



FICHE D'INFORMATION

SURE LES GRANDS LACS

Les contaminants dans les oeufs des Goélands argentés des Grands Lacs : **25 années de surveillance des niveaux et des effets**

Cette fiche d'information décrit l'évolution des concentrations de quatre composés organochlorés choisis trouvés dans les oeufs de Goélands argentés de 1971 à 1995. Elle présente également certains des effets biologiques associés à ces produits chimiques qui ont été observés tant chez les Goélands argentés que chez les autres oiseaux aquatiques piscivores des Grands Lacs. Deux des composés dont il est question ici sont tout d'abord entrés dans l'environnement sous forme de pesticides organochlorés : il s'agit de la dieldrine et du 1,1-dichloro-2,2 bis (p-chlorophényl)-éthylène (DDE), qui est le produit de décomposition stable du pesticide dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT). Les deux autres composés dont il est question ici sont un biphenyle polychloré (PCB) et une dioxine appelée 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD). Cette fiche d'information explique également les raisons qui motivent ce programme continu de surveillance et montre à quel point les résultats témoignent des efforts soutenus déployés pour rétablir la santé de l'écosystème des Grands Lacs.

Introduction

Au début des années 1970, un biologiste se rend sur l'île Scotch Bonnet, qui longe la rive nord du lac Ontario. Il dénombre plus de 100 nids de Goélands argentés (*Larus argentatus*) sur cette petite île. Toutefois, il ne peut trouver que 17 oisillons alors qu'il devrait y en avoir au moins 100 (un oisillon par nid). Où sont-ils tous passés? Que leur est-il arrivé? Or, au même moment, les chercheurs découvrent que les Goélands argentés et les autres oiseaux aquatiques des Grands Lacs, particulièrement les populations des lacs Ontario et Michigan, comptent parmi les plus contaminés de la planète. Ces conditions incitent, en 1971, le Service canadien de la faune (SCF) à lancer un programme de surveillance des produits chimiques toxiques rémanents dans les oeufs des Goélands argentés et à étudier les effets biologiques de ces contaminants sur les oiseaux aquatiques des Grands Lacs.

Plus de 400 produits chimiques anthropiques ont été décelés dans le biote des Grands Lacs. La recherche et la surveillance ont mis l'accent sur les métaux lourds comme le mercure, les pesticides organochlorés tels que le dichloro-diphényl-dichloroéthane (DDT), la dieldrine et le mirex, et d'autres produits organiques chlorés tels que les biphenyles polychlorés (PCB), l'hexachlorobenzène (HCB), les dioxines et les furannes. Tous ces contaminants ont été décelés dans les oeufs des Goélands argentés et sont mesurés couramment. Aujourd'hui, le Goéland argenté est toujours reconnu comme l'une des principales espèces indicatrices de la contamination de l'environnement des Grands Lacs. Le programme est l'un des plus vieux programmes de surveillance des contaminants de la faune au monde.



Le Goéland argenté

Le Goéland argenté est un gros oiseau aquatique omnivore, qui fait environ 64 cm (2 pieds) du bec à la queue. Les adultes sont blancs avec un dos et des ailes gris pâle; l'extrémité des ailes est noire, avec une tache blanche. Les becs jaunes sont marqués d'un point rouge à l'extrémité inférieure tandis que les pattes sont roses.

Le Goéland argenté est le goéland le plus répandu de l'hémisphère nord. En Amérique du Nord, il niche dans le tiers supérieur (nord) du continent, y compris l'ensemble de l'Ontario; on le trouve sur les cinq Grands Lacs. Au début du siècle, la population de Goélands argentés a failli disparaître en raison des persécutions subies antérieurement sur les lieux de nidification et de la demande de plumes d'oiseaux de la part de l'industrie de la chapellerie à la fin du XIXe siècle. À l'époque, les populations de Goélands argentés des Grands Lacs ont atteint un creux historique. La Convention concernant les oiseaux migrateurs de 1916 a protégé le Goéland argenté contre de nouvelles persécutions et a ainsi permis aux populations de déborder des limites de leur aire et de prendre de l'expansion. Sur les Grands Lacs, les populations de Goélands argentés ont commencé à croître au cours des années 1940.

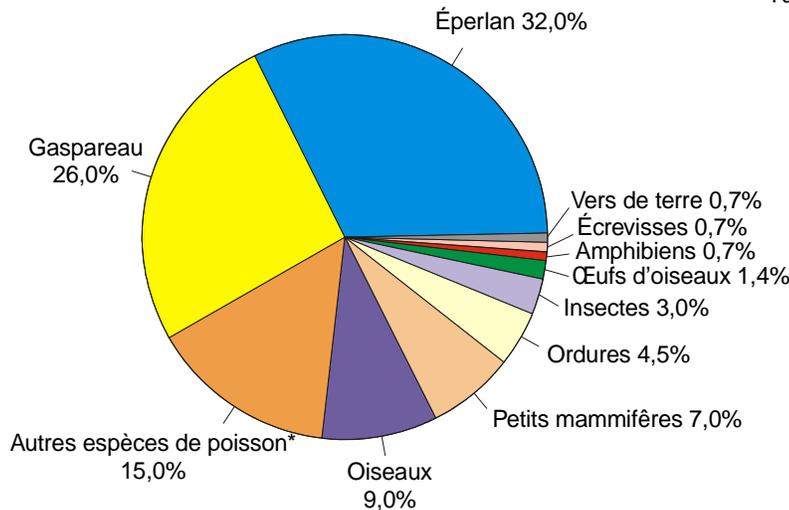
Le Goéland argenté étant un oiseau très social, il préfère nicher en colonies, habituellement sur de petites îles mais toujours près d'un plan d'eau (lac,

rivière ou mer). Il est donc très facile de le repérer et de l'étudier. À compter du moment où il atteint l'âge de reproduction (4 ans), le Goéland argenté demeure à l'année longue dans les Grands Lacs. Avant cet âge, cet oiseau quitte les lacs en hiver. Une fois établi dans une colonie, l'oiseau adulte utilise habituellement le même lieu de reproduction d'une année à l'autre, pour une période qui peut atteindre de 10 à 20 ans.

Les Goélands argentés adultes arrivent en général sur les lieux de reproduction au début de mars. Durant les deux premières semaines de mai, les femelles pondent trois oeufs dans un nid fait de matériel végétal mort (c'est-à-dire des herbages, des branches et (ou) des plantes aquatiques). Elles pondent souvent de nouveaux oeufs pour remplacer ceux qui sont perdus au début de la saison de nidification. L'incubation dure en général de 26 à 28 jours. Après l'éclosion, l'oisillon picore instinctivement le bec du parent, et surtout le point rouge. Il incite ainsi le parent à régurgiter des aliments. Après environ six semaines, les jeunes oiseaux prennent leur envol; il se peut toutefois que les parents continuent à les alimenter pendant quelques semaines encore. Le taux de mortalité des jeunes Goélands argentés est normalement assez élevé; les décès sont surtout causés par le manque de nourriture et la prédation (habituellement par des Goélands voisins). Seuls un ou deux oisillons par nid survivront assez longtemps pour quitter la colonie.

