surface démontrent les parties moyennes, supérieures et inférieures ainsi que les observations aberrantes.



(ÉT = 0,15; $n = 6$; maximum de 0,52 µg/g, île de la Corneille). Cette valeur est cinq fois plus faible que la concentration dans les œufs qu'ils avaient eux-mêmes pondus ($\bar{x} = 1,45$ µg/g poids frais; ÉT = 1,26; $n = 11$; maximum de 5,07 µg/g poids frais), mais cinq fois plus élevée que la concentration dans les tissus du foie des héronneaux de la même colonie ($\bar{x} = 0,06$ µg/g poids frais; ÉT = 0,07; $n = 6$; maximum de 0,21 µg/g poids frais) (fig. 3b).

3.3.2 Biphényles polychlorés

La concentration moyenne de BPC dans les œufs des Grands Hérons était de 4,08 µg/g poids frais (maximum

Tableau 3

Taux de détection moyen de pesticides organochlorés et de BPC dans les œufs des Grands Hérons (*Ardea herodias*) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec (25 du système du Saint-Laurent et 6 sites de référence dans des plans d'eau intérieurs) entre 1989 et 1994, exprimé en pourcentage (écart-type, nombre d'échantillons et intervalle des concentrations).

Tissu	Toutes les colonies Pourcentage moyen	Région								Mann-Whitney	
		Réseau du Saint-Laurent				Plans d'eau intérieurs					
		Pourcentage moyen	ÉT	<i>n</i>	Intervalle (%)	Pourcentage moyen	ÉT	<i>n</i>	Intervalle (%)	Z	<i>P</i> ^a
Œuf	76,3	77,2	10,6	44 (118 œufs)	57,8–94,9	72,8	6,4	11 (21 œufs)	59,4–84,4	-1,47	0,14
Foie des héronneaux	62,7	65,0	25,6	56 (84 héronneaux)	9,4–91,7	56,5	23,7	20 (21 héronneaux)	15,9–80,0	-1,99	0,05
Sang des héronneaux	43,9	48,4	28,5	23 (72 héronneaux)	1,6–87,3	29,1	15,2	7 (11)	18,8–59,4	-1,59	0,11

^a Les chiffres en gras sont importants ($P \leq 0,05$)

Tableau 4

Concentrations moyennes de *p,p'*-DDE (écart-type, nombre d'échantillons et intervalle des concentrations) dans les œufs des Grands Hérons (*Ardea herodias*) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec (25 du système du Saint-Laurent et 6 sites de référence dans des plans d'eau intérieurs) entre 1989 et 1994.

Région	Œuf (µg/g poids frais)				Foie des héronneaux (µg/g poids frais)				Sang des héronneaux (µg/ml poids frais)			
	\bar{X}	ÉT	<i>n</i> (œufs)	Intervalle	\bar{X}	ÉT (héronneaux)	<i>n</i>	Intervalle	\bar{X}	ÉT (héronneaux)	<i>n</i>	Intervalle
Section fluviale (eau douce)	3,24	3,0	7 (31)	0,98–9,9	0,06 ^a	0,04	25 (40)	0,015–0,140	0,006	0,002	6 (28)	0,004–0,010
Estuaire fluvial ou saumâtre	1,86	1,7	13 (21)	0,08–5,8	0,07	0,07	11 (12)	0,010–0,208	0,010	0,007	3 (7)	0,003–0,017
Estuaire inférieur (eau salée)	5,08	7,1	21 (57)	0,04–31	0,03 ^b	0,04	17 (29)	0,002–0,124	0,006	0,009	14 (37)	0,000–0,034
Golfe du Saint-Laurent	4,28	3,7	3 (9)	0,95–8,2	0,03	0,03	3 (3)	0,011–0,067				
Système du Saint-Laurent au total	3,78	5,3	44 (118)	0,04–9,9	0,05	0,04	56 (84)	0,002–0,208	0,006	0,008	23 (72)	0,000–0,034
Plans d'eau intérieurs	4,11	4,5	11 (21)	1,61–17,3	0,03	0,03	20 (21)	0,005–0,097	0,005	0,006	7 (11)	0,001–0,011
Toutes les colonies	3,85	5,1	55 (139)	0,04–31	0,04	0,04	76 (105)	0,002–0,208	0,006	0,006	30 (83)	0,000–0,034

^a Les valeurs avec la même lettre ou aucune lettre ne sont pas très différentes ($P > 0,05$)

Tableau 5

Concentrations moyennes de BPC (écart-type, nombre d'échantillons et intervalle des concentrations) dans les œufs des Grands Hérons (*Ardea herodias*) et chez les héronneaux provenant de 31 colonies au Québec (25 du système du Saint-Laurent et 6 sites de référence dans des plans d'eau intérieurs) entre 1989 et 1994.

