

106498-
V1
X

**Une contribution scientifique
à l'action environnementale
1988-1993**

LE SAINT-LAURENT SOUS LE MICROSCOPE

**UN PATRON DE CONTAMINATION
DU FLEUVE**

Le Centre Saint-Laurent... sur la piste des toxiques

**POISSONS MAL FORMÉS...
OU HISTOIRES DÉFORMÉES?**



**LE LAC SAINT-FRANÇOIS : ENFIN, UNE BAISSSE
DE LA CONTAMINATION!**

FC
2759.T6
C45
1995
vol.1
c.3

**BEEP! UN COUP D'OEIL SUR LE POTENTIEL
TOXIQUE DES EFFLUENTS INDUSTRIELS**



Environnement
Canada

Environment
Canada



Saint-Laurent
Vision 2000

Page couverture

Photographie de Jacques Bureau, Centre Saint-Laurent.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1995

N° de cat. : En 153-52/1-1993F

ISBN : 0-662-99174-5

Imprimé sur papier recyclé avec encres non toxiques.



M - Marque officielle d'Environnement Canada
M - An official mark of Environment Canada

*«Attendre d'en savoir assez
pour agir en toute lumière,
c'est se condamner
à l'inaction.»*

Jean Rostand

AVANT-PROPOS

Le Centre Saint-Laurent est un centre de recherche et développement environnemental d'Environnement Canada. Depuis sa création en 1988, il réalise en autres des activités à caractère scientifique et technique dans le but de prioriser les interventions environnementales en matière de dépollution, de prévention, de conservation et de protection du Saint-Laurent.

Entre 1988 et 1993, le Centre Saint-Laurent réunissait un groupe d'experts sous quatre directions : la Direction Écotoxicologie et écosystèmes, la Direction Eaux intérieures, la Direction Développement technologique et la Direction Connaissance de l'état de l'environnement.

Durant ces cinq années, la Direction Écotoxicologie et écosystèmes s'est appliquée à mieux connaître la problématique de la contamination du fleuve entre Cornwall et Québec. Le présent document décortique les réalisations scientifiques de cette direction.

Les programmes et projets de recherche ont été effectués en partenariat avec les différents paliers de gouvernement, le secteur privé, les universités et les centres de recherche dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, un plan concerté des gouvernements du Canada et du Québec pour protéger, conserver et restaurer la qualité des eaux du Saint-Laurent.

FOREWORD

The St. Lawrence Centre is an environmental research and development centre of Environment Canada. Since its establishment in 1988, some of the Centre's scientific and technical activities have aimed at prioritizing environmental cleanup and pollution prevention operations in order to conserve and protect the St. Lawrence River.

From 1988 to 1993, the St. Lawrence Centre brought together a group of experts under four branches: the Ecotoxicology and Ecosystems Branch, the Inland Waters Branch, the Technology Development Branch, and the Knowledge of the State of the Environment Branch.

Over these five years, the Ecotoxicology and Ecosystems Branch worked to better understand the problem of contamination of the St. Lawrence between Cornwall and Quebec City. This report examines in great detail the scientific results of the EEB.

The research programs and projects were carried out with our partners at various levels of government, along with the private sector, universities and research centres as part of the St. Lawrence Action Plan, a joint initiative of the federal and Quebec governments to protect, conserve and restore the quality of St. Lawrence River water.

Coordination

Isabelle Goulet, Centre Saint-Laurent (CSL)
Marianne Tremblay, conseillère, Communication environnementale

Recherche et rédaction

René Caissy
Marie-Claude Ducas
Jacinthe Melançon, Idée-O-Cube
Marianne Tremblay

Conception

Marie-Paule Gratton, Productions du Grand Bambou

Collaboration à la conception

Marianne Tremblay
Denise Séguin, CSL

Infographie

Denise Séguin
Yves Roberge

Révision linguistique

Michèle Létienne-Prévost, CSL

Suivi de production

Denise Séguin

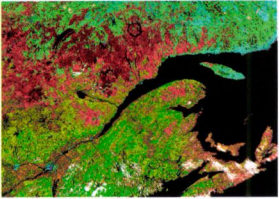
Remerciement spécial à :

Denise Séguin et Marianne Tremblay pour leur contribution significative. François Boudreault pour son apport à la production de nombreux tableaux, graphiques et cartes. Guy Létourneau pour son travail d'adaptation informatique des images de télédétection. Lynn Cleary pour ses remarques constructives sur le fond et la forme du document. Tout le personnel scientifique et technique du Centre Saint-Laurent pour sa collaboration à plusieurs titres à la réalisation de ce document.

TABLE DES MATIÈRES

page

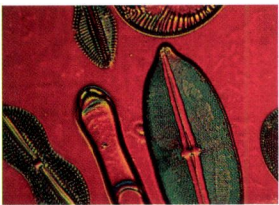
III *Avant-propos – Foreword*



1 *La recherche au Centre Saint-Laurent*



3 *La Section Apports toxiques*



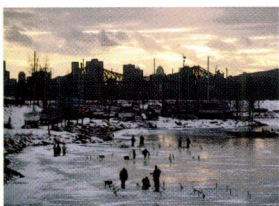
29 *La Section Écotoxicologie*



53 *La Section Évaluation des écosystèmes*



71 *La Section Services analytiques*



89 *L'évolution des activités de recherche*

97 *Annexes et glossaire*

113 *Index par sujet de recherche*

LA RECHERCHE AU CENTRE SAINT-LAURENT



MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC – PHOTOCARTOTHEQUE QUÉBÉCOISE. IMAGE DU QUÉBEC PAR SATELLITE

L'ARDEUR SCIENTIFIQUE AU CENTRE DE LA GESTION D'UN GRAND FLEUVE DU MONDE

La recherche commence toujours par une question. Les connaissances scientifiques dissipent un peu les mystères. Elles sont le fondement de l'action. Dans leur quête de savoir, les scientifiques de la Direction Écotoxicologie et écosystèmes du Centre Saint-Laurent ont réalisé entre 1988 et 1993 plusieurs travaux qui démystifient toujours un peu plus la problématique de contamination du fleuve. Le présent document en divulgue les résultats de façon vulgarisée et rend accessibles à un plus grand nombre les connaissances acquises au cours de ces cinq années de recherche. Il nous fait également partager le voyage exploratoire de gens fiers d'ajouter un tant soit peu à notre compréhension partielle du grand livre de la nature.

Les deux grandes questions que les scientifiques ont fouillées sont les suivantes : Quelle est l'importance des apports toxiques au fleuve et quel est l'impact de la présence des contami-

nants sur les écosystèmes du Saint-Laurent? La direction de la recherche a décidé d'aller au fond des choses en favorisant l'interdisciplinarité.

Des chercheurs ont d'abord consacré leur énergie à l'étude de trois sources de contamination du fleuve : les Grands Lacs, les cours d'eau tributaires et les effluents industriels liquides. Ceci leur a permis entre autres d'établir le bilan des contaminants et de découvrir, grâce à des recherches complémentaires, que d'autres sources de contamination, notamment les apports atmosphériques et les rejets d'un effluent municipal, sont loin d'être négligeables.

Une équipe de recherche a démontré que la simulation peut dorénavant être appliquée pour en connaître davantage sur la propagation de rejets industriels ou encore pour prévoir l'évolution d'une nappe d'huile, en cas de déversement accidentel. Quant aux sédiments, les scientifiques

ont trouvé une façon d'évaluer combien de temps serait nécessaire pour épurer le système si ce dernier n'était plus soumis aux apports de contaminants. D'autres données mettent en lumière une diminution de la contamination des sédiments (pour certaines substances) dans les lacs fluviaux. L'histoire de la contamination peut être dévoilée à l'aide d'une méthode de datation des sédiments, la géochronologie.

Plusieurs résultats en écotoxicologie confirment la valeur de l'infiniment petit (les microorganismes) dans les tests de dépistage de toxicité effectués sur des organismes de laboratoire. Entre autres, des chercheurs ont mis au point un outil de diagnostic, le BEEP, qui rassemble plusieurs microtests sur les bactéries, les algues, etc. Cet outil permet d'évaluer rapidement le potentiel toxique des rejets industriels liquides. Un test différent, appelé «S.O.S. chromotest», se sert de bactéries comme signal de toxicité. Adapté à une technique semi-analytique et couplé à des analyses chimiques, ce test révèle divers types d'altérations génétiques causées par des substances toxiques. Un domaine de recherche qui promet.