Les Goélands argentés sont des opportunistes sur le plan de l'alimentation. L'examen du contenu des estomacs révèle qu'ils mangent à peu près n'importe quoi. Leur régime comprend des poissons, de petits mammifères, des oiseaux et leurs oeufs, des amphibiens, des vers de terre, des insectes, des écrevisses, des mollusques, des plantes et des ordures. Les poissons, particulièrement le Gaspereau et l'Éperlan arc-en-ciel, occupent une place importante dans l'alimentation des Goélands argentés des Grands Lacs.

Figure 1. Composition du régime alimentaire des Goélands argentés reproducteurs sur le lac Ontario.



* Les autres espèces de poisson comprennent le Crapet soleil, le Crapet à oreilles bleues et le Crapet de roche.

Les contaminants et la chaîne alimentaire des Grands Lacs

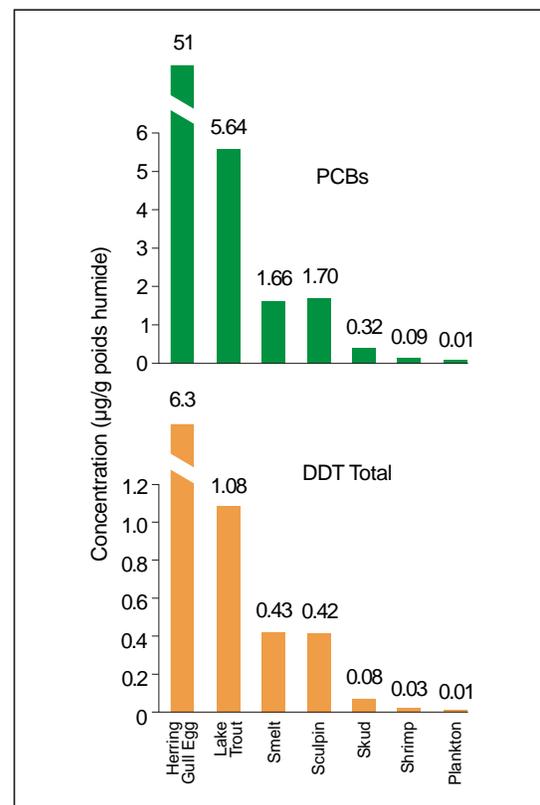
C'est en 1940 qu'on a vu apparaître les pratiques industrielles et agricoles modernes dans le bassin des Grands Lacs. Depuis lors, des milliers de produits chimiques et de composés synthétiques ont été rejetés dans l'environnement. Bon nombre d'entre eux sont toxiques, biocumulatifs et rémanents. Par exemple, les composés organiques chlorés tels que la dieldrine, le DDT et la dioxine résistent aux procédés de décomposition bactérienne et chimique dans l'environnement. Lorsqu'ils sont épandus comme pesticides ou rejetés de quelque façon que ce soit dans l'environnement (par exemple sous forme d'effluents industriels), ils ne se décomposent pas, en règle générale, en composés inoffensifs comme le font bien d'autres produits chimiques synthétiques moins persistants. Ils conservent plutôt leur structure chimique et, puisqu'ils ne sont pas très solubles dans l'eau, ils peuvent s'évaporer dans l'air ou s'attacher à des particules de sol. Que ce soit sous forme de vapeur ou de particules de poussière, ces produits chimiques peuvent être transportés sur de grandes distances et redéposés sur la terre ou l'eau par la pluie ou la neige, ou encore sous forme de retombées atmosphériques.

Dans la colonne d'eau, ces substances toxiques ont tendance à être absorbées dans les lipides des petits organismes qu'on appelle plancton, ce qui leur permet d'entrer au niveau trophique le plus bas. À mesure que les plus gros organismes mangent les plus petits, les contaminants cheminent le long de la chaîne alimentaire. Cette augmentation incessante des concentrations de contaminants dans les tissus animaux d'un niveau trophique à l'autre s'appelle « bioamplification ». Les oiseaux piscivores tels que le Goéland argenté, le Balbuzard, le Pygargue à tête blanche, la Sterne caspienne, la Sterne pierregarin et le Cormoran à aigrettes sont des prédateurs qui se situent au sommet de l'écosystème des Grands Lacs; ils consomment presque exclusivement du poisson et d'autres éléments de la chaîne alimentaire des Grands Lacs. Ces espèces accumulent également les plus fortes concentrations de produits chimiques toxiques tels que les PCB et le DDE.

La bioamplification

La bioamplification a été démontrée dans des études qui mesuraient les PCB et de DDT dans différents animaux de la chaîne alimentaire. Dans la figure 2, les animaux qui vivent le plus près des sédiments lacustres ou dans ces sédiments figurent dans la partie inférieure droite du graphique. Le plancton, les crustacés (tels que les crevettes d'eau douce) et les amphipodes (tels que les puces d'eau) obtiennent des nutriments et des contaminants des particules en suspension; ils représentent l'un des plus bas niveaux de la chaîne alimentaire des Grands Lacs et c'est chez eux qu'on trouve la plus forte concentration de contaminants. Ces petits organismes peuvent ensuite être consommés par des poissons tels que le chabot, qui vivent près du fond du lac, ou l'Éperlan. À terme, ces poissons sont mangés par de plus gros prédateurs tels que le Touladi ou le goéland. À chaque étape de la chaîne alimentaire, les niveaux de contaminants se multiplient. Les goélands ont tendance à accumuler de plus fortes concentrations de contaminants que les Touladis; en effet, les goélands, à la différence des Touladis, sont des animaux à sang chaud qui doivent consommer plus d'aliments pour maintenir leur température corporelle. Plus ils consomment d'aliments, plus les goélands absorbent de contaminants.

Figure 2 Biomagnification dans une chaîne alimentaire du lac Ontario



Le Goéland argenté comme indicateur de la contamination et des effets associés

Un animal ou une plante qui accumule des contaminants provenant du secteur dans lequel il habite peut être utilisé comme indicateur de contamination environnementale. Voici certaines des caractéristiques qui font du Goéland argenté un indicateur particulièrement utile de la contamination de l'écosystème des Grands Lacs :



- On en sait déjà beaucoup sur la biologie du Goéland argenté ainsi que sur les effets de la contamination de l'environnement sur sa biologie de reproduction, son métabolisme et sa physiologie.

- Le Goéland argenté est un résident permanent des Grands Lacs qui se déplace peu d'un lac à l'autre au cours de la saison de reproduction. Les autres oiseaux aquatiques tels que les Balbuzards, les sternes, les cormorans, les hérons et les Goélands à bec cerclé migrent chaque année et peuvent être exposés à des contaminants sur leurs lieux d'hivernage, loin des Grands Lacs.

- Le Goéland argenté est un prédateur du sommet de la chaîne alimentaire des Grands Lacs. Les contaminants, qu'il est difficile et coûteux de mesurer dans l'eau ou les animaux herbivores, sont faciles à mesurer dans les Goélands argentés et leurs oeufs, où ils ont connu une très forte bioamplification. C'est pourquoi les oeufs de goélands peuvent servir à détecter la présence de nouveaux contaminants de l'environnement auparavant inconnus, ainsi que l'accroissement ou la diminution des niveaux de contaminants plus courants. Le Goéland argenté peut aussi servir d'espèce sentinelle pour ce qui est de la contamination d'autres espèces d'oiseaux tels que les aigles, les cormorans et les sternes.

