



Centre
interinstitutionnel
de recherche
en écotoxicologie

Numéro spécial : Les effluents municipaux

Les rejets urbains constituent, en volume, les principales sources de pollution des plans d'eau de surface au Canada.

C'est pourquoi les membres du CIRÉ se sont penchés sur ce dossier et ont créé un programme de recherche d'envergure sur les impacts des effluents municipaux sur leur milieu récepteur. Ce programme implique plusieurs municipalités et grandes villes du Québec dont Montréal, Laval, Lévis, Gatineau, Québec et Rimouski. Les études de ces dernières années ont porté sur les polluants chimiques et biologiques, sur les impacts sur les écosystèmes aquatiques, sur les biomarqueurs et les espèces sentinelles, sur les impacts sur la santé humaine et sur les procédés de traitement.



Lac Saint Pierre. Couleurs ajustées

© Jean Morin

C'est une revue de ces travaux que nous vous proposons pour cette infolettre exceptionnelle du mois d'octobre.

Les contaminants

Une analyse des contaminants a été effectuée dans les effluents de trois stations de traitement des eaux usées de la Ville de Laval (Auteuil, Fabreville et La Pinière). Ces analyses de la rivière des Mille-Îles et des Prairies montrent une grande variété de substances chimiques. Plus de 130 ont été détectées. Parmi elles, on retrouve des « traceurs » de la contamination tels que le zinc, le chloroforme, le toluène, le naphthalène, la caféine, l'acétaminophène, les tétrachlorodibenzo-p-dioxines et l'acide perfluoro-octanoïque. La variabilité des polluants est importante. On note une variabilité spatiale de la contamination des effluents entre les stations d'épuration mais aussi au sein d'une même station (temporelle).

Si globalement, les concentrations individuelles sont « relativement faibles », la toxicité de plusieurs de ces substances est peu ou pas documentée.

Dans ce numéro :

- Les effluents municipaux : un programme d'envergure.
- Toxcéan un pôle à part.
- Les aspects de ce programmes : les contaminants, leurs effets sur les poissons, les bivalves, l'impact des parasites, les procédés de décontamination et leurs effets sur les poissons.
- L'indice d'intégrité biotique : IIB
- Le Saint-Laurent maritime

Contaminants et effets sur l'environnement

Le taux d'ARNm de vitellogénine hépatique mesuré chez le Queue à tâche noire à différents sites de la grande région de Montréal indique que des **contaminants œstrogéniques** sont présents. Le site témoin, l'île de la Paix, en amont de l'île de Montréal et non influencé par la rivière des Outaouais, présente un faible taux d'ARNm. La rivière des Outaouais, l'île Dorval, les îles de Boucherville, le bout de l'île et

Bois-blanc, en amont et le long de l'île de Montréal, présentent un taux moyen. L'îlet vert, l'île Beaugard et l'île St-Ours, en aval de l'île de Montréal, présentent un fort taux d'ARNm. La présence de ces perturbateurs endocriniens induit un délai dans la maturation des spermatozoïdes. La qualité de la semence est également affectée car on a pu noter une baisse de la motilité des spermatozoïdes. De

plus, le pourcentage d'intersexes augmente avec la contamination œstrogénique. Des études en laboratoire sur des truites arc-en-ciel ont permis de démontrer que ces effets ne sont pas immédiats. Le retard de la spermatogenèse semble être lié à une influence sur l'expression des connexines. La vascularisation pourrait aussi être affectée par la présence d'effluents.

Poissons et bivalves

Les effluents municipaux n'ont pas des effets œstrogéniques que sur les poissons mais aussi sur les **bivalves**. Les œstrogènes peuvent aussi féminiser les bivalves. Les moules sauvages exposées aux effluents de Laval, sur la rivière des Mille-Îles, ont un ratio femelle/mâle élevé. Ces résultats confirment les effets observés durant les bioessais de toxicité. La présence de composés

mimant la sérotonine dans les effluents municipaux et leurs effets sont retraceables à une distance de 1 km en aval du panache de dispersion dans le fleuve Saint-Laurent. Les algues et les cyanobactéries sont des cibles critiques des produits de soins personnels et pharmaceutiques (PPCP) trouvés dans les effluents

municipaux en plus des perturbateurs endocriniens.