Certains travaux font ressortir l'importance mais aussi la difficulté de sélectionner des outils adéquats qui en diront plus sur la condition du fleuve et permettront de suivre son évolution. Quel est l'état du Saint-Laurent? Sa condition

s'améliore-t-elle, se détériore-t-elle? Des questions omniprésentes dans le quotidien de ceux qui scrutent les multiples facettes d'un des plus grands fleuves du monde. L'énorme tâche à laquelle les scientifiques doivent s'attaquer pour fournir aux décideurs une vision globale (et locale) de l'état du Saint-Laurent nécessite la mise en place d'un «réseau de suivi». Les spécialistes des poissons, du benthos et du plancton n'ont pas fini de se mouiller dans les eaux du fleuve!

En plus des initiatives liées aux programmes de recherche, du personnel scientifique et technique a également été associé de près aux activités d'application de la réglementation d'Environnement Canada. Les laboratoires du Centre Saint-Laurent sont d'ailleurs reconnus par l'Association canadienne des laboratoires d'analyse environnementale (ACLAE), une reconnaissance que l'on attribue en partie au programme rigoureux d'assurance et de contrôle de la qualité, en place depuis quelques années. Analyses de toutes sortes, guide méthodologique de caractérisation des sédiments, interventions rapides en situation d'urgence environnementale, toutes ces activités reflètent elles aussi d'autres aspects de l'action environnementale.

Bonne lecture et agréable aventure au coeur de la science sur le Saint-Laurent!

AVIS AUX LECTEURS

Ce document présente l'ensemble des réalisations scientifiques pour chacune des quatre sections de la Direction Écotoxicologie et écosystèmes, entre 1988 et 1993. On retrouve pour chaque section des informations d'ordre général : mandat, équipe scientifique, certaines particularités dans le mode de fonctionnement, etc. Par la suite, chaque réalisation scientifique est présentée sous forme d'article. Les objectifs relatifs aux programmes ou aux projets de recherche sont placés en évidence dans un encadré de couleur, au début du texte correspondant. Les principaux résultats sont énoncés en bas de page. Les réalisations scientifiques sont également regroupées par sujet (ou thème) de recherche dans un Index placé en annexe, avec une liste d'encadrés, de figures et de tableaux choisis. L'emploi du générique masculin est non discriminatoire et sert uniquement à alléger le texte.

LA SECTION

APPORTS TOXIQUES



TABLE DES MATIÈRES

LA SECTION APPORTS TOXIQUES

page

- 5** UN PORTRAIT D'UN FLEUVE DYNAMIQUE
- 8** SUIVRE À LA TRACE... DES «SUBSTANCES-TRACES»
- 11** LA CUM MISE À CONTRIBUTION
- 12** ÉLOGE DU BRUIT DE FOND
- 13** L'INSOUTENABLE LÉGÈRETÉ DES «VOLATILS»
- 14** L'AVENIR PROMETTEUR D'UN OUTIL DE PRÉDICTION
- 17** DES GRAINS DE SABLE DANS L'ENGRENAGE DU FLEUVE
- 20** LE LAC SAINT-FRANÇOIS : ENFIN, UNE BAISSÉ DE LA CONTAMINATION!
- 22** LA MÉMOIRE DU FLEUVE AU COEUR DES SÉDIMENTS
- 24** LES HERBIERS DE PLANTES AQUATIQUES : PIÈGES À CONTAMINANTS OU PASSOIRES?
- 26** LE «PHYTOPLANCTON» : DES PETITS ORGANISMES QUI POURRAIENT PESER LOURD DANS LE BILAN DES CONTAMINANTS
- 28** UNE EXPERTISE RECONNUE OUTRE-FRONTIÈRE



ÉQUATION PLUS – ANDRÉ TREMBLAY

Identifier les principales sources de contamination, effectuer le bilan des contaminants présents dans le fleuve et élucider les mécanismes de transport des contaminants.

UN PORTRAIT D'UN FLEUVE DYNAMIQUE

En professant qu'«on ne se baigne jamais deux fois dans le même fleuve», le Grec Héraclite reconnaissait l'aspect dynamique des grands cours d'eau. C'était cinq siècles avant Jésus-Christ! Mais quel lien existe-t-il entre le Saint-Laurent et la doctrine des Grecs?

Le Saint-Laurent présente les caractéristiques d'un milieu fortement hétérogène et dynamique. Sa position géographique à la confluence de trois assises géologiques distinctes (le Bouclier canadien, les Appalaches et les basses terres du Saint-Laurent), sa bathymétrie variable, sa physico-chimie et son substrat qui changent tout le long de son cours, ses cycles saisonniers, la présence des glaces pendant plusieurs mois, le dégel printanier qui survient plus rapidement en amont qu'en aval, la présence des marées, les nombreuses infrastructures qui affectent son débit et la vitesse de son courant : tous ces éléments illustrent le dynamisme et l'hétérogénéité du fleuve.

Pour Héraclite, des phénomènes dynamiques sont effectivement observables sur terre, mais ils

sont illusoire et irréels. Une telle position métaphysique interdit, en quelque sorte, de mesurer les phénomènes de la nature et ne favorise sûrement pas l'émergence d'un concept comme l'évolution temporelle... Cette philosophie, qui a dominé les sciences naturelles pendant des siècles, contribue à une perception statique et figée de la nature.

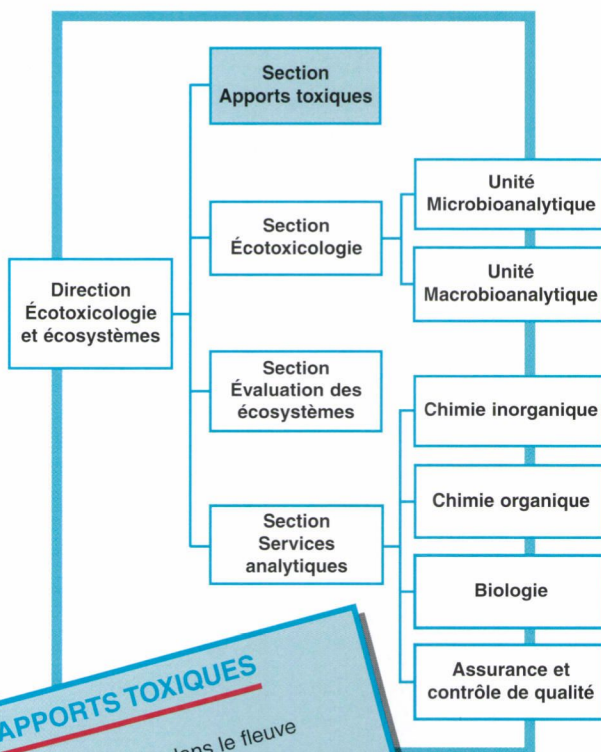
À l'opposé, les chercheurs de la Section Apports toxiques ont décidé d'adopter une approche dynamique. En cherchant à décrire les phénomènes mais aussi à les quantifier, leurs travaux entrepris durant le Plan d'action Saint-Laurent ont permis de mettre au point des schémas et des modèles qui tiennent compte de la nature hautement dynamique du fleuve.

Ces nouvelles connaissances sur les apports toxiques et sur la dynamique des contaminants alimentent dorénavant différents scénarios de gestion environnementale et orientent les actions entreprises pour conserver et protéger l'écosystème du Saint-Laurent.

Équipe multidisciplinaire = approche intégrée

Quantifier la contamination du fleuve est un exercice ambitieux. Pour y parvenir, la Section Apports toxiques a fait appel à une équipe multidisciplinaire et instauré un partenariat avec plusieurs universités et des entreprises du secteur privé. Biologistes, chimistes, océanographes, géologues, sédimentologues, géomorphologues et géographes ont travaillé de concert sur neuf projets majeurs afin d'améliorer notre connaissance du fleuve.

De façon concrète, les projets de recherche visaient à répondre à des questions touchant plusieurs sujets : le degré de contamination du fleuve, les sources de contaminants, l'apport des Grands Lacs, des tributaires, des industries, de l'atmosphère, la façon dont les contaminants sont pris en charge par le système et leur destination.