- En raison des habitudes de nidification coloniales du Goéland argenté, il est facile de repérer et d'échantillonner ses oeufs. En utilisant les oeufs, il est possible de mesurer les concentrations de contaminants sans avoir à tuer les oiseaux, qu'ils soient adultes ou jeunes. Seuls 13 oeufs par année sont prélevés dans chaque colonie (un par nid) puisqu'il n'y a que peu de variations des niveaux de contaminants dans les oeufs d'une même colonie.



- Le Goéland argenté est

une espèce commune et largement répandue qui niche sur les cinq Grands Lacs et dans d'autres régions du Canada et du monde. Cette distribution permet des comparaisons directes des niveaux de contaminants dans le bassin des Grands Lacs ainsi qu'avec d'autres lieux à l'intérieur et à l'extérieur du Canada.

Le recours au Goéland argenté comme indicateur des effets de la contamination dans les Grands Lacs présente cependant une lacune dans la mesure où cet oiseau n'est pas aussi sensible aux composés organochlorés que

d'autres espèces d'oiseaux aquatiques piscivores tels que le Pygargue à tête blanche, les Sternes caspienne et pierregarin et le Cormoran à aigrettes. C'est pourquoi l'on étudie souvent ces autres espèces pour compléter les recherches sur les indicateurs faites à partir du Goéland argenté.

De plus, les Goélands argentés ne sont pas de bons indicateurs de la contamination ponctuelle. Leur vaste aire d'alimentation (jusqu'à 40 km de leur colonie) fait de cette espèce un indicateur privilégié de la contamination régionale. Par exemple, les niveaux de polluants constatés dans les oeufs des Goélands argentés du port de Hamilton témoignent de la contamination du bassin occidental du lac Ontario et non seulement du port de Hamilton.



Colonie de Goélands argentés
Chip Weseloh

Nid de Goélands argentés et Œufs
John Struger

Contaminants choisis

DDE

Le 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophényl)-éthylène est un métabolite (ou produit de décomposition) d'un pesticide synthétique appelé dichlorodiphényl-trichloroéthane (DDT). L'utilisation généralisée du DDT remonte à la fin de la Seconde guerre mondiale. La plupart des utilisations du DDT ont été interdites au Canada en 1969 aux termes de la Loi sur les produits antiparasitaires. Trois années plus tard, elles étaient interdites aux États-Unis. Toutefois, l'utilisation et la vente des stocks existants de DDT ont été permises jusqu'à la fin de 1990.

Malheureusement, le DDT est toujours utilisé dans de nombreuses régions du monde (particulièrement dans les pays en développement), surtout pour lutter contre la mouche tsé-tsé et pour prévenir les dommages causés aux cultures par les insectes. Selon les chiffres de l'Organisation Mondiale de la Santé, le Mexique et le Brésil ont chacun utilisé quelque 1 000 tonnes de DDT en 1992.

Le DDE, le plus persistant de tous les métabolites du DDT, est couramment décelé ou rencontré au lieu du DDT. Le DDE est produit chez la plupart des animaux lorsque le corps tente de métaboliser ou de digérer le DDT. Le DDE est également hautement liposoluble. C'est pourquoi les prédateurs des niveaux trophiques supérieurs, comme le Goéland argenté, sont plus susceptibles à l'exposition au DDE qu'au DDT à partir des aliments qu'ils consomment. On a trouvé très peu de DDT dans les oeufs des Goélands argentés des Grands Lacs, sauf durant les périodes de forte utilisation de ce pesticide au début des années 1970.

Dieldrin

La dieldrine est utilisée dans certaines régions du monde depuis 1988 comme insecticide sur les sols et comme traitement des semences pour tuer les Fourmis de feu, les hannetons, les Vers fil de fer, les Mouches des racines et la Chrysomèle des racines du maïs. La dieldrine n'est plus importée ou manufacturée au Canada. Elle est également le produit de décomposition d'un autre pesticide largement répandu appelé l'aldrine, qui a été interdit. En 1993, une seule compagnie en Ontario (et au Canada) avait encore des stocks d'aldrine et de dieldrine. Les derniers stocks ont été éliminés dans un lieu d'enfouissement sécuritaire et la dieldrine n'est plus utilisée en Ontario.

PCBs

Les biphényles polychlorés (PCB) sont utilisés depuis 1929. Il existe 209 types possibles de PCB, appelés congénères, qui diffèrent légèrement l'un de l'autre quant à leurs propriétés physiques et chimiques. Un petit nombre de ces congénères sont hautement toxiques et seraient responsables de la majeure partie de la toxicité induite par les PCB chez les animaux. Les PCB, à l'instar du DDT et de la dieldrine, sont des composés organochlorés qui persistent longtemps dans l'environnement. Toutefois, à la différence des pesticides que sont le DDT et la dieldrine, les PCB n'ont pas été rejetés délibérément dans l'environnement. Ce sont des molécules extrêmement stables, ce qui constitue leur attrait sur le plan industriel. Grâce à leur faible inflammabilité, ils se sont avérés utiles comme lubrifiants et comme produits ignifuges dans les fluides isolants et les échangeurs de chaleur utilisés dans les transformateurs et les condensateurs électriques. Ils ont également été utilisés comme plastifiants et agents imperméabilisants ainsi que dans les procédés d'encre utilisés pour produire du papier autocopiant. Depuis 1977, le Canada et les États-

Unis ont adopté des règlements pour interdire l'importation et la fabrication des PCB, et imposer de rigoureuses limites à l'entreposage et à la destruction de tous les déchets de PCB. L'un des buts fixés dans l'Accord Canada-Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs de 1994 (ACO) prévoit la mise hors de service de 90 % des produits à haute concentration de PCB (supérieure à 1 %) en Ontario, la destruction de 50 % des rebuts et déchets à haute concentration de PCB, et la destruction accélérée des rebuts et déchets à faible concentration de PCB entreposés. Ces buts doivent être atteints d'ici l'an 2000. Sous l'égide de la Commission de coopération environnementale, les États-Unis et le Mexique sont à élaborer un plan d'action régional pour la saine gestion des PCB en Amérique du Nord.