Région	Œuf (µg/g poids frais)				Foie des héronneaux (µg/g poids frais)				Sang des héronneaux (µg/ml poids frais)			
	\bar{X}	ÉT	<i>n</i> (œufs)	Intervalle	\bar{X}	ÉT (héronneaux)	<i>n</i>	Intervalle	\bar{X}	ÉT (héronneaux)	<i>n</i>	Intervalle
Section fluviale (eau douce)	3,69	1,7	7 (31)	1,1–5,9	0,283 ^a	0,140	25 (40)	0,078–0,505	0,040	0,021	6 (28)	0,022–0,071
Estuaire fluvial ou saumâtre	4,29	3,7	13 (21)	0,43–15,4	0,237 ^a	0,182	11 (12)	0,047–0,551	0,037	0,029	3 (7)	0,009–0,067
Estuaire inférieur (eau salée)	3,42	4,5	21 (57)	0,28–18,7	0,047 ^b	0,055	17 (29)	0,002–0,216	0,005	0,006	14 (37)	0,000–0,019
Golfe du Saint-Laurent	8,72	9,9	3 (9)	2,76–20,1	0,094	0,056	3 (3)	0,045–0,155	-	-	-	-
Système du Saint-Laurent au total	4,08	4,47	44 (118)	0,28–20,1	0,192	0,163	56 (84)	0,002–0,551	0,018	0,021	23 (72)	0,000–0,071
Plans d'eau intérieurs	4,23	8,5	11 (21)	0,32–29,7	0,041	0,059	20 (21)	0,006–0,268	0,006	0,007	7 (11)	0,001–0,022
Toutes les colonies	4,11	5,4	55 (139)	0,28–29,7	0,15	0,16	76 (105)	0,002–0,551	0,02	0,02	30 (83)	0,000–0,071

^a Les valeurs avec la même lettre ou aucune lettre ne sont pas très différentes ($P > 0,05$)

de 29,67 µg/g poids frais, Île Matane du lac Matapédia en Gaspésie) (fig. 3c, tableau 5).

La concentration moyenne totale de BPC dans les tissus du foie des adultes était de 0,82 µg/g poids frais ($n = 6$) (fig. 3c). La concentration moyenne totale de BPC dans les tissus du foie des héronneaux était de 0,15 µg/g poids frais (maximum de 0,55 µg/g poids frais, Battures aux Loups Marins dans l'estuaire saumâtre). La concentration correspondante dans le sang était de 0,02 µg/ml poids frais (maximum de 0,07 µg/ml poids frais, Île aux Hérons dans la section fluviale) (fig. 3c, tableau 5).

Il existait une très grande corrélation entre les concentrations de BPC dans le foie et dans le sang des héronneaux (fig. 2c). Toutes les concentrations obtenues pour le foie et le sang (<0,6 µg/g poids frais pour le foie et <0,08 µg/ml poids frais pour le sang) étaient faibles par rapport aux concentrations pour les œufs. Cette conclusion reflète sans aucun doute le court temps d'exposition des héronneaux (37 jours en moyenne).

Les congénères qui composaient plus de 50 % du total des BPC étaient les numéros 118, 138, 153 et 180 pour les œufs, 118, 138, 153 et 182/187 pour le foie et 118, 138, 149 et 153 pour le sang.

3.4 Comparaisons entre les régions

Les concentrations de mercure dans les œufs recueillis dans les plans d'eau intérieurs (les colonies de référence) étaient plus élevées que celles trouvées dans les œufs du système du fleuve Saint-Laurent (0,31 µg/g vs. 0,26 µg/g poids frais; $P < 0,05$) (tableau 1).

Les analyses de coordonnées principales (PCOORD) effectuées sur les 13 principaux composés organochlorés présents dans plus de 50 % des œufs (*p,p'*-DDT, dichlorodiphényldichloroéthane (*p,p'*-DDD = benzène, 1-chloro-4-(2,2-dichloro-1-(4-chlorophényl)éthyl)) *p,p'*-DDE, *cis*-chlordan, *trans*-nonachlore et *cis*-nonachlore, oxychlordan, heptachlor époxyde, dieldrine, pentachlorobenzène et hexachlorobenzène, octachlorostyrène et BPC) n'ont pas révélé de tendances régionales (fig. 4).

Cette conclusion suggère que les contaminants s'accumulent dans les organismes vivants des femelles adultes en partie dans les aires de migration et d'hivernage, et cela masque les tendances régionales. Toutefois, les femelles ont besoin de beaucoup de nourriture pendant le développement des œufs et elles pondent leur premier œuf environ un mois après avoir atteint les colonies du Saint-Laurent (DesGranges, 1995). Il est donc probable que la contamination des œufs reflète en partie les concentrations de contaminants de la nourriture ingérée dans les aires de reproduction (Lewis et coll., 1992; Stewart et coll., 1997; Evers et coll., 2005).

Une deuxième analyse de coordonnées principales a été effectuée, cette fois sur les 13 composés organochlorés présents dans plus de 50 % des tissus du foie des héronneaux (*p,p'*-DDD, *p,p'*-DDE, photomirex, mirex, *cis*-chlordan, *trans*-nonachlore et *cis*-nonachlore, oxychlordan, heptachlor époxyde, dieldrine, hexachlorobenzène, octachlorostyrène et BPC). Cette analyse a révélé de nettes différences en matière

de contamination parmi les différentes aires géographiques à l'étude (fig. 5).

Puisque les héronneaux sont plus représentatifs de la pollution régionale que les œufs des hérons, les héronneaux sont plus utiles quand vient le temps de documenter la distribution spatiale des contaminants le long du Saint-Laurent. Par exemple, une grande différence dans le degré de contamination a été découverte entre les colonies du système du fleuve et celles situées sur les plans d'eau intérieurs (pourcentage de *p,p'*-DDE et de BPC détecté dans les tissus du foie des héronneaux [poids frais] : Mann-Whitney $U = -2,22$; $P \leq 0,03$). Les concentrations de *p,p'*-DDE (tableau 4) et de BPC (tableau 5) étaient également plus élevées dans le corridor fluvial que dans l'estuaire inférieur, alors que les concentrations de BPC étaient plus élevées dans l'estuaire saumâtre que dans l'estuaire inférieur ($q > 2,64$; $P < 0,05$). Les proportions des homologues de BPC dans les œufs des Grands Hérons étaient les mêmes dans le système du fleuve Saint-Laurent que celles dans les plans d'eau intérieurs (Mann-Whitney U ; $P > 0,05$).