CENTRE SAINT-LAURENT – ALEX GRECOFF

Après la philosophie grecque, un défi logistique

Afin de s'attaquer à toutes ces questions importantes reliées aux apports toxiques, les chercheurs ont souvent dû innover. Ils ont usé d'ingéniosité pour élaborer des stratégies de terrain qui tiennent compte du caractère hautement dynamique du Saint-Laurent.

Parmi les moyens qui ont permis à l'équipe de contrer les difficultés logistiques inhérentes à la forte hétérogénéité du fleuve, on trouve la collecte d'échantillons d'eau réalisée en fonction du temps de déplacement de la masse d'eau. La confection d'échantillonneurs spécifiques et l'échantillonnage hivernal ont également fourni aux scientifiques d'autres moyens adaptés à leurs travaux de recherche sur le Saint-Laurent. L'échantillonnage hivernal, par exemple, permet de détecter plus facilement certains contaminants, comme les substances volatiles, qui sont alors prisonnières des glaces.

Des objectifs clairs pour un mandat complexe

Identifier les sources pour pouvoir agir

L'un des objectifs majeurs du Plan d'action Saint-Laurent visait la réduction de 90 % des rejets toxiques de 50 établissements industriels prioritaires. «Les industries ont été retenues pour étude parce qu'elles sont des sources ponctuelles de pollution sur lesquelles il est possible d'intervenir à court terme», explique Lynn Cleary, directeur des programmes de recherche au Centre Saint-Laurent.

Lynn Cleary précise que «pour déterminer l'importance de l'apport des industries par rapport aux autres sources de contamination, les scientifiques ont évalué les apports des Grands Lacs et ceux des tributaires du Québec. D'autres sources potentielles de contaminants sur lesquelles il n'existe pratiquement pas de données, par exemple les sources atmosphériques ou les effluents municipaux, ont aussi été évaluées.»

Effectuer un bilan des contaminants pour dresser le portrait de la situation

Quel est le degré actuel de contamination du fleuve? Pour répondre à cette question de nature quantitative, la Section Apports toxiques a mis en pratique le concept de bilan massique ou bilan des contaminants du fleuve. À l'instar du comptable dans une entreprise, qui établit un bilan en vue d'obtenir le portrait de la situation financière et de prévoir son évolution, les scientifiques ont retenu un concept qui permet de dresser un portrait de l'état du fleuve, de faire le point sur son degré de contamination.

«Dès le début du Plan d'action Saint-Laurent, il y a eu une volonté d'établir des programmes d'étude et des projets qui répondent à des préoccupations de gestion», explique Ken Lum, chef de la Section. En soi, le concept de bilan massique, tel qu'il a été élaboré, est un outil d'aide à la décision. Il permet de soutenir différents scénarios de gestion en fournissant un critère de choix quant aux sources de contamination à prioriser. Par exemple, si le calcul du bilan massique révèle que l'atmosphère constitue une source importante de contamination du fleuve, les efforts de dépollution pourraient inclure des mesures pour réduire la pollution provenant de rejets atmosphériques.



L'IMAGIER – CHRISTIAN BIBEAU

Identifier les modes de transport des contaminants pour déterminer les actions prioritaires

De quelle façon les contaminants voyagent-ils dans le système? Sont-ils transportés par l'eau ou par les sédiments? Sont-ils bioaccumulés? Sont-ils relargués? Sont-ils sédentaires?

En plus d'identifier les principales sources de contamination et d'établir leur contribution relative, les chercheurs se sont intéressés au comportement et au devenir des contaminants dans les principaux compartiments (eau, sédiments et biote) du fleuve. Ils ont analysé les modes de transport que ces contaminants utilisent une fois arrivés dans le fleuve. En sachant comment les contaminants voyagent et quelles «haltes» ils font en cours de route, il est plus facile de déterminer quelles actions sont prioritaires. Par exemple, si on sait qu'un contaminant est piégé dans une zone de dépôt sédimentaire et si on connaît la façon dont il est arrivé là, il est alors possible de remonter jusqu'à la source et d'imposer des mesures de réduction des rejets. Des informations précieuses pour les gestionnaires de l'environnement.

SUIVRE À LA TRACE... DES «SUBSTANCES-TRACES»

Dresser un portrait des principaux apports de contaminants le long du système fluvial entre Cornwall et Québec.

L'échantillonnage lagrangien : se fondre au rythme de la masse d'eau

Les Amérindiens ont nommé le Saint-Laurent le «chemin qui marche». Disons que le fleuve marche un peu vite! En moyenne, le courant se déplace à 5 ou 6 km/h. À ce rythme, qui équivaut à celui de la marche rapide, une masse d'eau partant de Cornwall met trois jours pour arriver à Québec. Une équipe chargée de localiser les principales sources de contaminants le long de ce parcours (et d'établir la contribution relative de chacune de ces sources) a eu tout le loisir d'apprécier le rythme du fleuve. Suivant les caprices et l'irréversible destin d'une masse d'eau en marche vers le golfe du Saint-Laurent, les scientifiques sont donc partis de Cornwall pour atteindre Québec... trois jours plus tard.

Cette stratégie d'échantillonnage, appelée **lagrangienne**, a été privilégiée par l'équipe parce qu'elle tient compte du temps de transit de l'eau. «Son avantage majeur est qu'elle permet de voir où ont lieu les principaux apports de contaminants le long du fleuve», explique Claire Lemieux, chargée de projet. «Une augmentation ou une diminution de charges en contaminants à l'intérieur d'une masse d'eau peuvent être plus facilement décelées entre chaque transect d'échantillonnage. Ainsi, on obtient un portrait assez précis du transport des contaminants dans le fleuve.»

Au cours du périple, cinq transects d'échantillonnage ont été visités; des échantillons d'eau ont été prélevés à plusieurs stations à partir du Pétrel, un bateau de neuf mètres. Les prélèvements complétés, l'équipe quittait le «chemin qui marche» pour emprunter «le chemin qui roule» – l'autoroute 20! –, remorquant le bateau jusqu'au prochain transect. Mais comment savoir si l'échantillon qu'on a prélevé provient effectivement de la masse d'eau que l'on veut analyser?

L'échantillonnage d'une masse d'eau : jouer dans la couleur

Le fleuve se divise en plusieurs masses d'eau que l'on peut, à certains endroits, facilement identifier à l'oeil nu. L'équipe a pu les repérer aussi en mesurant, entre autres, la conductivité. Les scientifiques ont concentré leur échantillonnage sur trois masses d'eau : d'abord, la masse d'eau située du côté sud du fleuve et constituée des eaux provenant des tributaires de la rive sud du fleuve; ensuite, les eaux brunes chargées de matières en suspension qui proviennent principalement de la rivière des Outaouais et des tributaires qui longent la rive nord; enfin, les eaux vertes qui proviennent essentiellement des Grands Lacs et qui constituent la masse d'eau centrale du fleuve.

Trois des principales masses d'eau du Saint-Laurent



Une partie des eaux des Grands Lacs garde son identité tout au long du couloir fluvial. Ce phénomène s'explique principalement par la turbulence des eaux et par le fait que le fleuve est très large par rapport à sa profondeur. Ici, au lac Saint-Pierre, la largeur du fleuve est 2500 fois plus importante que sa profondeur.

CENTRE SAINT-LAURENT – IMAGE DE TÉLÉDÉTECTION DU LAC SAINT-PIERRE DU 20 OCTOBRE 1990

À chacun sa part... de «contaminants»

À bord du Pétrel, l'échantillon était pompé dans des bouteilles et filtré en laboratoire pour séparer les phases dissoute et particulaire (matières en suspension). Pour chaque échantillon et pour chacune des deux phases, une série d'analyses chimiques a permis d'évaluer la présence et la concentration des différents contaminants prioritaires. «En multipliant cette concentration par le débit du fleuve, on obtient une charge pour chacune des substances analysées», précise Claire Lemieux. Cette charge peut s'exprimer en kilogrammes par seconde ou par jour ou encore en tonnes par année. «On peut ensuite calculer le **bilan massique** pour différentes classes de contaminants. On peut établir le bilan des contaminants organiques, les pesticides par exemple, et le bilan des contaminants inorganiques comme les métaux lourds.»