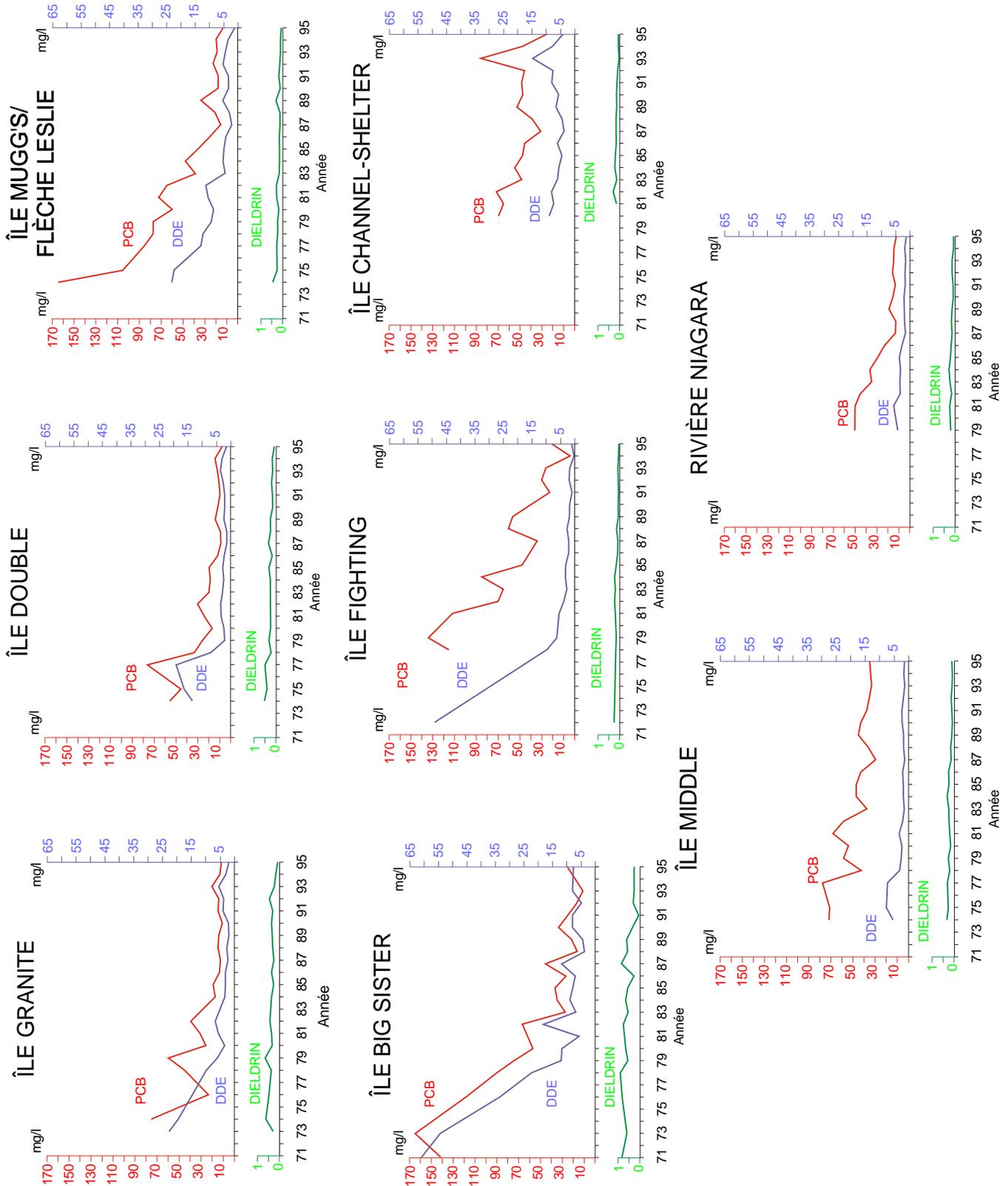
2,3,7,8-TCDD

La dioxine est le nom courant d'une classe de composés chlorocarbonés connus sous le nom de dibenzodioxines polychlorées (PCDD). Les PCDD et les dibenzofurannes polychlorés (PCDF) sont un sous-produit formé soit durant certains types de production chimique faisant appel à du chlore et à des hautes températures, ou soit durant la combustion en présence d'une source de chlore. Seuls quelques-uns des 75 différents PCDD et des 135 différents PCDF sont très toxiques; les autres sont presque inoffensifs. La dioxine la plus toxique est la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD), bien que la sensibilité à ce composé varie considérablement d'une espèce animale à l'autre. Les sources les plus abondantes de 2,3,7,8-TCDD dans les Grands Lacs inférieurs ont été liées aux effluents industriels et aux décharges près de la rivière Niagara et de la baie Saginaw (lac Huron). L'ancienne Hooker Chemical Company (maintenant l'Occidental Chemical Company) à Niagara Falls (New York) a produit du 2,3,4-trichlorophénol (dont la 2,3,7,8-TCDD est un sous-produit). La Dow Chemical Company a été identifiée comme la principale source de TCDD et de PCDF sur la rivière Tittabawasee, qui se jette dans la rivière Saginaw et ensuite dans la baie de Saginaw. Divers lieux d'élimination des déchets toxiques associés à cette fabrication, comme le canal Love, le long de la rivière Niagara, ont été également identifiés comme source importante. Les usines situées près de la baie Saginaw et des chutes Niagara ont cessé la production de ces produits chimiques au milieu des années 1970.

Les dépôts atmosphériques sont également une source importante de 2,3,7,8-TCDD, particulièrement dans les Grands Lacs supérieurs. Les sources de TCDD et de PCDF atmosphériques comprennent les régions urbaines, où les incinérateurs municipaux brûlent un vaste éventail de composés chlorés mis aux ordures, et les gaz d'échappement des moteurs diesel. Dans le passé, l'utilisation d'essence au plomb a également été une source importante de composés chlorés. Le gouvernement fédéral a graduellement interdit l'utilisation d'essence au plomb au Canada en 1990. Aux termes de son objectif de «<< prévention et réduction de la pollution >>», l'ACO prévoit, d'ici l'an 2000, une réduction de 90 % dans la production ou le rejet des dioxines et des furannes.

Surveillance des concentrations de produits chimiques

Figure 3. Tendances des concentrations moyennes de PCB, DDE et dieldrine dans les œufs des Goélands argentés de huit colonies des Grands Lacs



Contaminants dans les oeufs du Goéland argenté des Grands Lacs - NIVEAUX ET TENDANCES

Les années 1970 Un quart de siècle de surveillance des niveaux de contaminants dans les oeufs des Goélands argentés des Grands Lacs a révélé que les concentrations ont atteint leur point culminant au début et au milieu des années 1970 et que, partout, les niveaux ont fortement diminué depuis lors (figure 3). Toutefois, il est presque certain que les niveaux de contamination aux organochlorés dans les oeufs des Goélands argentés étaient encore plus élevés au cours des années 1960, avant le début du programme de surveillance.

Au cours des années 1970, les niveaux les plus élevés de PCB et de DDE ont été constatés dans les oeufs des Goélands argentés du lac Ontario, du lac Michigan et de la rivière Détroit (bien qu'on n'ait pas échantillonné toutes les colonies de tous les lacs au cours de cette période). Les oeufs des Goélands argentés du lac Michigan étaient également les plus fortement contaminés à la dieldrine. Ces niveaux plus élevés de contamination témoignaient de l'agriculture intensive pratiquée surtout dans les régions de culture fruitière du lac Michigan et du lac Ontario, de l'ampleur des populations urbaines et de la présence de

grands complexes industriels dans ces régions. Toutefois, ces mêmes sites ont également affiché les baisses les plus radicales du niveau de contamination des oeufs.

Les oeufs des Goélands argentés des sites du lac Supérieur et du lac Érié étaient en règle générale moins contaminés aux PCB, aux DDE et à la dieldrine que ceux des goélands des lacs (figure 3). Les plus faibles niveaux de contaminants observés dans les oeufs des goélands du lac Supérieur étaient probablement dus au moindre développement industriel et résidentiel le long de ces rives, comparativement aux Grands Lacs inférieurs. Toutefois, les niveaux de contaminants dans les oeufs du lac Supérieur n'ont pas diminué aussi rapidement que les niveaux constatés dans les oeufs des autres régions des Grands Lacs. Cela dépend surtout de deux facteurs. En premier lieu, il y a très peu de particules dans le lac Supérieur. Puisque la sédimentation des particules constitue l'une des façons dont les composés organochlorés sont retirés de la colonne d'eau, le taux d'enlèvement de ces composés du lac Supérieur est bas. Deuxièmement, c'est l'atmosphère qui a toujours été la principale voie d'entrée de la contamination dans le lac Supérieur, à la différence des Grands Lacs inférieurs. Les sources atmosphériques sont de nature globale et sont difficiles à maîtriser.