La proportion des homologues de BPC comprenant trois ou quatre atomes de chlore était supérieure dans les tissus du foie des héronneaux du système du Saint-Laurent que dans les tissus du foie des héronneaux des plans d'eau intérieurs (Mann-Whitney $U = -2,84$ [Saint-Laurent] et $-4,34$ [plans d'eau intérieurs]; $P < 0,005$), alors que le contraire a été observé pour les homologues de BPC comprenant sept ou huit atomes de chlore (Mann-Whitney $U = -3,91$ [fleuve Saint-Laurent] et $-3,52$ [plans d'eau intérieurs]; $P < 0,0005$). Les homologues de BPC comprenant trois, quatre ou huit atomes de chlore étaient davantage présents dans les échantillons de sang provenant des héronneaux du système du fleuve Saint-Laurent que dans le sang provenant des héronneaux des plans d'eau intérieurs. Le contraire a été découvert pour les homologues comprenant six atomes de chlore (Mann-Whitney $-2,91 < U < -2,27$).

Les homologues de BPC comprenant trois ou quatre atomes de chlore étaient présents dans de plus grandes proportions des échantillons provenant du foie des héronneaux du corridor fluvial et de l'estuaire fluvial et saumâtre que dans les tissus du foie des héronneaux de l'estuaire inférieur et des colonies situées loin du Saint-Laurent (Kruskal-Wallis $H > 24$; $P < 0,0001$). Puisque nous étudions des proportions, il va sans dire que les autres homologues ont présenté la tendance contraire. Les homologues de BPC comprenant trois ou quatre atomes de chlore ont été découverts dans de plus grandes proportions dans les échantillons de sang provenant des héronneaux du fleuve que dans les échantillons en provenance des régions éloignées du Saint-Laurent. Le même résultat a été découvert pour les homologues de BPC comprenant quatre atomes de chlore dans le sang des héronneaux de l'estuaire saumâtre (Kruskal-Wallis $H > 10$; $P \leq 0,005$).

Figure 4

Dispersion des cinq régions de l'étude (la section fluviale, l'estuaire fluvial ou saumâtre et l'estuaire inférieur du fleuve Saint-Laurent, le golfe du Saint-Laurent et les plans d'eau intérieurs; voir figure 1) sur les deux premiers axes d'une analyse en coordonnées principales (PCOORD) effectuée d'après les 13 composés organochlorés détectés dans plus de 50 % des œufs des Grands Hérons (*Ardea herodias*) (\bar{x} (ÉT); taille des échantillons entre parenthèses). Voir section 3,4 de la liste des composés.

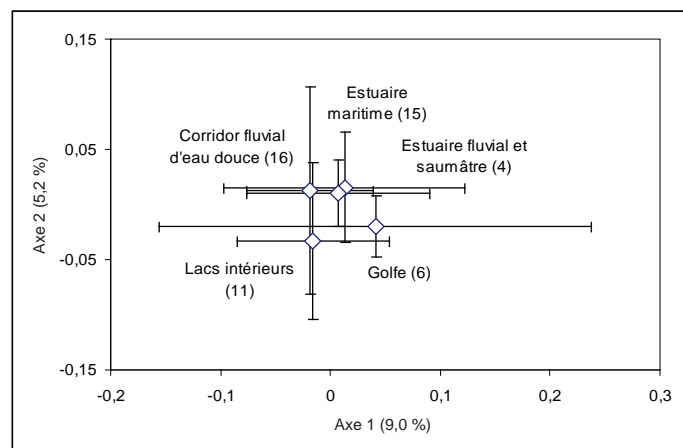
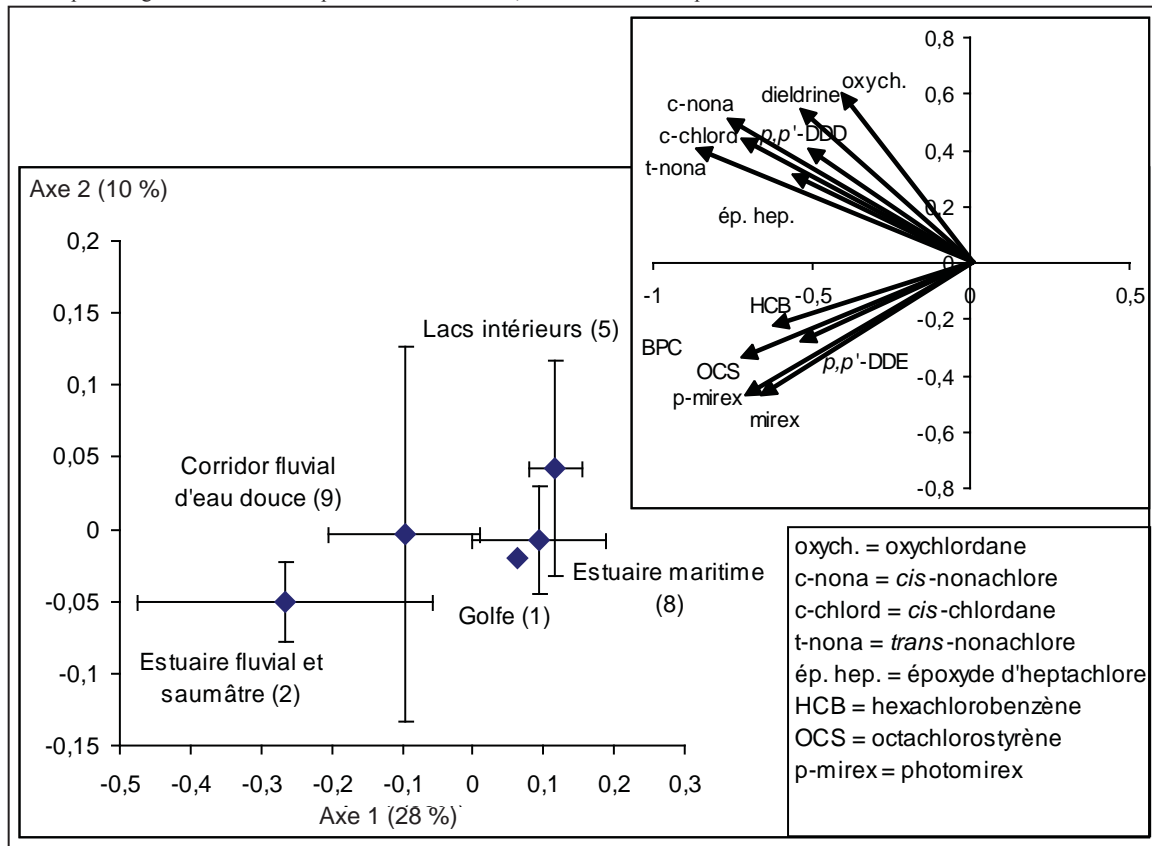