FORMULE DU BILAN MASSIQUE

$$Q_Q = Q_{GL} + Q_T + Q_I + Q_X$$

où

Q_Q : somme des charges de contaminants à Québec

Q_{GL} : charges des Grands Lacs

Q_T : charges des tributaires

Q_I : charges des effluents industriels

Q_X : charges d'autres sources non mesurées

Les contaminants en provenance des Grands Lacs

C'est l'échantillonnage périodique à Cornwall qui a permis d'identifier les contaminants issus des Grands Lacs.

Les contaminants en provenance des cours d'eau tributaires

Pour évaluer la portion de contaminants provenant des tributaires, l'équipe de Claire Lemieux a échantillonné, sur une base saisonnière, 50 tributaires situés entre Cornwall et Rivière-du-Loup, la majorité se trouvant en amont de Québec. La rivière des Outaouais et les tributaires majeurs du lac Saint-Pierre (Richelieu, Yamaska, Saint-François et Nicolet) ont été échantillonnés plus fréquemment. Ces cinq tributaires représentent en moyenne, sur l'ensemble des substances analysées, 60 % des apports totaux de l'ensemble des tributaires échantillonnés.

Les contaminants en provenance des effluents industriels

Les contaminants des effluents des établissements industriels prioritaires du Plan d'action Saint-Laurent ont été caractérisés par l'**Équipe d'intervention Saint-Laurent**.

Les résultats de ce projet ont été utilisés par l'équipe de Claire Lemieux pour évaluer la part de contaminants attribuable aux industries par rapport à la contribution liée à d'autres sources non mesurées.

Dans le calcul du bilan massique, en additionnant les parts attribuables à chacune des sources et en comparant le total obtenu à la charge mesurée à Québec, il est possible de déterminer quelle partie des charges provient de sources non mesurées (Q_X).

La proportion moyenne des charges pour les contaminants sélectionnés a été établie comme suit : 40 % proviennent des Grands Lacs, 30 %, des tributaires du Québec, 8 %, des industries, et 22 %, de sources non mesurées.

BILAN DES CONTAMINANTS DANS LE FLEUVE (Cornwall-Québec)

CLASSES DE CONTAMINANTS		CONTRIBUTION RELATIVE MOYENNE DES SOURCES				QUÉBEC**	
		Grands Lacs %	Tributaires %	Effluents industriels %	Autres sources* %		
Contaminants étudiés							
CONTAMINANTS ORGANIQUES	Pesticides	Chlordane total	71	25	0	4	100
		Atrazine	58	10	0	32	100
		DDT totaux	57	42	0	1	100
		BHC	54	45	0	1	100
		Diazinon	39	31	0	30	100
		BPC totaux	34	14	22	30	100
		HAP totaux	27	22	3	48	100
		Pentachlorophénol	26	27	1	46	100
		Tétrachloro-2,3,4,6 phénol	25	31	0	44	100
		Hexachlorobenzène	5	21	0	74	100
<i>Moyenne</i>		39	27	3	31	100	
CONTAMINANTS INORGANIQUES	Nickel	63	21	8	8	100	
	Zinc	58	44	34	- 36	100	
	Chrome	54	24	22	0	100	
	Cadmium	39	31	28	- 2	100	
	Cobalt	38	26	1	35	100	
	Plomb	32	52	2	14	100	
	Manganèse	28	58	7	7	100	
	Cuivre	25	24	5	46	100	
	Fer	24	27	9	40	100	
<i>Moyenne</i>		40	34	13	13	100	

* Une valeur négative obtenue pour les apports d'autres sources signifie qu'il y a eu des pertes de contaminants dans le système fluvial, soit par sédimentation, bioaccumulation, volatilisation, dégradation, etc.

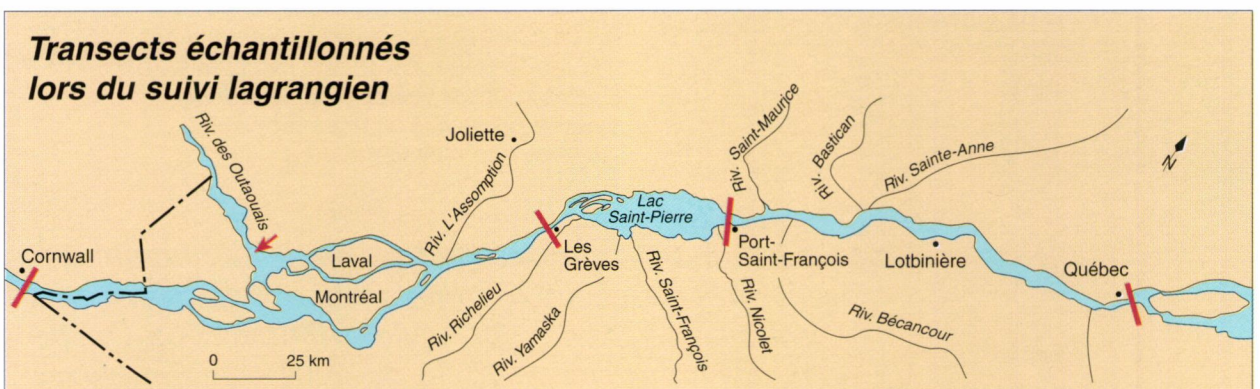
** Point de référence.

Un patron de contamination du fleuve

Les premiers résultats ont permis à l'équipe de Claire Lemieux d'établir un patron général de la contamination entre Cornwall et Québec. Dans la première partie du tronçon, par rapport à la station située à Cornwall, la majorité des contaminants étudiés montre une augmentation de charge à la station de Les Grèves. Cette augmentation s'explique aisément du fait que ce secteur reçoit les eaux de la rivière des Outaouais et de la région urbaine de Montréal. Par contre, entre la station de Les Grèves et celle de Port-Saint-François, les tendances sont moins claires puisqu'il y a tantôt augmentation, tantôt diminution des charges. « Cette fluctuation des charges

s'explique en partie par la présence du lac Saint-Pierre et le possible effet tampon exercé par ce vaste système de 400 km² sur la dynamique des contaminants », précise Bernadette Quémerais, chimiste. Enfin, la charge mesurée à Québec est supérieure à celle mesurée à Port-Saint-François, point de départ du tronçon. L'embouchure de la rivière Saint-Maurice et la région urbaine de Sainte-Foy contribueraient à expliquer cette situation.

Par ailleurs, l'évaluation du bilan des contaminants dans le fleuve a permis d'enrayer certaines croyances sur les apports toxiques. Par exemple, bien qu'en volume, les BPC proviennent principalement des Grands Lacs, les résultats du bilan des contaminants révèlent que les plus toxiques ont leurs sources dans la région de Montréal.



LA CUM MISE À CONTRIBUTION

Au cours d'une saison d'échantillonnage, l'équipe de la Section a pu déceler en aval de l'île de Montréal une augmentation des concentrations de contaminants organiques par rapport aux concentrations mesurées antérieurement. L'hypothèse avancée : bien que la charge de contaminants organiques ait diminué dans l'ensemble du fleuve, l'effluent de la station d'épuration de la Communauté urbaine de Montréal (CUM) contribuerait à cette augmentation suite à la prise en charge du secteur sud-est de l'île. À la suite de ces observations, un projet a été mis de l'avant en collaboration avec la Communauté urbaine de Montréal.

Afin de vérifier l'hypothèse avancée, les scientifiques ont entrepris de caractériser l'eau traitée de la station d'épuration de la CUM, dont l'effluent est situé à l'île aux Vaches, en aval de l'île de Montréal.