Le déclin généralement rapide des niveaux de la plupart des contaminants dans les oeufs du Goéland argenté au milieu et à la fin des années 1970 est dû en grande partie aux règlements adoptés à la fin des années 1960 et au début des années 1970 pour limiter l'utilisation et la production de ces produits chimiques toxiques rémanents (voir la section Contaminants choisis). À l'opposé des déclinés observés dans le cas des autres contaminants organochlorés, les niveaux de dieldrine dans les oeufs des Goélands argentés de toutes les régions des Grands Lacs sont demeurés relativement stables.

Les années 1980 Au cours des années 1980, le rythme du déclin des niveaux de certains contaminants des oeufs du Goéland argenté a ralenti et a commencé à se stabiliser. Cette stabilisation était essentiellement due à l'apparition de nouvelles sources de contaminants par rapport aux sources décelées au cours des années 1970. Au cours de cette dernière décennie, les problèmes de contamination provenaient surtout de la production et de l'élimination des déchets chimiques. La plupart de ces sources ponctuelles ont depuis lors été contrôlées. Au cours des années 1980, les principaux apports de contaminants rémanents provenaient de sources qui ne sont pas aussi faciles à contrôler, notamment le lessivage, par l'entremise des eaux souterraines, des lieux d'enfouissement; la perturbation des sédiments contaminés des lacs; et les dépôts atmosphériques.

Les scientifiques ont décelé de la 2,3,7,8-TCDD et d'autres dioxines dans les oeufs des Goélands argentés des Grands Lacs en 1980. Ces produits chimiques ont été mesurés couramment depuis 1981. Les niveaux de dioxine préalables à 1981 ont été mesurés dans des oeufs recueillis sur l'île Scotch Bonnet (lac Ontario) et l'île Big Sister (lac Michigan) qui avaient été entreposés dans la banque de tissus du Service canadien de la faune. Les niveaux de 2,3,7,8-TCDD dans les oeufs des Goélands argentés de ces deux sites ont chuté radicalement par rapport aux niveaux observés au début des années 1970 (figure 4). Au début des années 1980, les oeufs des Goélands argentés de deux sites présentaient des niveaux particulièrement élevés de dioxine, soit l'île Channel-Shelter, dans la baie de Saginaw au lac Huron, et l'île Scotch

Fluctuations d'une année à l'autre - l'influence du climat sur les niveaux de contaminants dans les oeufs du goéland.

Les tendances temporelles illustrées dans la figure 3 font essentiellement état d'un déclin lent et graduel des niveaux de contaminants dans les oeufs des goélands depuis le milieu des années 1980, avec de légères fluctuations d'une année à l'autre. Les études continues ont révélé que les conditions météorologiques à la fin de l'hiver et au début du printemps sont en étroite corrélation avec ces légères fluctuations. À la suite d'un hiver plus froid que la moyenne, les niveaux de contaminants dans les oeufs sont légèrement supérieurs à ce qu'ils auraient été après un hiver moyen; après un hiver plus chaud que la moyenne, on observe par contre des niveaux de contaminants légèrement plus bas dans les oeufs. Cette fluctuation s'expliquerait par le fait que durant les hivers plus froids que la moyenne, la mortalité de poissons, en l'occurrence le Gaspereau, augmente; ces poissons sont riches en contaminants et sont consommés par les goélands. Les goélands sont ainsi exposés à une charge de contaminants plus élevée que la moyenne dans leur alimentation d'hiver et les oeufs qu'ils pondent au printemps présentent des niveaux de contaminants légèrement plus élevés.

Le temps, et particulièrement les événements pluviaux hydrologiques, pourrait jouer un autre rôle dans les fluctuations annuelles des niveaux de contaminants dans les oeufs des goélands. L'on sait que les tempêtes occasionnent de la turbulence dans les courants et perturbent ou remettent en suspension les sédiments de fond. Cela peut remettre les contaminants des sédiments dans la colonne d'eau. Par exemple, une violente tempête dans le bassin versant de la rivière Saginaw en 1986 a peut-être perturbé les sédiments contaminés et ainsi donné lieu à un accroissement de la concentration de contaminants dans la colonne d'eau. L'on croit que cette tempête a entraîné une augmentation des niveaux de 2,3,7,8-TCDD et de PCB dans les oeufs des Goélands argentés de l'île Channel-Shelter dans la baie de Saginaw en 1987. On a également trouvé des niveaux élevés de ces mêmes composés dans les oeufs des Sternes caspiennes prélevés en 1987 dans une colonie de la baie Saginaw; ces contaminants ont été associés à l'infécondité complète de la colonie cette année là.

Bonnet, dans le lac Ontario. Les niveaux élevés de 2,3,7,8-TCDD dans les oeufs provenant de ces deux sites ont été liés aux effluents de la production antérieure de trichloro-2,4,5-phénols et d'acide trichloro-2,4,5-phénoxyacétique, et de l'élimination des déchets connexes dans les lieux d'enfouissement (voir 2,3,7,8-TCDD dans Contaminants choisis). Dans les autres régions des Grands Lacs, où les niveaux de 2,3,7,8-TCDD étaient habituellement plus bas, la principale source de ce contaminant était l'atmosphère. Toutefois, depuis le milieu des années 1980, les niveaux de dioxine dans les oeufs des Goélands argentés de toutes les régions des Grands Lacs sont demeurés relativement constants, les niveaux les plus élevés étant observés dans les oeufs de l'île Channel-Shelter, dans la baie de Saginaw, au lac Huron.

Les années 1990 Les niveaux de certains contaminants dans les oeufs des Goélands argentés sont demeurés relativement stables tout au long des années 1990, aucun changement significatif des niveaux de PCB et de DDE n'ayant été observé dans certaines colonies des Grands Lacs. Au cours de cette période, on a relevé quelques diminutions

importantes des niveaux de dieldrine et d'époxyde d'heptachlore (tableau 1).

Les états relativement stables des niveaux de contaminants révèlent que ces produits chimiques sont toujours rejetés et (ou) recyclés dans l'écosystème des Grands Lacs par des particuliers, des ménages, des municipalités, l'industrie et (ou) l'agriculture. Le dépôt atmosphérique, le ruissellement agricole, le lent mouvement (lessivage) des stocks de pesticides et d'autres produits chimiques mis aux rebuts à partir des lieux d'enfouissement et des sols agricoles dans les Grands Lacs par le biais des eaux souterraines, et la remise en suspension des sédiments des lacs et rivières contaminés demeurent d'importantes sources indirectes de contamination. Ces sources indirectes sont difficiles à maîtriser et apportent lentement mais continuellement des contaminants dans l'écosystème des Grands Lacs. Les dépôts atmosphériques sont devenus une voie d'entrée de plus en plus importante des contaminants dans l'écosystème des Grands Lacs, et particulièrement dans les Grands Lacs supérieurs. Sur le lac Supérieur par exemple, jusqu'à 90 % des contaminants toxiques proviennent de l'atmosphère sous forme de précipitations.