Figure 5

Dispersion des cinq régions de l'étude (la section fluviale, l'estuaire fluvial ou saumâtre et l'estuaire inférieur du fleuve Saint-Laurent, le golfe du Saint-Laurent et les plans d'eau intérieurs; voir figure 1) sur les deux premiers axes d'une analyse en coordonnées principales (PCOORD) effectuée d'après les 13 composés organochlorés détectés dans plus de 50 % des tissus du foie des héronneaux (*Ardea herodias*) (\bar{x} (ÉT); taille des échantillons entre parenthèses). Les vecteurs de l'insertion démontrent la contribution relative des 13 composés organochlorés de la dispersion. Voir section 3,4 de la liste des composés.



4. Discussion

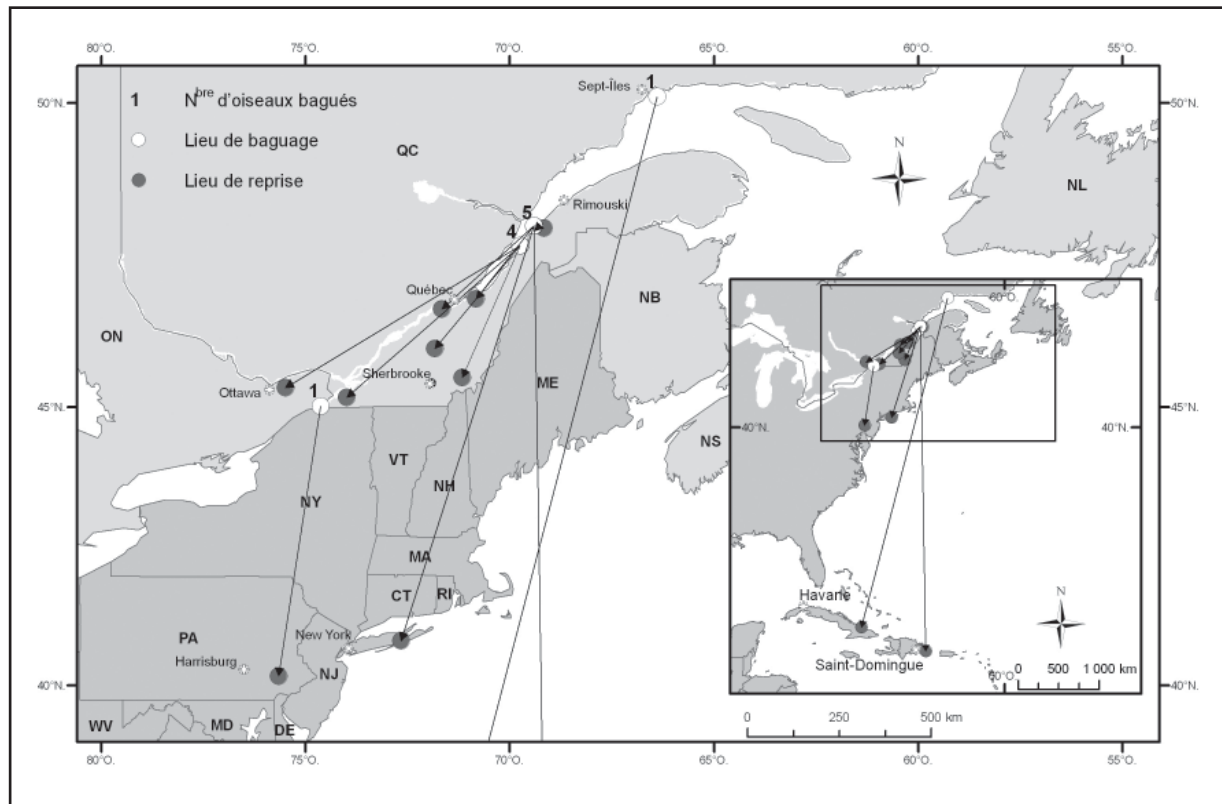
La présente étude démontre qu'il y a une accumulation biologique d'un grand nombre de substances toxiques chez les Grands Hérons du système du fleuve Saint-Laurent. Malgré les progrès récents en matière de décontamination résultant du nettoyage du fleuve Saint-Laurent, les concentrations de contaminants mesurées dans les œufs des Grands Hérons dans les années 1990 sont comparables (une fois ajustées pour tenir compte des différences analytiques) à celles observées en 1979 (Laporte, 1982). De plus, la concentration moyenne de mercure trouvée dans les plumes des héronneaux au Québec ($7,0 \mu\text{g/g}$ poids sec) est légèrement supérieure à la concentration de mercure trouvée dans les plumes des oisillons des échassiers (incluant le Grand Héron) en Floride ($3,5 \mu\text{g/g}$) (Beyer et coll., 1997). En outre, la concentration moyenne de mercure dans les