Les résultats préliminaires obtenus confirment que la CUM constitue une source importante d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP); les concentrations moyennes décelées dans l'effluent de la station sont 180 fois supérieures aux concentrations retrouvées dans le fleuve. Les concentrations de BPC, substances organiques d'origine synthétique, bien que plus faibles que celles de HAP, sont néanmoins

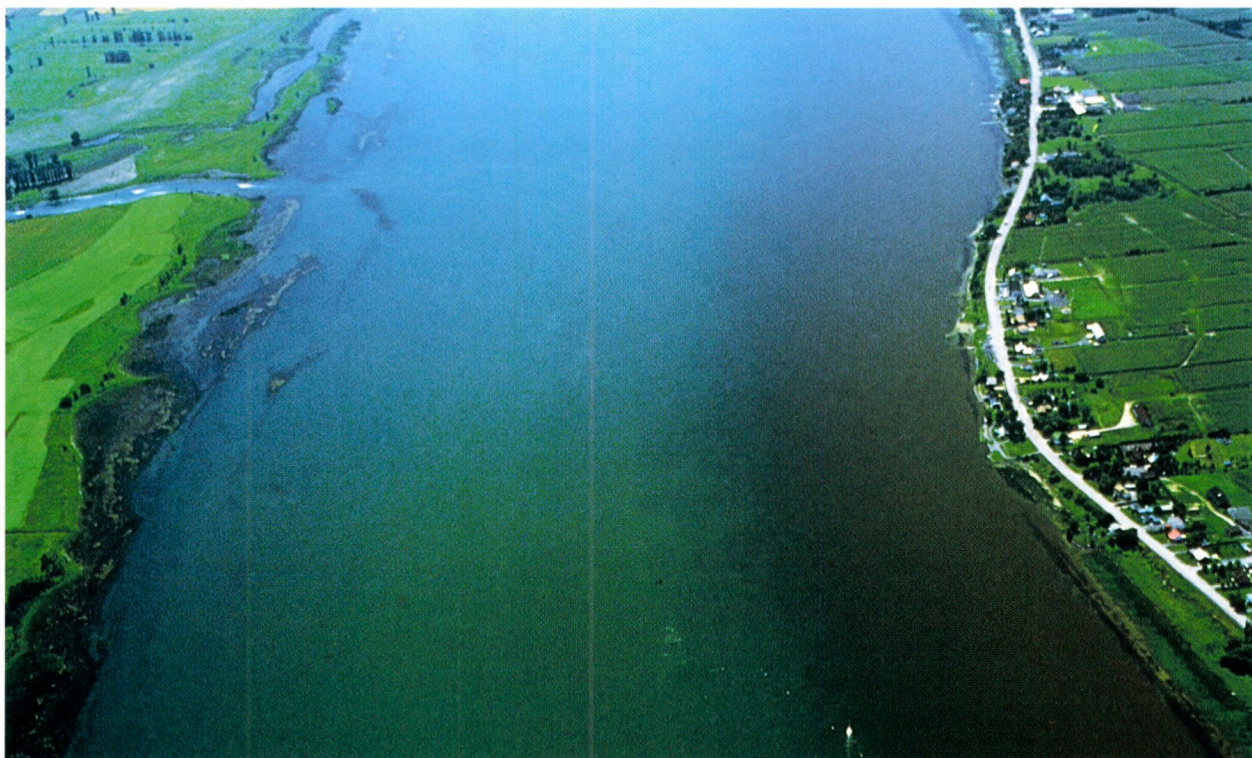
presque deux fois supérieures à celles mesurées dans le fleuve.

La quantification des apports toxiques provenant de la station d'épuration de la Communauté urbaine de Montréal a fait ressortir que cette dernière représente une source non négligeable de contamination du fleuve malgré une réduction appréciable des rejets de contaminants organiques de l'ensemble de son territoire. Avec l'accord de la CUM, le Centre Saint-Laurent poursuit le projet de caractérisation de l'eau traitée de la station d'épuration.

Les rejets de la CUM à l'échelle du BEEP

Parallèlement à l'évaluation des apports toxiques de la CUM, le Barème d'effets écotoxiques potentiels (BEEP) – outil développé par la Section Écotoxicologie pour mesurer le potentiel toxique d'effluents industriels liquides – a été appliqué à 3 des 49 échantillons prélevés. Les résultats démontrent que l'effluent de la station d'épuration de la Communauté urbaine de Montréal présente un potentiel toxique dû vraisemblablement à l'ensemble du bassin industriel de son territoire et pour lequel le traitement de la station n'a pas été conçu.

L'effluent de la station d'épuration de la CUM présente un potentiel toxique dû vraisemblablement à l'ensemble du bassin industriel de son territoire.



ÉLOGE DU BRUIT DE FOND

Quelle proportion de la contamination du fleuve est attribuable à des retombées atmosphériques? Un projet s'est intéressé à la question. Plutôt que d'installer la station d'échantillonnage à proximité de sources majeures de pollution, les scientifiques ont préféré s'éloigner en pleine campagne afin d'en apprendre davantage sur les différentes sources de contaminants chimiques aéroportés.

Ne serait-ce que parce qu'on trouve des insecticides aussi loin que dans l'Arctique, les chercheurs en environnement croient unanimement que l'atmosphère constitue un important véhicule de substances toxiques.

Pour évaluer la contribution relative des sources atmosphériques au bilan des contaminants du fleuve, Environnement Canada initiait en 1990 un programme de recherche sur les contaminants aéroportés. Une étude a été menée conjointement par la Section Apports toxiques du Centre Saint-Laurent, le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada et les départements de chimie de l'Université de Montréal et de l'Université Laval. C'est à Sainte-Françoise, un village de la rive sud du Saint-Laurent situé entre Trois-Rivières et Québec, qu'une station d'échantillonnage a été installée. La station a été équipée d'appareils de mesure des contaminants aéroportés et d'appareils météorologiques. Des données sur les vents, la pluie, la température et l'humidité seront ainsi associées aux données d'analyses chimiques et introduites dans un modèle mathématique qui permet de déterminer les dépôts secs et humides de contaminants.

«Le site de Sainte-Françoise a été retenu parce que nous voulions que les appareils de la station puissent détecter le bruit de fond chimique», explique Jean-François Koprivnjak, chargé de l'échantillonnage. Les résultats de cette étude sont à venir.

Selon les calculs du bilan des contaminants, les dépôts atmosphériques semblent représenter une source importante d'hydrocarbures. «On compte beaucoup sur les résultats finals d'évaluation des retombées atmosphériques pour



CENTRE SAINT-LAURENT – ALEX GRECOFF

En plus des appareils qui captent les contaminants aéroportés, la station est équipée d'appareils météorologiques qui permettent de raffiner encore plus les données.

pouvoir les comparer aux estimations du bilan des contaminants», précise Thanh-Thao Pham, biologiste du Centre Saint-Laurent chargée de l'établissement du bilan des HAP. «En effet, poursuit-elle, les données qui ont permis d'établir le bilan des HAP proviennent de différentes études et les apports atmosphériques ont été calculés par déduction. Il sera intéressant de voir l'écart entre les quantités obtenues par déduction et les valeurs réelles mesurées.»

À moyen terme, ce programme de recherche sera poursuivi par le Service de l'environnement atmosphérique d'Environnement Canada et orienté vers un réseau de suivi. Grâce à cette approche, il sera possible d'estimer avec la collaboration du Centre Saint-Laurent la contribution au fleuve des contaminants aéroportés.

Selon les calculs du bilan des contaminants (1990-1991), on estime que 52 % des apports de HAP au Saint-Laurent à l'automne proviennent des dépôts atmosphériques. Cette évaluation déductive reste à valider en tenant compte de la durée de demi-vie des HAP dans les eaux de surface.

L'INSOUTENABLE LÉGÈRETÉ DES «VOLATILS»

En chimie, les substances volatiles n'appartiennent pas à la gent ailée! Elles désignent plutôt un groupe de composés relativement instables qui passent de l'état solide à l'état gazeux, surtout en saison estivale.

En 1992, la Section Apports toxiques amorçait un projet-pilote destiné à évaluer l'importance de ce groupe de contaminants organiques dans le Saint-Laurent. Ultimement, l'objectif était d'évaluer la contribution de ces substances volatiles au bilan massique. Au départ, les données sur le sujet étaient pratiquement inexistantes, entre autres parce que ces contaminants sont de nature «volage» et qu'ils posent des difficultés de logistique pour l'échantillonnage et l'analyse. «Le problème avec les substances volatiles, c'est qu'elles sont volatiles!», souligne ironiquement Mitch Sisak, océanographe-biologiste du Centre Saint-Laurent. «Le brassage en surface, le courant, les précipitations et d'autres facteurs de perturbation font rapidement passer les substances volatiles dissoutes à l'état gazeux, si bien que l'échantillonnage estival de la colonne d'eau risque souvent de ne pas révéler leur présence.»

Prenons l'exemple du Braer. Si la récupération du contenu de ce pétrolier échoué près des îles Shetland s'est révélée impossible, c'est que le mauvais temps empêchait les équipes d'intervention de pomper les entrailles de la carcasse de métal battue par les flots. Mais c'est aussi qu'une partie de sa cargaison s'était envolée! Sur les 86 000 tonnes d'hydrocarbures contenues dans les soutes du navire, 40 % – et même plus

d'après les spécialistes – ont pu gagner l'atmosphère dans les heures qui ont suivi le naufrage.