Tableau 1. Récentes tendance d'autres contaminants organochlorés des oeufs de Goélands argentés de huit colonies des Grands Lacs entre 1990 et 1995

0 = niveaux sont demeurés relativement stables; V = niveaux ont considérablement diminué.
Il n'y a pas eu d'augmentation considérable des niveaux de contaminants durant cette période.

Contaminant*	Description	Lac / Rivière :							
		Ontario	Niagara	Érié	Détroit	Huron	Michigan	Supérieur	
		Î. Mugg's	R. Niagara	Î. Middle	Î. Fighting	Î. Channel-Shelter	Î. Double	Î. Big Sister	Î. Granite
Dieldrin	insecticide	V	0	0	0	0	0	0	0
HE	métabolite d'un insecticide (B)	0	0	0	0	0	0	0	V
HCB	fongicide et sous-produit de procédés industriels (B)	0	0	0	0	0	0	0	0
Mirex	insecticide organochloré (N)	0	0	0	0	0	0	0	0
Photomirex	produit de la dégradation par radiation UV du mirex	0	V	0	0	0	0	0	0
Oxy-chlorane	insecticide organochloré (B)	V	0	0	0	0	0	0	0
QCB	sous-produit industriel	0	0	0	0	0	0	0	0
a -HCH	composants du lindane (un insecticide)	0	V	V	0	0	V	0	V
b -HCH	actuellement utilisé à l'extérieur du Canada	0	0	0	0	0	0	0	0
1234-TCB	sous-produit industriel	0	0	0	0	0	V	0	0
1235-/1245-TCB, TCB	sous-produit industriel	0	0	0	0	0	0	0	0

* HE = époxyde d'heptachlore; HCB = hexachlorobenzène; QCB = pentachlorobenzène; α-HCH = alpha-hexachlorocyclohexane; β-HCH = beta-hexachlorocyclohexane; 1234-TCB = 1234-tétrachlorobenzène; 1235-/1245-TCB = 1235-/1245-tétrachlorobenzène.

Effets des organochlorés

Tableau 2 Résumé de certains des effets reliés aux contaminants observés dans les goélands et les autres oiseaux piscivores des Grands lacs. La présence de niveaux élevés de produits chimiques toxiques dans la chaîne alimentaire des Grands Lacs a coïncidé avec des troubles de santé et de reproduction ainsi que d'autres problèmes physiologiques chez le Goéland argenté et au moins sept autres espèces d'oiseaux aquatiques piscivores à longue durée de vie, notamment le Goéland à bec cerclé, le Cormoran à aigrettes, les Sternes pierregarin, caspienne et de Forster, le Bihoreau à couronne noire et le Pygargue à tête blanche. Toutes ces espèces d'oiseaux aquatiques sont des prédateurs de niveau trophique supérieur qui s'alimentent, se reproduisent et vivent au moins une partie de l'année dans le bassin des Grands Lacs.

C'est à la fin des années 1960 et au début des années 1970 qu'on a commencé à observer chez plusieurs de ces espèces des problèmes tels qu'une baisse des succès d'éclosion, un amincissement des coquilles et un comportement anormal des adultes durant la nidification. Depuis, d'autres problèmes tels que des malformations des embryons et des oisillons, des changements biochimiques, des anomalies endocriniennes et une suppression de la fonction immunitaire ont été observés (tableau 2). C'est lorsque les niveaux de certains organochlorés dans les oiseaux adultes et dans leurs oeufs étaient élevés que la majorité de ces effets étaient le plus répandus. Les oeufs de ces espèces ont été contaminés parce que les organochlorés liposolubles sont transférés des femelles à la graisse nécessaire pour produire le jaune d'oeuf.

Les Goélands argentés et les autres oiseaux piscivores des Grands Lacs ont aidé les scientifiques, les chercheurs et la population à comprendre les effets d'une exposition prolongée des populations d'oiseaux aux produits chimiques toxiques rémanents. Les effets tels que ceux décrits dans le tableau 2 servent souvent de « biomarqueurs » pour la surveillance de la santé de la faune des Grands Lacs. Des biomarqueurs tels que les anomalies de la fonction reproductrice et les changements biochimiques ou comportementaux permettent aux chercheurs de détecter les effets des contaminants sur les individus de manière précoce et préventive avant que ces effets n'entraînent des incapacités, des maladies et, ultimement, la mort des populations.

Tableau 2 : Résumé de certains des effets reliés aux contaminants observés dans les goélands et les autres oiseaux piscivores des Grands lacs.

Effets du contaminant	Preuves dans les Grands Lacs	Situation actuelle
<p>Amincissement des coquilles d'oeufs - causé par des niveaux élevés de DDE au cours des années 1950, 1960 et 1970</p>  <p><i>Oeufs de Goéland argenté a coquille mince Chip Weseloh</i></p>	<p>-premier problème de reproduction confirmé relié aux contaminants trouvés dans les oiseaux des Grands Lacs -a entraîné le bris de nombreuses coquilles; il s'en est suivi un déclin des populations d'espèces d'oiseaux piscivores y compris de Cormoran à aigrettes, la Balbuzard, le Pygargue à tête blanche, le Bihoreau à couronne noire et le Goéland argenté</p>	<p>-en raison des limites imposées par les règlements et de l'interdiction du DDT, l'amincissement des coquilles d'oeufs n'est plus un problème; on a donc observé une amélioration du succès de reproduction des espèces affectées</p>
<p>Infécondité -les causes comprennent une mort prématurée des embryons, des effets tératogènes sur les embryons et un comportement parental anormal durant l'incubation</p>	<p>-le Goéland argenté, le Cormoran à aigrettes et le Pygargue à tête blanche ne se reproduisaient pas à la fin des années 1960 et au cours des années 1970 lorsqu'étaient présents les niveaux les plus élevés d'organochlorés</p>	<p>-en raison d'une baisse considérable des niveaux d'organochlorés, le succès de reproduction de la plupart des espèces d'oiseaux aquatiques piscivores s'est amélioré -le Pygargue à tête blanche niche maintenant à nouveau dans de nombreuses régions des Grands Lacs, sauf sur les rives du lac Ontario -le succès de reproduction du Pygargue à tête blanche s'améliore mais il n'est toujours pas suffisant pour assurer une population stable</p>
<p>Malformations congénitales</p>  <p><i>Malformation du bec chez un Cormoran à aigrettes Chip Weseloh</i></p>	<p>-la plupart des malformations ont été observées du début au milieu des années 1970, dans des sites contaminés sur le lac Ontario, et au cours des années 1980, sur le lac Michigan. -becs croisés, malformations de la mâchoire, membres supplémentaires et malformations des pieds, des articulations et des yeux constatés chez le Goéland argenté et au moins huit autres espèces d'oiseaux aquatiques piscivores</p>	<p>-les oiseaux aquatiques continuent de présenter des taux plus élevés de malformations (p. ex. malformations du bec chez le Pygargue à tête blanche) comparativement à ceux des sites non pollués à l'extérieur du bassin - la plus forte incidence observée dans les secteurs de forte contamination tels que la baie Green (lac Michigan) et la baie Saginaw (lac Huron) -les études se poursuivent sur les liens entre les contaminants et les problèmes de développement chez certaines espèces d'oiseaux aquatiques</p>
<p>Changements biochimiques</p>	<p>-fonction hépatique anormale chez le Goéland argenté y compris : activité accrue des enzymes qui attaquent les produits chimiques qui entrent dans le corps; niveaux élevés de porphyrines; et niveaux inhabituellement bas de vitamine A -les faibles niveaux de vitamine A peuvent accroître la susceptibilité aux maladies infectieuses, ce qui pourrait affecter la survie et le développement des oisillons -les mesures biochimiques indiquent que les Goélands argentés sont toujours sujets à un stress biochimique -le plein effet des changements biologiques sur la reproduction ou la durée de vie des oiseaux aquatiques est inconnu pour l'instant</p>	<p>-les mesures biochimiques indiquent que les Goélands argentés sont toujours sujets à un stress biochimique -le plein effet des changements biologiques sur la reproduction ou la durée de vie des oiseaux aquatiques est inconnu pour l'instant</p>