tissus provenant du foie des adultes de trois colonies au Québec était supérieure à la concentration présente dans les tissus du foie de leurs héronneaux ($7,31 \mu\text{g/g}$ poids frais chez six adultes vs. $0,46 \mu\text{g/g}$ poids frais chez 27 héronneaux). Cette conclusion suggère que les héronneaux seraient plus représentatifs de la pollution régionale (à savoir, la pollution près de leur colonie) que leurs parents, dont les concentrations de contaminants au début de la saison de reproduction reflètent, en partie, la situation qui prédominait dans leurs aires de migration et d'hivernage.

La figure 6 illustre les sites de retour pour le baguage (reprises d'individus bagués) pour un total de 11 héronneaux bagués à quatre colonies au Québec. Pendant la migration automnale, ces individus ont semblé migrer vers l'ouest le long du fleuve Saint-Laurent, puis au dessus des basses

Figure 6

Emplacements de baguage et d'observation des Grands Hérons (*Ardea herodias*) bagués au Québec. Le Bureau canadien du baguage des oiseaux du Service canadien de la faune d'Environnement Canada a gracieusement fourni les données de baguage.



terres du Saint-Laurent vers la côte atlantique, pour ensuite continuer vers le sud. Certains ont migré jusqu'aux Grandes Antilles. Cette voie de migration passe par des régions très industrialisées et agricoles où des pesticides et des métaux lourds sont encore utilisés régulièrement. Ces sources éloignées de contamination créent sans aucun doute de la confusion concernant les concentrations de contaminants que nous avons détectées chez les Grands Hérons adultes au Québec et dans leurs œufs. Une étude sur la contamination chez les Balbuzards pêcheurs (*Pandion haliaetus*) dans le Nord du Québec (DesGranges et coll., 1998) a donné lieu à une conclusion similaire.

En ce qui touche au *p,p'*-DDE, 36 % des œufs analysés présentaient une concentration supérieure à 3 µg/g poids frais, et 20 % des échantillons d'œuf indiquaient des concentrations supérieures à 5 µg/g poids frais, soit le seuil pour ne pas nuire au développement des œufs des Balbuzards pêcheurs (Noble et Elliott, 1990; DesGranges et coll., 1998). Il est à remarquer que Vermeer et Reynolds (1970) ont découvert une concentration de DDE de 78 µg/g dans un œuf de Grand Héron dans lequel le héronneau commençait à percer la coquille. Une population d'Ibis à face blanche (*Plegadis chihi*) en Utah, où les œufs présentaient des concentrations de DDE supérieures à 3 µg/g, a produit 30 % moins d'oisillons qu'une autre population présentant des concentrations de DDE inférieures à 1,5 µg/g (Steele, 1984).

L'épaisseur moyenne de la coquille des œufs recueillis au Québec entre 1989 et 1994 variait entre 0,29 mm et 0,60 mm, avec une valeur moyenne de 0,41 mm (ÉT = 0,04; *n* = 208) (Rodrigue et coll., 2005). L'épaisseur moyenne de la coquille des œufs est demeurée sensiblement la même que celle qui avait été mesurée pendant la période précédant l'introduction du *p,p'*-DDT dans le sud du Canada en 1947 (0,39 mm; Anderson et Hickey, 1972). Cette épaisseur moyenne des coquilles est également semblable aux mesures provenant des États-Unis (0,40 mm; Ohlendorf et coll., 1979).

En ce qui concerne les BPC, 78 % des œufs présentaient des concentrations inférieures à 5 µg/g poids frais, soit le seuil pour ne pas nuire au développement de l'embryon (Eisler, 1986). Il est à remarquer que seuls les trois échantillons-composites d'œufs de même provenance (22 %) présentaient des concentrations de BPC supérieures à 16 µg/g poids frais.