Estimant que la couche de glace hivernale qui emprisonne les substances volatiles rend ces dernières plus faciles à détecter, Mitch Sisak et Alex Grecoff ont donc mené leur campagne de terrain au cours de la saison froide. À partir du mois de mars 1992, 18 cours d'eau tributaires ont été échantillonnés pour l'analyse de plus de 20 composés organiques volatils. L'analyse des échantillons a montré que les rivières des Outaouais, Saint-Maurice, Nicolet, Richelieu, du Loup et Maskinongé apportent 97 % des substances volatiles retrouvées dans le Saint-Laurent. Pour ces mêmes tributaires, le total des apports journaliers a été estimé à 687 kilogrammes, ce qui donne un apport annuel de quelques 250 000 kilogrammes.

Pour les chercheurs du Centre Saint-Laurent, l'échantillonnage hivernal présente d'autant plus d'intérêt que durant cette période, justement à cause de la couverture de glace, les concentrations de substances volatiles dans l'eau augmentent de façon considérable. Des études ultérieures devraient permettre de déterminer si cette augmentation provoque des effets nocifs sur les communautés aquatiques qui vivent dans l'interface eau-glace.

La Section Apports toxiques a constaté que les rivières des Outaouais, Saint-Maurice, Nicolet, Richelieu, du Loup et Maskinongé apportent 97 % des substances volatiles retrouvées dans le fleuve.

La surface des lacs était tantôt liquide, tantôt recouverte d'un manteau de glace lors de la campagne d'échantillonnage des substances volatiles. Il a donc fallu utiliser un aérogليسeur.



CENTRE SAINT-LAURENT – ALEX GRECOFF

L'AVENIR PROMETTEUR D'UN OUTIL DE PRÉDICTION

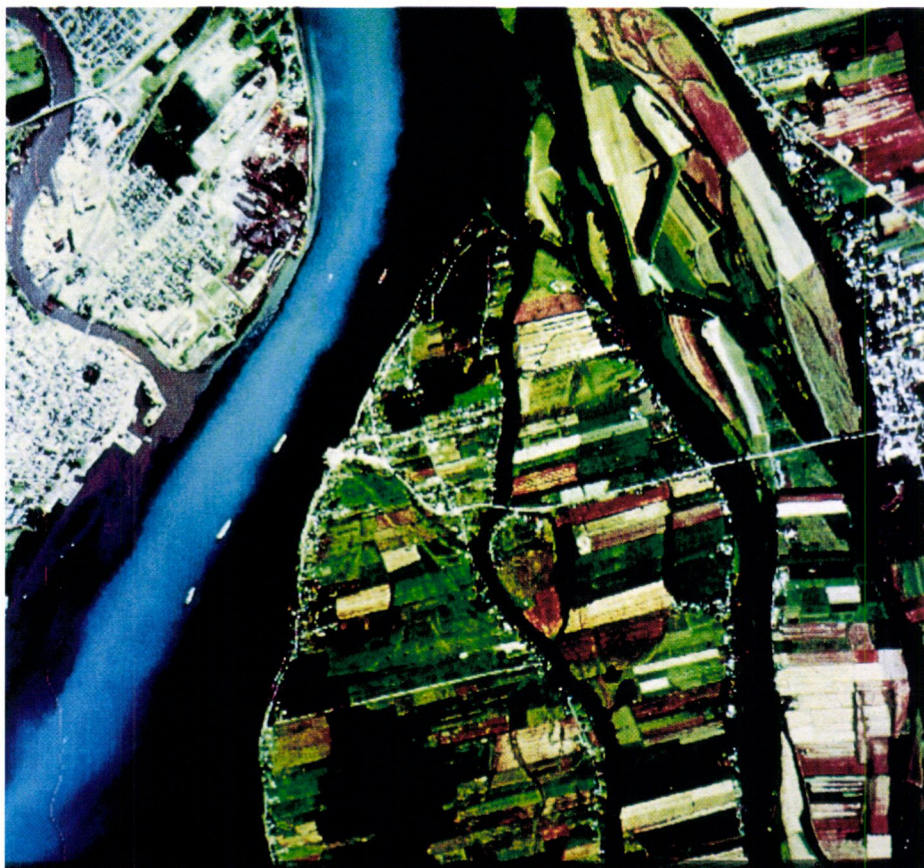
Des outils informatiques récemment mis au point permettent désormais de simuler le transport des contaminants et de prédire l'évolution de leur concentration dans le lac Saint-Pierre. «Boules de cristal» informatiques, outils de gestion et de prédiction, le modèle hydrodynamique du lac Saint-Pierre et le modèle de propagation des contaminants sont aussi des outils de synthèse. Ils rassemblent en un seul projet un lot faramineux d'informations.

Le but de la science n'est pas uniquement de comprendre, c'est aussi de prédire... Qu'il soit avoué ou inconscient, ce besoin de prédire est sûrement légitime lorsqu'on considère la problématique de la contamination du Saint-Laurent. La provenance, la nature et le comportement varié et hautement imprévisible des contaminants dans le système fluvial sont des éléments qui échappent souvent aux observations les plus scrupuleuses.

Depuis quelques années, la modélisation hydrodynamique alliée à la modélisation de la propagation des contaminants apparaissent comme des moyens d'analyse efficaces. Dans ce domaine, le Centre Saint-Laurent a fait appel en 1990 à l'expertise scientifique externe.

Des chercheurs de l'Institut national de la recherche scientifique-Eau (INRS-Eau) ont donc développé deux modèles numériques **Hydreau** et **Panache**. Ces modèles permettent la simulation des courants proprement dits et la simulation de la propagation des contaminants industriels de même que l'évolution des concentrations dans le milieu.

L'application de ces modèles au lac Saint-Pierre a permis de simuler les rejets industriels liquides de trois usines (QIT – Fer et Titane, Tioxide Canada et Aciers Inoxydables Atlas), d'observer leurs déplacements et de déterminer s'ils peuvent affecter les usages du milieu aquatique, la pêche récréative par exemple.



Aperçu d'un rejet industriel d'une usine de Tioxide Canada à partir d'une image obtenue par télédétection. Les rejets industriels de deux autres usines, ceux de QIT – Fer et Titane et ceux de Aciers Inoxydables Atlas, ont également fait l'objet de cette étude sur le transport des contaminants au lac Saint-Pierre.

CENTRE SAINT-LAURENT – IMAGE DE TÉLÉDÉTECTION DE LA RÉGION DE SOREL DU 21 AOÛT 1990

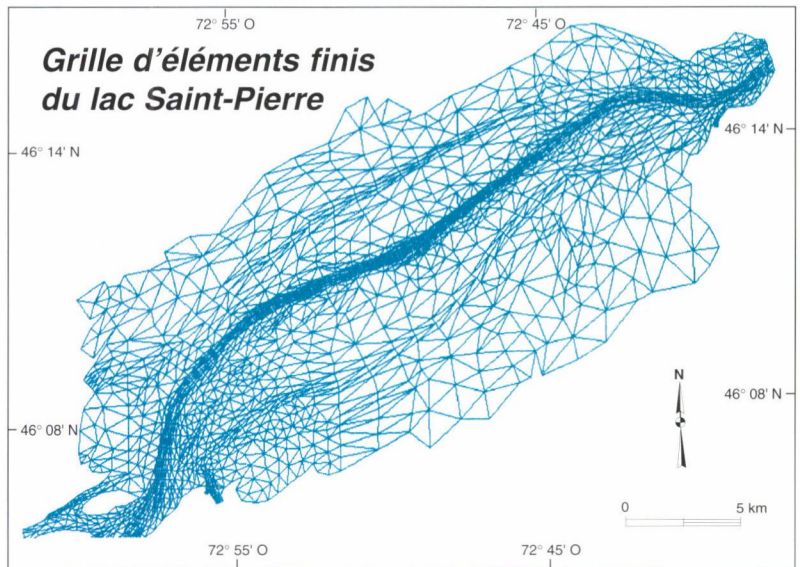
La modélisation du lac Saint-Pierre : un immense casse-tête

La première étape de ce projet consistait à subdiviser le lac Saint-Pierre (400 km²) en 5000 petits triangles, selon la méthode des éléments finis; ce que permet de faire le logiciel **Hydreau**. À chaque triangle, on a associé les valeurs de différentes variables (mesurées ou simulées) définissant les conditions du milieu : niveaux d'eau, vitesse du courant, nature du substrat, capacité de dilution de la masse liquide, présence de plantes aquatiques. Tous ces facteurs influencent l'écoulement de l'eau.