Elipio complanata @François Gagné

Littérature

D'après une revue de **littérature**, environ la moitié des effluents municipaux sont œstrogéniques alors que 40 % d'entre eux montrent des effets toxiques relativement faibles. La présence de HAP détectée dans les effluents municipaux en masque le pouvoir œstrogénique. Les médicaments endocriniens sont trouvés dans le

groupe à haut risque pour l'environnement. Les effluents municipaux de grandes villes (plus de 300 000 habitants) de la province de Québec montrent un plus grand spectre d'effets et sont plus toxiques. Cette toxicité est proportionnelle à la taille de la population et au nombre d'industries présentes dans la ville.

Le stress oxydatif représente un dénominateur commun de la toxicité.

Environ la moitié des effluents municipaux sont œstrogéniques.

Parasites et pollution

En plus de ces polluants, les organismes peuvent subir un autre stress, celui causé par **les parasites**. Ces deux stressseurs peuvent avoir des effets combinés sur les biomarqueurs.

Les études de terrain ont montré que la présence du parasite *Plagioporus sinitsini* semble affecter certains biomarqueurs comme le facteur de condition dans les sites pollués. Ce qui suggère que *P. sinitsini* a un impact sur la santé des carpes vivant aux sites pollués. Grâce à une étude faisant le lien

entre le stress oxydatif, bon indicateur général de la santé de l'animal, et le parasitisme, on peut conclure que les biomarqueurs non-spécifiques de la santé des poissons sont un outil avantageux pour examiner les effets sous-létaux liés à la pollution et aux parasites. Les effets sous-létaux combinés de pollution et de parasites existent dans le fleuve Saint-Laurent. Les parasites devraient être examinés dans les études évaluant les effets de la pollution sur la santé des

animaux aquatiques.

Plus spécifiquement, les effluents municipaux ont des effets sur les macroparasites, les paramètres immunitaires et le stress oxydatif des poissons étudiés, sur la chaîne alimentaire et sur les parasites myxozoaires. On note aussi des effets combinés sur la performance des indicateurs et la présence de parasites.

Littérature et parasites

Ces résultats concordent avec la **littérature**. Des études suggèrent que les parasites peuvent moduler les biomarqueurs standards (réponse immunitaire, métallothionéines, protéines de choc thermique, cortisol et glucose, fonctions hormonales, reproduction et fécondité). Ces études ont été faites sur les hôtes suivants : mollusques, crustacés, poissons,

reptiles, amphibiens, oiseaux et mammifères. Parmi les parasites étudiés, on note les protozoaires, trématodes, cestodes, nématodes et arthropodes. D'autres études montrent que des animaux exposés à la pollution affichent un taux de mortalité plus élevé lorsqu'ils sont infectés. Combiné à l'exposition de différents polluants (Zinc, PCB, pesticides), le parasitisme montre

des effets sous-létaux comme la diminution de l'hématocrite, la réduction de la réponse immunitaire, l'augmentation du nombre de malformations, un retard de développement et une perte de poids.

Les procédés de désinfection

De nos jours, la majeure partie de la désinfection de l'eau se fait avant sa consommation, et non sur le rejet des eaux usées. La station d'épuration des eaux usées de la Ville de Montréal est la plus grande en Amérique du Nord. Elle traite quotidiennement 2,5 millions de mètres cubes

d'eaux usées, soient près de 50% de toutes les eaux usées du Québec. Dans le but d'améliorer la qualité de ces rejets, différents procédés de désinfection ont été testés afin de déterminer le meilleur à utiliser. Les résultats montrent que le procédé de traitement d'ozonation diminue significative-

ment la présence de bactéries, des polluants chimiques tels que les pharmaceutiques résistants ou les agents tensio-actifs, et réduit la toxicité des rejets de station d'épuration (étude réalisée à la station des eaux usées de Montréal). L'ozonation ne diminue cependant pas la charge en matière organique.

Critères de choix des procédés

Mais tous les procédés (UV, ozone) sont capables de désinfecter l'eau. Le choix du procédé ne peut donc être fait sur la finalité à atteindre. Chaque technologie ayant un coût similaire, court terme vs long terme, le choix ne peut être fait sur un critère financier. Si l'on se base sur le système législatif, on voit que les lois permettant de réglementer l'entrée de polluants dans l'environnement

considèrent les composés de manière individuelle. Or, les effets de mélanges de polluants sur l'environnement sont propres à chaque mélange. Les effets de polluants combinés peuvent être cumulatifs, exponentiels ou encore, antagonistes. C'est pourquoi il est important de tenir compte des impacts de tels traitements sur l'environnement. Les outils écotoxicologiques permettent de

dégager une vue d'ensemble des produits et l'impact du mélange. L'écotoxicologie et la technologie devraient être indissociables.