Le fait que les héronneaux élevés dans la partie d'eau douce du fleuve Saint-Laurent affichent des concentrations de contamination supérieures aux héronneaux élevés dans l'estuaire inférieur et à ceux élevés dans les colonies des plans d'eau intérieurs confirment la plus grande biodisponibilité des contaminants dans le secteur fluvial d'eau douce. Cela peut même démontrer la décharge continue de polluants qui s'accumulent dans les organismes vivants dans cette portion du Saint-Laurent, laquelle reçoit des entrées d'eau provenant du bassin des Grands Lacs et des affluents du Saint-Laurent qui drainent la région la plus peuplée du Québec. De plus, Bonin et coll. (1995) ont aussi constaté des différences dans les concentrations de contamination chez les Nectures tachetés (*Necturus maculosus*) liées à différentes masses d'eau de la portion d'eau douce du Saint-Laurent.

Les conclusions de la présente recherche ont donné lieu à des recommandations concernant la surveillance à long terme des contaminants chez le Grand Héron et l'utilisation de cette espèce comme indicateur de l'état des eaux du Saint-Laurent (DesGranges, 1992; Champoux et coll., 2000; 2002; Rodrigue et coll., 2005). Bien que les concentrations de contaminants chez les Grands Hérons soient similaires ou excèdent les concentrations considérées comme dangereuses chez les oiseaux piscivores, les Grands Hérons du Québec sont considérés comme étant en bonne santé dans l'ensemble (Champoux et coll., 2006). Cela explique probablement pourquoi la population de Grands Hérons du Québec est actuellement stable, voire grandissante (DesGranges et Desrosiers, 2006).

Bibliographie

- Adeloju, S.B., et T.F. Mann (1987).** « Acid effects on the measurement of mercury by cold vapor atomic absorption spectrometry », *Anal. Let.* 20:985-1000.
- Anderson, D.W., et J.J. Hickey (1972).** « Eggshell changes in certain North American birds », *Proc. Internat. Ornithol. Congr.* 15:514-540.
- Ballschmiter, K., et M. Zell (1980).** « Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary chromatography », *Fres. Z. Anal. Chem.* 302:20-31.
- Benoit, R., J.L. DesGranges et R. McNeil (1993).** « Directions of arrivals of Great Blue Herons (*Ardea herodias*) at nests with large chicks near Montréal, Quebec », *Journal canadien de zoologie*: 2250-2257.
- Beyer, W.N., M. Spalding et D. Morrison (1997).** « Mercury concentrations in feathers of wading birds from Florida », *Ambio* 26:97-100.
- Boily, M.H., L. Champoux, D.H. Bourbonnais, J.-L. DesGranges, J. Rodrigue et P.A. Spear (1994).** « β -carotene and retinoids in eggs of Great Blue Heron (*Ardea herodias*) in relation to St Lawrence River contamination », *Ecotoxicology* 3:271-286.
- Bonin, J., J.-L. DesGranges, C.A. Bishop, J. Rodrigue, A. Gendron et J.E. Elliott (1995).** « Comparative study of contaminants in the mudpuppy (*Amphibia*) and the common snapping turtle (*Reptilia*), St. Lawrence River, Canada », *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28:184-194.
- Campbell, T.W. (1988).** « Avian hematology and cytology », Iowa State University Press, Ames. viii + 101 p.
- Champoux, L., J.-L. DesGranges, J. Rodrigue, A. Hontela, S. Trudeau et P.A. Spear (2000).** *Évaluation d'indicateurs biochimiques chez le Grand Héron, Ardea herodias, et le Bihoreau gris, Nycticorax nycticorax, en relation avec la contamination du Saint-Laurent*, Série de rapports techniques du Service canadien de la faune n° 354, Région du Québec, Environnement Canada, Ste-Foy, Québec, 60 pages.
- Champoux, L., J. Rodrigue, J.-L. DesGranges, S. Trudeau, A. Hontela, M. Boily et P. Spear (2002).** « Assessment of contamination and biomarker responses in two species of herons on the St. Lawrence River », *Environmental Monitoring and Assessment* 79:193-215.
- Champoux, L., J. Rodrigue, S. Trudeau, M.H. Boily, P.A. Spear et A. Hontela (2006).** « Contamination and biomarkers in the Great Blue Heron, an indicator of the state of the St. Lawrence River », *Ecotoxicology* 15:83-96.
- DesGranges, J.-L. (1992).** « Levels and effects of contaminants in St. Lawrence River fauna: A biomonitoring scheme », pages 44 à 52 in J. Boháč (éd.), *Proceedings of the VIth International Conference Bioindicator Deterioration Regionis*, České Budějovice, République Tchèque.
- DesGranges, J.L. (1995).** *Le Grand Héron*, p. 242 à 245 in Gauthier, J. et Y. Aubry (sous la direction de), « Les oiseaux nicheurs du Québec. » *Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional*, Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Région du Québec, Environnement Canada, Montréal, xviii + 1 295 p.
- DesGranges, J.-L., J. Rodrigue, B. Tardif et M. Laperle (1998).** « Mercury accumulation and biomagnification in Ospreys (*Pandion haliaetus*) in the James Bay and Hudson Bay regions of Québec ». *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35:330-341.
- DesGranges, J.-L., et A. Desrosiers (2006).** *Répartition des Grands Hérons nicheurs et tendances démographiques au Québec, 1977-2001*, publication hors série n° 113 du Service canadien de la faune. Environnement Canada, Ottawa, 28 p.
- Diamond, A.W., et F.L. Filion (éd.) (1987).** « The Value of birds », International Council for Bird Preservation (ICBP) Technical Publication n° 6.
- Eisler, R. (1986).** « Polychlorinated biphenyl hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review », *U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep.* 85(1.7), 72 p.
- Evers, D.C., N.M. Burgess, L. Champoux, B. Hoskins, A. Major, W.M. Goodale, R.J. Taylor, R. Poppenga et T. Daigle (2005).** « Patterns and interpretation of mercury exposure in freshwater avian communities in northeastern North America », *Ecotoxicology* 14:193-221.
- Furness, R.W., et J.J.D. Greenwood (1993).** *Birds as monitors of environmental change*, Chapman and Hall, London, 356 p.
- Furness, R.W., S.J. Muirhead et M. Woodburn (1986).** « Using bird feathers to measure mercury in the environment: relationships between mercury content and molt », *Mar. Pollut. Bull.* 17:27-30.
- Gower, J.C. (1971).** « A general coefficient of similarity and some of its properties », *Biometrics* 27:857-874.
- Laporte, P. (1982).** « Organochlorine residues and eggshell measurements of Great Blue Heron eggs from Quebec », *Colonial Waterbirds* 5:95-103.
- Legendre, P., et L. Legendre (1998).** « Numerical ecology », deuxième édition anglaise. *Developments in Environmental Modelling 20*, Elsevier, Amsterdam, 853 p.
- Legendre, P., et A. Vaudor (1991).** The R package: multidimensional analysis, spatial analysis/Le progiciel R : analyse multidimensionnelle, analyse spatiale, Département des Sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal.
- Lewis, S.A., F.M. Stewart et R.W. Furness (1992).** « The use of eggs to monitor heavy metal pollution », pages 394 à 407, in J. Boháč (éd.), *Proceedings of the VIth International Conference Bioindicator Deterioration Regionis*, České Budějovice, République Tchèque.