La densité des triangles détermine la précision des analyses. Plus il y a de triangles, plus la quantité d'informations traitées est élevée, et plus les vitesses et les directions de courant simulées sont précises. Cette précision était essentielle à la simulation adéquate de la propagation des rejets industriels effectuée avec le logiciel **Panache**, la deuxième étape du projet.

Du rejet à la particule

Sous son aspect très simple, ce logiciel cache un nombre d'équations complexes. Celles-ci permettent de simuler, sous la forme de particules, dans une zone bien définie, le rejet de contaminants solubles et d'observer leur déplacement dans le



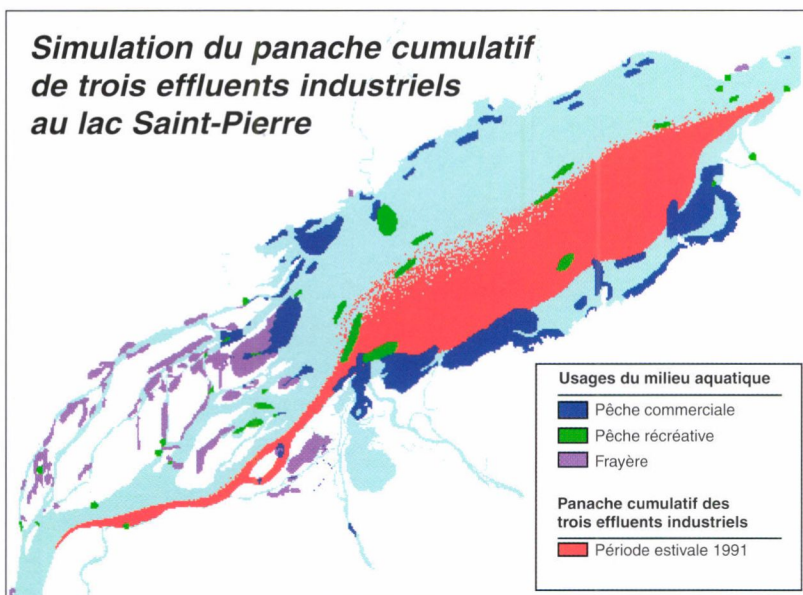
Carte de simulation réalisée à l'aide du logiciel **Hydreau**.

fleuve. **Panache** simule donc assez précisément le déplacement d'un rejet industriel dans le temps et dans l'espace. En plus d'établir la position du rejet, le logiciel calcule l'évolution des concentrations dans la zone du rejet. Par exemple, en connaissant au départ la quantité de plomb rejetée par une industrie, il est possible d'estimer les concentrations de ce métal dans le milieu en aval de l'effluent.

Au terme du projet, la simulation de la contamination du lac Saint-Pierre par les effluents industriels a révélé que les rejets persistent à des concentrations significatives jusqu'à l'embouchure du lac. Puisqu'il y a superposition des trois rejets industriels en amont du lac, on peut supposer que les contaminants ont sur le milieu un effet

local important et qu'ils affectent, de surcroît, les usages et les ressources du fleuve loin en aval.

Hydreau et **Panache** sont des outils de simulation conçus pour servir dans diverses situations. Ils sont utiles pour planifier des campagnes de terrain, pour déterminer, par exemple, des zones de mélange, pour comparer les données de contamination aux critères d'usages du fleuve, ou encore pour éclairer les décisions quant au choix du site d'implantation d'une nouvelle industrie. Outils de recherche, de gestion et de prédiction, ces modèles seront de plus en plus utilisés à l'avenir.



*L'application des modèles de simulation **Hydreau** et **Panache** au lac Saint-Pierre démontre que les rejets liquides de trois établissements industriels se mélangent et peuvent affecter localement les usages et les ressources du fleuve.*

LIRE L'AVENIR...

d'une nappe d'huile
à la
dérive



GARDE CÔTIÈRE CANADIENNE – RÉGION DES LAURENTIDES

UNE APPLICATION POTENTIELLE

La modélisation de la propagation des contaminants pourrait faire valoir son utilité dans le domaine des urgences environnementales. Là, elle apporterait des réponses rapides aux questions auxquelles sont confrontées les équipes d'intervention : Comment progresse la nappe de contaminants? À quelle heure aura-t-elle atteint tel endroit? La nappe se maintient-elle au milieu du fleuve ou sur les berges? En cas de déversement, le modèle serait inestimable non seulement pour ses vertus prédictives, mais également pour son caractère rétrospectif. À partir des effets observés, il deviendrait possible de retrouver, par exemple, le lieu et le moment d'un déversement.

DES GRAINS DE SABLE DANS L'ENGRENAGE DU FLEUVE

En raison de leur capacité à accumuler et à véhiculer les contaminants, les sédiments jouent un rôle capital dans la problématique de la contamination chimique du fleuve. Une équipe de la Section Apports toxiques a procédé à une étude exhaustive des sédiments de certains lacs fluviaux. Les résultats de cette étude devraient permettre d'alimenter les différents scénarios de gestion, tels ceux liés aux travaux de dragage des sites contaminés.

Identifier des zones d'accumulation de sédiments, calculer le taux d'accumulation annuel et le temps de résidence des sédiments, évaluer la contamination et établir le profil des tendances temporelles de certains contaminants.

Le dragage des sédiments contaminés sur un site que l'on veut restaurer est-il toujours une solution judicieuse? Ne devrait-on pas plutôt laisser la nature jouer son rôle épurateur? Intuitivement, on peut croire que cette deuxième solution est plus «écologique». Cependant, ne prend-elle pas trop de temps? Un temps précieux pendant lequel tout usage potentiel du site est repoussé à plus tard. À moins que, chaque année, les dépôts de sédiments moins contaminés soient suffisamment importants pour ensevelir les sédiments plus anciens, potentiellement plus contaminés.

Ce n'est pas d'hier que les sédiments du fleuve préoccupent les scientifiques et les différents intervenants du milieu. C'est que les contaminants ont une affinité avec les sédiments et, de façon générale, avec les matières en suspension. Par l'entremise des sédiments, les contaminants sont souvent en contact direct avec la faune et la flore qui habitent le fond du fleuve. Grâce à cet

intermédiaire, les contaminants peuvent s'étendre aux autres composantes du système. Qu'ils soient transportés par l'eau ou déposés sur le lit du fleuve, les sédiments jouent un rôle crucial dans le transport des contaminants. Une dynamique à découvrir.

En 1989, la Section Apports toxiques a entrepris, en collaboration avec le chercheur Richard Carignan de l'INRS-Eau, un programme de recherche sur les sédiments : identification de zones de dépôt, calcul du taux d'accumulation annuel dans ces zones, calcul du temps de résidence, évaluation de la contamination des lacs fluviaux et établissement du profil des tendances de certains contaminants en fonction du temps. Cette étude visait à accumuler de l'information afin de mieux comprendre la dynamique des sédiments et de prédire le temps d'épuration du système – selon l'hypothèse, bien entendu, où il n'y aurait plus aucun apport de contaminants!