Molécule d'ozone

Effets des procédés sur l'environnement

Des essais pilotes ont été réalisés à la station d'épuration des eaux usées de la Ville de Montréal. Ces essais avaient pour but d'observer les effets de différents procédés de désinfection (UV, ozone, acide performique) sur la santé d'une espèce sentinelle : la truite arc-en-ciel. Des expositions *in vitro* de lymphocytes de truites, des truites elles-mêmes aux effluents municipaux

ayant subi ou non un procédé de désinfection montrent que l'ozonation n'a pas eu d'effet sur les poids et les longueurs des poissons, n'a pas empêché les lymphocytes T et B de proliférer, donc ne semble pas avoir augmenté la toxicité des effluents, n'a pas manifesté d'effet d'amplification pour la phagocytose, a eu un effet à faible distance sur

les cellules cytotoxiques qui a disparu à 1 et 4,2 km.

Autres pressions

Le Saint-Laurent, milieu naturellement très diversifié, est également multi-impacts. Différentes masses d'eau y coexistent, rendant son étude d'autant plus intéressante et complexe. Les facteurs ayant un impact sur ce cours d'eau sont nombreux. Parmi eux, on peut mentionner la fragmentation, la

régularisation des niveaux d'eau, l'urbanisation, l'agriculture intensive, divers types de contaminants, la déforestation, la navigation commerciale, le réchauffement climatique et l'invasion des espèces exotiques. Afin de tenir compte d'un grand nombre de ces paramètres, le Ministère des Ressources

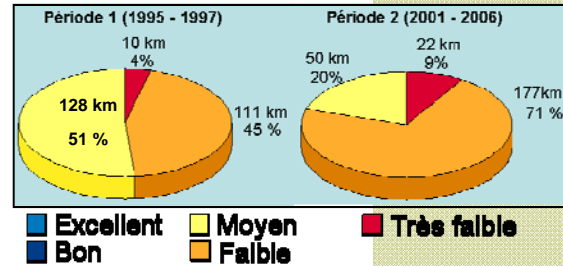
naturelles et de la Faune (MRNF) s'est attelé à développer un indice multimétrique : l'Indice d'Intégrité Biotique (IIB).

L'Indice d'Intégrité Biotique

Cet outil évalue et suit l'état de santé du fleuve Saint-Laurent dans l'espace et dans le temps par l'intermédiaire de ses communautés de poissons. Cet indice utilise des « métriques » comme la taxonomie, l'utilisation de l'habitat, les guildes trophiques, le statut de l'espèce ou l'état sanitaire de l'animal. Les métriques peuvent s'exprimer sous différentes formes : nombre d'espèces, abondance relative, biomasse (ex. : pour les espèces exotiques). Chaque métrique est connue pour répondre à un ou plusieurs types de pression.

Les secteurs à l'étude sont le lac Saint-François, le lac Saint-Louis, Montréal – Sorel, le lac Saint-Pierre et son archipel, Bécancour – Batiscau, Grondines - Saint-Nicolas. Il est apparu que l'IB du Saint-Laurent est moyen à faible de manière générale. On observe également une tendance à diminuer avec le temps à certains endroits. Le nombre de kilomètres présentant un IB moyen a diminué entre 1995-1997 et 2001 à 2006 (de 128 à 50 km), tandis que celui présentant un IB faible a augmenté (111 à 177 km), de même que l'IB très faible (10 à

22 km). Cette tendance est liée à l'érosion des berges, la fragmentation ou aux rejets industriels. Notons qu'il n'existe pas d'IB excellent ou même bon sur la portion étudiée.



Le Saint-Laurent maritime

Concernant le **Saint-Laurent maritime**, étudié par le pôle Toxcéan du CIRÉ, il représente une très grande aire d'étude à couvrir. Contrairement au fleuve, on y trouve de grandes profondeurs et il subit une influence importante du Saguenay et du courant de Gaspé. Les impacts des rejets urbains sur le Saguenay ont été décrits dans l'infolettre 3 du mois de Juin, consacrée au programme du Saguenay. Pour le Saint-Laurent maritime, la contamination chimique présente peut être trappée dans les sédiments mais avoir des effets chroniques sur l'environnement.

Sur les berges, les sites d'études comparant les sites de Pointe-au-Père (présence d'effluents municipaux) ou de Métis (site référence), ont démontré une avancée de la maturité sexuelle chez les mâles et les femelles myes des sites pollués. Cette perturbation a été mise en évidence par la mesure de teneurs hormonales de la prog-

térone, le 17- β œstradiol, la testostérone et l'indice de maturité. Ceci suggère la présence de contaminants œstrogéniques, qui peut être liée à l'apport de pesticides au mois de mai.