- Neter, J., et W. Wasserman (1974).** *Applied linear statistical models*, R. D. Irwin Inc., Homewood, Ill, 842 p.
- Noble, D.G., et J.E. Elliott (1990).** « Levels of contaminants in Canadian raptors, 1966 to 1988: effects and temporal trends », *Can. Field-Nat.* 104:222–243.
- Ohlendorf, H.M., E.E. Klaas et T.E. Kaiser (1979).**
« Environmental pollutants and eggshell thickness: Aningas and wading birds in the eastern United States », *Special Scientific Report - Wildlife n° 216*, U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., 94 p.
- Quinney, T.E. (1982).** « Growth, diet, and mortality of nestling Great Blue Herons », *Wilson Bull.* 94(4):571–577.
- Rodrigue, J., J.-L. DesGranges et L. Champoux (2005).**
Contamination du Grand Héron par les composés organochlorés et les métaux lourds au Québec entre 1989 et 1994, Série de rapports techniques du Service canadien de la faune n° 356, Région du Québec, Environnement Canada, Ste-Foy, Québec, viii + 73 p.
- St. Lawrence Centre. 1996.** *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Volume 1 : L'écosystème du Saint-Laurent*, Éditions MultiMondes, Sainte-Foy et Environnement Canada (Région du Québec), Montréal, Coll. Bilan du Saint-Laurent. Pagination multiple.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. (1991).** « JMP 2.0. Statistical visualization for the Macintosh », SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Steele, B.B. 1984.** « Effects of pesticides on reproductive success of White-faced Ibis in Utah, 1979 », *Colonial Waterbirds* 7:80–87.
- Stewart, F.M., R.A. Phillips, P. Catry et R.W. Furness (1997).**
« Influence of species, age and diet on mercury concentrations in Shetland seabirds », *Mar. Ecol. Prog. series* 151:237–244.
- Turle, R., et B. Collins (1992).** « Validation of the use of pooled samples for monitoring of contaminants in wildlife », *Chemosphere* 25:463–469.
- Vermeer, K., et L.M. Reynolds (1970).** « Organochlorine residues in aquatic birds in the Canadian prairie provinces », *Can. Field-Nat.* 84:117–130.
- Won, H.T., M.J. Mulvihill et B.J. Wakeford (2001).** *Multiresidue methods for the determination of chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in wildlife tissues by gas chromatography/mass spectrometry*, Rapport technique n° 335E du Service canadien de la faune. Environnement Canada, Ottawa.
- Zar, J.H. (1984).** *Biostatistical analysis*, deuxième édition, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 718 p.

Annexe

Les colonies sont présentées en ordre décroissant de longitude et en ordre croissant de latitude.

Fleuve Saint-Laurent et golfe du Saint-Laurent (25 colonies)

Section d'eau douce (7 colonies)

Île Dickerson	45°02' N. 74°35' O.
Île Carillon	45°31' N. 74°18' O.
Île Bienville	45°17' N. 74°10' O.
Île Dowker	45°24' N. 73°54' O.
Île aux Hérons	45°25' N. 73°35' O.
Grande Île de Berthier	46°07' N. 73°01' O.
Bois-du-Boulé	46°15' N. 72°53' O.

Estuaire fluvial et saumâtre (3 colonies)

Île de la Corneille	47°05' N. 70°36' O.
Battures aux Loups Marins	47°14' N. 70°26' O.
Grande Île de Kamouraska	47°37' N. 69°52' O.