Améliorer l'écosystème des Grands Lacs

Les gouvernements du Canada et des États-Unis collaborent pour améliorer les conditions qui prévalent dans les Grands Lacs aux termes de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (AQEGL), une entente binationale. Le Canada et l'Ontario exécutent un vaste programme canadien pour atteindre les buts fixés dans l'AQEGL canado-américain. En 1994, l'Accord Canada-Ontario concernant l'écosystème du bassin des Grands Lacs a été signé pour permettre au Canada de respecter les obligations prises en vertu de l'AQEGL. Les deux gouvernements reconnaissent que l'instauration d'un partenariat coopératif avec les États-Unis est absolument nécessaire pour assurer la santé à long terme de l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Cet accord prévoit une démarche, des engagements et des lignes directrices pour l'élaboration et la mise en oeuvre de plans d'assainissement (PA) pour les secteurs préoccupants (SP) désignés ainsi que des plans d'aménagement planlacustres (PAL) pour les polluants critiques.

On est à élaborer des PAL pour déterminer et poursuivre des objectifs de réduction des apports de produits chimiques en vertu de l'AQEGL binational et pour s'attaquer aux problèmes plus généraux de l'écosystème qui touchent les deux pays. On est à préparer des PAL binationaux pour les lacs Ontario, Érié et Supérieur. Les PAL diffèrent d'un lac à l'autre et visent à rétablir les utilisations bénéfiques ciblées. Les projets entrepris dans le cadre des PAL ont déjà donné des résultats prometteurs pour ce qui est d'améliorer la qualité de l'eau.

De concert avec les collectivités locales, le secteur privé et tous les ordres de gouvernement, on est aussi à élaborer et à mettre en oeuvre des plans d'assainissement (PA) dans les secteurs préoccupants (SP) désignés des Grands Lacs, selon les indications de la Commission mixte internationale. Le bassin des Grands Lacs compte 42 SP, dont 17 au Canada (cinq étant partagés avec les États-Unis). Les PA instaurent un régime de coopération pour rétablir les utilisations bénéfiques dans ces régions désignées, dont la plupart sont situées près des grands centres urbains où la pollution des industries, des stations d'épuration des eaux usées, des lieux d'enfouissement et d'autres sources se retrouvent dans les rivières, les ports et les canaux avoisinants. Parmi les exemples d'utilisation bénéfique, mentionnons les habitats du poisson et de la faune, les plages pour la natation et l'eau potable. L'un des quatre SP du lac Huron, le port de Collingwood, a été retiré de la liste; il s'agit du premier SP des Grands Lacs à atteindre ses buts de rétablissement. Un SP est retiré de la liste ou déclaré assaini lorsque toutes les utilisations bénéfiques qui ont été

Effets du contaminant	Preuves dans les Grands Lacs	Situation actuelle
<p>Hypertrophie de la thyroïde -liée à l'exposition à certains contaminants (p. ex. PCB, DDE, dieldrine)</p>	<p>-prévalence surtout chez les Goélands argentés des sites contaminés y compris la baie Saginaw (lac Huron) la baie Green (lac Michigan), l'ouest du lac Érié et le lac Ontario</p>	<p>-à la suite d'une baisse des niveaux de contaminants dans la chaîne alimentaire aquatique des Grands Lacs, la gravité de l'hypertrophie de la thyroïde a diminué dans les populations de Goélands argentés</p>
<p>Dysfonction endocrinienne (féminisation) -le DDE est le produit chimique le plus puissant, abondant, rémanent et bioaccumulatif qui perturbe la fonction des hormones sexuelles -une exposition suffisante durant les premiers stades embryonnaires peut occasionner un développement anormal des tissus reproducteurs mâles et pourrait réduire le nombre de mâles normaux qui reviennent à la colonie de reproduction -peut engendrer des pontes supra-normales (nids comptant cinq œufs ou plus) en raison de l'occupation du même nid par deux femelles ou plus</p>	<p>-cet effet a été observé dès les années 1970 chez les Goélands argentés du lac Ontario lorsque les concentrations de DDE étaient élevées</p>	<p>-l'indidence et l'ampleur de la perturbation endocrinienne des Goélands argentés des Grands Lacs sont actuellement inconnues -des recherches sont en cours pour examiner les rapports entre les produits chimiques qui miment les hormones et les effets observés dans plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques du bassin des Grands Lacs -un rapport asymétrique entre les sexes et des pontes supra-normales pourrait aussi être le résultat d'une mortalité accrue des mâles -on observe encore des pontes supra-normales chez certaines colonies de Goélands argentés des Grands Lacs -un très faible nombre d'œufs dans les pontes supra-normales sont fertiles et éclosent</p>
		
	<p><i>Ponte supra-normale Piette Mineau</i></p>	
<p>Suppression de la fonction immunitaire -plusieurs contaminants (p. ex. PCB et TCDD) suppriment d'importantes fonctions immunitaires et peuvent accroître la susceptibilité aux maladies infectieuses</p>	<p>-dans les sites fortement contaminés, les Goélands argentés et les Sternes caspiennes présentent une inhibition du rôle des lymphocytes T, une atrophie du thymus et des anomalies de la numération des globules blancs</p>	<p>-de récentes études indiquent une suppression de 35 à 40 % de l'immunité à médiation du lymphocyte T dans les colonies fortement contaminées du port de Hamilton (lac Ontario), de la baie Saginaw (lac Huron) et de l'ouest du lac Érié -des recherches sont en cours pour déterminer l'ampleur et l'importance de cette suppression de la fonction immunitaire chez les oiseaux aquatiques piscivores et pour examiner les rapports entre les effets immunologiques et les autres effets physiologiques</p>
<p>Génotoxicité -les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et certains métaux sont capables d'induire des mutations génétiques</p>	<p>-l'analyse des empreintes digitales d'ADN a révélé des fréquences plus élevées de mutations chez les jeunes Goélands argentés du port de Hamilton comparativement à trois sites ruraux (île de Kent dans la baie de Fundy, île Chantry dans le lac Huron et Parc provincial Presqu'île dans le lac Ontario)</p>	<p>-ces mutations de l'ADN surviendraient au tout début du développement -de telles mutations peuvent entraîner un accroissement des maladies génétiques ou une modification de la fonction génétique menant à des changements néfastes du pool génétique</p>

perdues en raison de la contamination et de l'aménagement ont été rétablies. À ce jour, plus de 10 % des utilisations bénéfiques ont été rétablies dans l'ensemble du bassin.