L'étude comparant les marais de Pointe-au-père (rejets fluviaux, lessivage du bassin versant, impact des municipalités en amont dont beaucoup n'ont pas de stations d'épuration) et du Bic (bassin versant, rejets urbains), aucune différence significative n'a été notée dans les indicateurs de pollution (analyses d'eau ou de sédiments).

Les études faites au large, concernant l'analyse bactériologique de coliformes thermotolérants (CTT) et d'entérocoques fécaux (EF) montrent que les taux sont inversement proportionnels à la dilution dans le Saint-Laurent, jusqu'à n'être plus détectables dans la partie marine du Saint-Laurent.



©Jocelyne Pellerin

Les résultats présentés dans cette infolettre sont issus des présentations, données au colloque thématique sur les effluents municipaux ayant eu lieu les 15 et 16 octobre 2008, par les personnes suivantes : Louis Martel, CEAEQ, Daniel Cyr, INRS-IAF, David Marcogliese, Environnement-Canada, Jocelyne Pellerin et Karine Lemarchand de l'ISMer, François Gagné, Environnement-Canada, Robert Hausler, ETS, Pauline Brousseau, INRS-IAF, Yorick Reyjol, MRNF et leurs collaborateurs.



Le compte-rendu de ce colloque sera disponible sous peu, sous l'onglet « Archives » du site Internet du CIRÉ.

Toxcéan

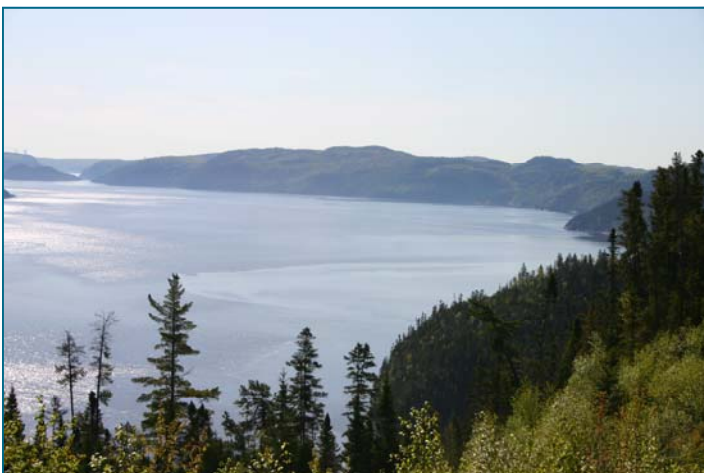
Fondé en 2007, Toxcéan rassemble les forces en recherche dans le domaine de l'écotoxicologie marine. Ses activités de recherche s'inscrivent dans des projets d'envergure basés dans le système marin Saint-Laurent – Saguenay et aussi dans les zones côtières ailleurs dans le monde.

Toxcéan s'intéresse aux processus qui causent/ expliquent l'apparition d'une fenêtre de vulnérabilité du stade de développement, au développement et à la validation de biomarqueurs applicables aux eaux saumâtres et marines du fjord du Saguenay et du Saint-Laurent et à l'état de santé des mammifères marins.



Anse Saint-Jean ©Jocelyne Pellerin

Toxcéan a pour mission d'entreprendre des activités de recherche d'envergure principalement basées dans le système marin Saint-Laurent – Saguenay et aussi dans les zones côtières ailleurs dans le monde.



©Jocelyne Pellerin

Ce pôle du CIRÉ regroupe des chercheurs de l'ISMER, de Pêches et Océans Canada (IML, Institut Maurice Lamontagne, Mont-Joli, Qc ; le Canadian Rivers Institute, Fredericton, N-B, et le Centre des pêches du Golfe, Moncton, N-B) et des collaborateurs venant de Montréal et de Québec œuvrant en milieu marin. Il possède aussi des partenaires des secteurs publics et privés, collaborateurs ou utilisateurs des résultats de recherche comme la ville de Rimouski, l'Aquarium de Québec, le Centre de recherche en biotechnologie marine (CRBM), le Parc Marin Saint-Laurent Saguenay (Parc Canada), ALCAN Ltée, Environnement Canada, le Ministère des Pêches et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), le Cégep de la Gaspésie et des Îles (Centre Spécialisé des Pêches et Halieutec (Grande Rivière).