Estuaire inférieur (11 colonies)

Le Gros Pot	47°52' N. 69°41' O.
Îlets Boisés	48°25' N. 69°19' O.
Île aux Basques	48°09' N. 69°15' O.
Île Laval	48°45' N. 69°02' O.
Île du Bic	48°24' N. 68°52' O.
Île Saint-Barnabé	48°28' N. 68°33' O.
Île de la Mine	49°03' N. 68°33' O.
Pointe Saint-Pancrease	49°16' N. 68°03' O.
Île aux Œufs	49°37' N. 67°11' O.
Île du Petit Caoui	49°49' N. 67°02' O.
Île Manowin	50°06' N. 66°24' O.

Golfe du Saint-Laurent (4 colonies)

New Richmond	48°11' N. 65°50' O.
Île Beau Séjour	48°20' N. 64°42' O.
Miguasha	48°05' N. 66°19' O.
Îles-de-la-Madeleine	47°38' N. 61°29' O.

Plans d'eau intérieurs (sites de référence) (6 colonies)

Baie James (2 colonies)

Lac Kapwakami	53°04' N. 78°23' O.
Lac Evans	50°49' N. 76°58' O.

Laurentides (3 colonies)

Lac Caribou	46°56' N. 72°50' O.
Lac Édouard	47°35' N. 72°22' O.
Petit lac Jacques-Cartier	47°24' N. 71°31' O.

Appalaches (1 colonie)

Île Matane (Lac Matapédia)	48°35' N. 67°36' O.
----------------------------	---------------------

Autres publications hors série

N° 100

Behaviour and ecology of sea ducks, par R. Ian Goudie, Margaret R. Petersen et Gregory J. Robertson (réd.).
N° de catalogue CW69-1/100E. Publ. en 1999.

N° 101

Assessment of bird populations in the Rasmussen Lowlands, Nunavut, par Victoria H. Johnston, Cheri L. Gratto-Trevor et Stephen T. Pepper.
N° de catalogue CW69-1/101E. Publ. en 2000.

N° 102

Modélisation et gestion de la population d'Oies des neiges, par Hugh Boyd (éd.) Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/102F. Publ. en 2000.

N° 103

Towards conservation of the diversity of Canada Geese (*Branta canadensis*), par Kathryn M. Dickson (réd.)
N° de catalogue CW69-1/103E. Publ. en 2000.

N° 104

Estimates of shorebird populations in North America, par R.I.G. Morrison, R.E. Gill, Jr., B.A. Harrington, S. Skagen, G.W. Page, C.L. Gratto-Trevor et S.M. Haig.
N° de catalogue CW69-1/104E. Publ. en 2001.

N° 105

Status and population trends of the Razorbill in eastern North America, par G. Chapdelaine, A.W. Diamond, R.D. Elliot et G.J. Robertson.
N° de catalogue CW69-1/105E. Publ. en 2001.

N° 106

Studies of high-latitude seabirds. 5. Monitoring Thick-billed Murres in the eastern Canadian Arctic, 1976–2000, par A.J. Gaston.
N° de catalogue CW69-1/106E. Publ. en 2002.

N° 107

Changements dans les activités de chasse et d'abattage de la sauvagine déclarées au Canada et aux États-Unis, de 1985 à 1998, par H. Boyd, H. Lévesque et K.M. Dickson. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/107F. Publ. en 2002.

N° 108

Les pesées et les turlottes de plomb au Canada : Examen de leur utilisation et de leurs effets toxiques sur les espèces sauvages, par A.M. Scheuhammer, S.L. Money, D.A. Kirk et G. Donaldson. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/108F. Publ. en 2003.

N° 109

Habitats marins clés pour les oiseaux migrateurs au Nunavut et dans les Territoires du Nord-Ouest, par Mark L. Mallory et Alain J. Fontaine. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/109F. Publ. en 2004.

N° 110

Relevé de 1995 du Faucon pèlerin au Canada, sous la direction d'Ursula Banasch et de Geoff Holroyd. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/110F. Publ. en 2004.

N° 111

Carte de la couverture terrestre du Refuge d'oiseaux migrateurs du golfe Reine-Maud, Nunavut, par Andrew B. Didiuk et Robert S. Ferguson. Also available in English.
N° de cat. CW69-1/111F. Publ. en 2005.

N° 112

Relevés d'oies, de bernaches et de cygnes dans la région désignée des Inuvialuits, ouest de l'Arctique canadien, 1989-2001, sous la direction de James E. Hines et de Myra O. Wiebe Robertson. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/112F. Publ. en 2006.

N° 113

Répartition des Grands Hérons nicheurs et tendances démographiques au Québec, 1977-2001, par Jean-Luc DesGranges et Alain Desrosiers. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/113F. Publ. en 2006.

N° 114

Habitats terrestres clés pour les oiseaux migrateurs dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut, par J. Leger, J.E. Hines, M.L. Mallory, D.L. Mulders, H.G. Gilchrist, P.A. Smith, et D.L. Dickson. Première édition française. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/114F. Publ. en 2008.

N° 115

La productivité des Petites Oies des neiges sur l'île Banks (Territoires du Nord-Ouest), Canada, de 1995 à 1998, par Gustaf Samelius, Ray T. Alisauskas, James E. Hines. Also available in English.
N° de catalogue CW69-1/115F. Publ. en 2008.

www.ec.gc.ca

Des renseignements supplémentaires peuvent être obtenus
de l'informathèque d'Environnement Canada à :

Environnement Canada
Informathèque
351, boulevard St-Joseph
Place Vincent-Massey, 8^e étage
Gatineau (Québec)
K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Télécopieur : 819-994-1412

ATS : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