La recherche révèle que les niveaux de produits chimiques toxiques rémanents dans les Grands Lacs ont considérablement diminué au cours des 25 dernières années. Bien qu'il s'agisse là d'une grande réalisation, il reste encore beaucoup à faire pour rétablir la santé de l'écosystème des Grands Lacs. Les tendances actuelles en matière de contamination révèlent l'apport soutenu de charges de contaminants aux Grands Lacs. Même si ces niveaux de contaminants sont de loin inférieurs à ce qu'ils étaient au cours des années 1970, dioxine, PCB et autres produits chimiques connexes sont toujours présents dans les Grands Lacs en raison de l'existence de sources non décelées, des dépôts atmosphériques et de la remise en suspension de sédiments de fond contaminés.

Des oiseaux piscivores tels que le Goéland argenté demeurent de bonnes sentinelles de la contamination de la chaîne alimentaire aquatique et des autres anomalies biologiques qui affectent les animaux vivant dans le bassin des Grands Lacs. En surveillant les niveaux de contaminants dans les oeufs, les chercheurs peuvent déceler la présence de concentrations significatives, sur le plan biologique, de produits chimiques dans les Grands Lacs, concentrations qui sont susceptibles, par exemple, de nuire au développement normal des embryons ou d'exercer d'autres effets subtils sur la reproduction. L'on peut s'attendre que ces contaminants se retrouvent dans les tissus de toutes les espèces, y compris les êtres humains, qui consomment d'importantes quantités de poissons du bassin des Grands Lacs.

Il existe évidemment des différences entre les oiseaux et les êtres humains, de sorte que les effets précis sur la santé observés chez les oiseaux ne sont pas nécessairement des indicateurs d'effets analogues sur la santé des êtres humains. Toutefois, les études sur les nouveau-nés de mères ayant consommé de grandes quantités de poissons fortement contaminés provenant des Grands Lacs révèlent la possibilité d'effets sur le développement des enfants. L'évaluation des effets potentiels des contaminants sur les populations humaines est habituellement fondée sur les renseignements disponibles, y compris les résultats des études technologiques réalisées sur d'autres mammifères, les études des populations fortement exposées et le niveau d'exposition. Les effets d'une exposition à long terme à de faibles concentrations de contaminants demeurent l'objet de recherches en cours sur la faune et la santé humaine.

Il ne faudrait pas prendre à la légère l'incidence des embryons morts dans les oeufs, des malformations et des changements biologiques chez les oiseaux des Grands Lacs. Ils révèlent que quelque chose ne tourne pas rond dans l'écosystème et sont liés à la question qui se fait jour quant au rapport entre les produits chimiques et les anomalies endocriniennes. D'autres espèces de niveau trophique élevé dans les Grands Lacs ont affiché des réactions semblables, y compris les êtres humains. Les Grands Lacs doivent être assez propres pour que toutes les espèces puissent y vivre et s'y reproduire normalement. C'est toute la collectivité qui doit relever le défi de rétablir l'écosystème des Grands Lacs si l'on espère en arriver à l'élimination virtuelle des contaminants.

Bibliographie

Bishop, C. A., D. V. Weseloh, N. M. Burgess, J. Struger, R. J. Norstrom et K. A. Logan. 1992. Atlas des contaminants dans les oeufs d'oiseaux piscivores coloniaux des Grands Lacs (1970-1988), Vol.1. Série de rapports techniques no 152, Service canadien de la faune, région de l'Ontario.

Colborn, T., D. Dumanoski, J. P. Myers. 1996. Our stolen future: are we threatening our fertility, intelligence and survival? : a scientific detective story. New York. 306 p.

Ewins, P. J., D. V. Weseloh, J. H. Groom, R. Z. Dobos et P. Mineau. 1994. The diet of Herring Gulls (*Larus argentatus*) during winter and early spring on the lower Great Lakes. *Hydrobiologia* 279/280: 39-55.

Fox, G. A. 1993. What have biomarkers told us about the effects of contaminants on the health of fish-eating birds in the Great Lakes? The theory and a literature review. *Journal of Great Lakes Research* 19: 722-736.

Giesy, J. P., J. P. Ludwig et D. E. Tillitt. 1994. Deformities in birds of the Great Lakes region. Assigning causality. *Environmental Science and Technology* 28: 128A-135A.

Gilbertson, M., T. Kubiak, J. Ludwig et G. Fox. 1991. Great Lakes embryo mortality, edema, and deformities syndrome (GLEMEDS) in colonial fish-eating birds: similarity to chick-edema disease. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 33:455-520.

Gouvernement du Canada. 1991. Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes, Vol. 1 2, et Environnement Canada, ministère des Pêches et Océans, Santé et Bien-être social Canada, ministre des Approvisionnements et Services Canada, Ottawa. 755 p.

Grasman, K. A., G. A. Fox, P. F. Scanlon, et J.P. Ludwig. 1996. Organochlorine-associated immunosuppression in pre fledgling Caspian terns and herring gulls from the Great Lakes: An ecopidemiological study. *Environmental Health Perspectives* 104 (Suppl. 4):829-842.

Hebert, C. E., R. J. Norstrom, M. Simon, B. M. Braune, D. V. Weseloh et C. R. Macdonald. 1994. Temporal trends and sources of PCDDs and PCDFs in the Great Lakes: Herring Gull egg monitoring. 1981-1991. *Environmental Science and Technology* 28: 1268-1277.

Mineau, P., G. A. Fox, R. J. Norstrom, D. V. Weseloh, D. J. Hallett et J. A. Ellenton. 1984. Using the Herring Gull to monitor levels and effects of organochlorine contamination in the Canadian Great Lakes. Dans *Toxic contaminants in the Great Lakes*. pp. 425-452, eds. J. O. Nriagu and M. S. Simmons, John Wiley and Sons Inc., New York.

Peakall, D. B. et G. A. Fox. 1987. Toxicological investigations of pollutant-related effects in Great Lakes gulls. *Environmental Health Perspectives* 71: 187-193.

Smith, D. W. 1995. Synchronous response of hydrophobic chemicals in Herring Gull eggs from the Great Lakes. *Environmental Science and Technology* 29: 740-750.

Pour de plus amples renseignements

On peut obtenir de plus amples renseignements sur le Goéland argenté, sur les programmes de surveillance des autres oiseaux piscivores et sur la faune des Grands Lacs à l'adresse suivante :

Environnement Canada
Service canadien de la faune
CP 5050
Burlington (Ontario)
L7R 4A6

On peut obtenir des renseignements sur les enjeux dans les Grands Lacs aux adresses suivantes :

Environnement Canada	ou	Commission mixte internationale
4905, rue Dufferin		100, avenue Ouellette
Downsview (Ontario)		Windsor (Ontario)
M3H 5T4		N9A 6T3

Les autres fiches d'information dans cette série sur les Grands Lacs :

- La réintroduction du Pygargue à tête blanche au lac Érié
- Le déclin et la reconstitution des populations de Balbuzards dans le bassin des Grands Lacs
- L'essor du Cormoran à aigrettes dans les Grands Lacs : Une victoire sur la pollution
- Amphibiens et reptiles des milieux humides des Grands Lacs : Menaces et conservation

Auteurs : D.P. Ryckman, D.V. Chip Weseloh et C.A. Bixhop

Publication autorisée par le ministre de l'Environnement ©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1997
N° de catalogue : En 40-222/6-19997F
ISBN 0-662-81898-9