TOUT POUR PRÉDIRE LE TEMPS D'ÉPURATION DU SYSTÈME

Épaisseur moyenne de la couche superficielle \times Superficie totale des zones \rightarrow Masse des sédiments de la couche

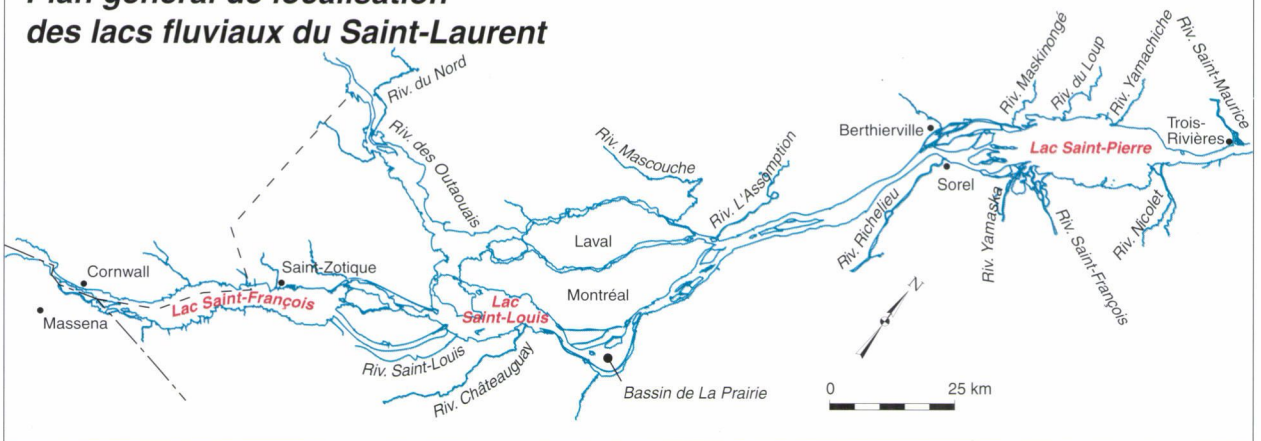
Masse des sédiments de la couche superficielle \div Charge annuelle de matières en \rightarrow Temps de résidence des sédiments
Temps de résidence des contaminants adsorbés sur les sédiments

Temps de résidence des contaminants adsorbés sur les sédiments de la couche superficielle

Hypothèse :
rejet zéro

TEMPS D'ÉPURATION DU SYSTÈME

Plan général de localisation des lacs fluviaux du Saint-Laurent



La première étape du projet allait permettre de définir le cadre physique du fleuve. Ce cadre c'est, notamment, le lit du fleuve, composé de sédiments plus ou moins fins, transportés par les eaux et déposés tout le long du parcours. Les sédiments peuvent ainsi séjourner au fond durant quelques heures seulement ou être carrément « assignés à résidence » pour de longues périodes. Ils se déposent alors dans des zones précises, des sortes de pièges à sédiments, des **zones d'accumulation**.

Les pièges à sédiments : des zones rares dans un fleuve

Les scientifiques ont tenu à bien connaître la couche de surface des trois lacs fluviaux, soit le type de sédiments (limon, argile, sable, gravier ou mélange) et l'épaisseur de la couche.

Au lac Saint-François et dans les chenaux, par exemple, on a constaté la présence de sable et de gravier. L'étude a montré que le sable est un constituant majeur des sédiments sur environ 75 % de la superficie de ce lac. L'équipe a pu aussi mettre à jour des zones essentiellement constituées de limon et d'argile, les fameuses zones d'accumulation. D'après les travaux, ces accumulations varient de 6 à 15 cm dans les zones de moindre accumulation et atteignent plus d'un mètre dans les zones d'accumulation importante.

Pour Stéphane Lorrain, géologue-océanographe au Centre Saint-Laurent, la mise en évidence des zones où les sédiments sont piégés à long terme a créé toute une surprise. « Typiquement, dans un milieu fluvial, compte tenu de l'hydrodynamique et de l'importance du débit, on s'attend à voir des

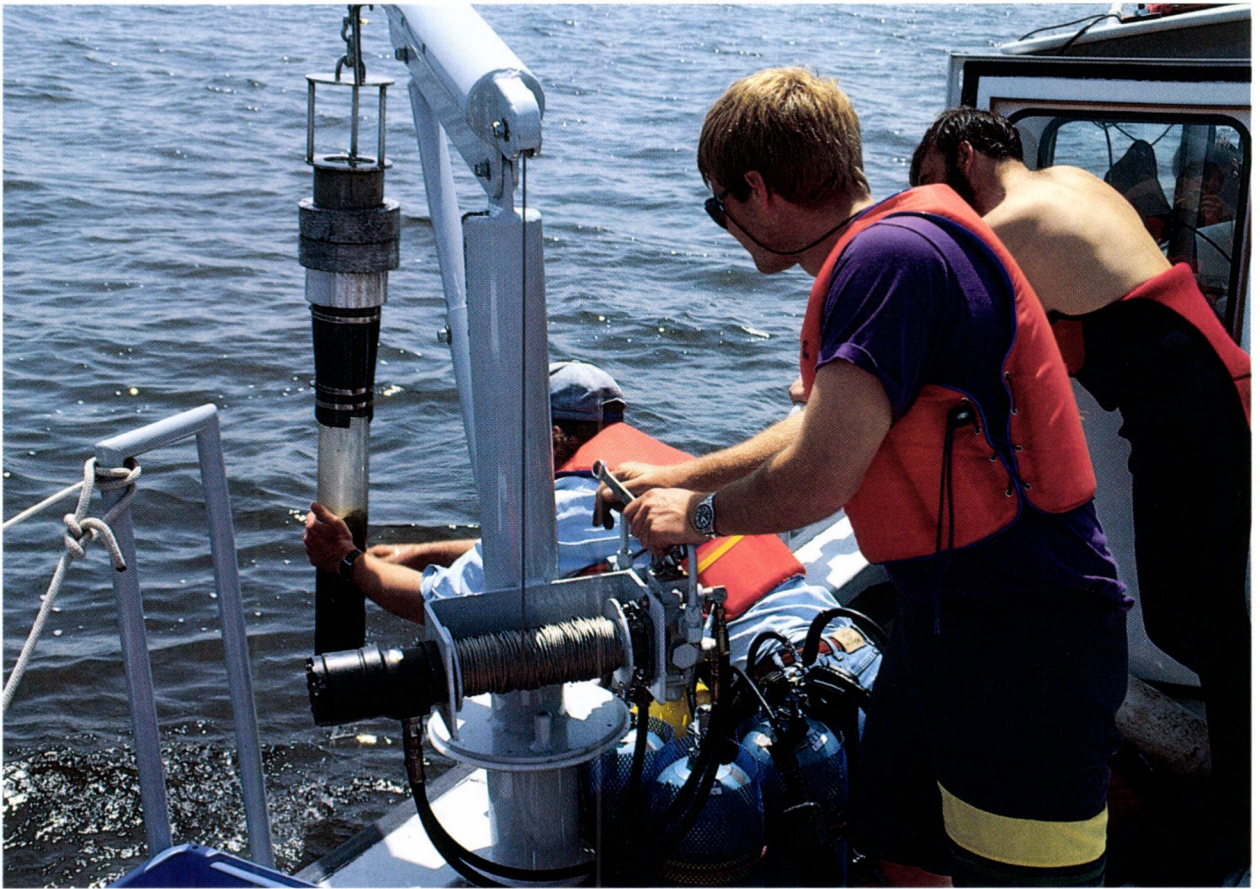
zones de transport sédimentaire et non des zones d'accumulation! » La présence de zones d'accumulation dans le Saint-Laurent n'est donc pas un phénomène ordinaire.

L'accumulation des sédiments : des taux variables

Les instigateurs du Plan d'action Saint-Laurent ont voulu savoir ce qu'il advenait des contaminants prisonniers des pièges à sédiments. L'accumulation constante de sédiments dans ces zones est-elle suffisamment élevée pour ensevelir, au fur et à mesure, les sédiments contaminés? Le recouvrement est-il lent, ce qui voudrait dire que les perturbations biologiques ou physiques se produisant en surface remettraient les contaminants en circulation? Plus longtemps les sédiments contaminés sont en contact avec l'eau, plus ils risquent d'être remaniés par les organismes fouisseurs, le brassage de l'eau, le batillage, etc.

À l'intérieur des zones d'accumulation identifiées dans les lacs fluviaux, les scientifiques ont donc calculé le **taux d'accumulation** annuel, c'est-à-dire la quantité de sédiments déposés annuellement. Les résultats obtenus permettent déjà de faire des pronostics sur le potentiel de contamination ou de décontamination des zones étudiées. Ainsi, un taux d'accumulation élevé indique que le recouvrement des « vieux » sédiments sera rapide et que les contaminants risquent moins d'être remis en circulation. Au contraire, un faible taux d'accumulation signifie que les contaminants séjournent plus longtemps dans la couche de surface. Ils sont davantage susceptibles de retourner en circulation.

Les taux d'accumulation des sédiments se répartissent comme suit : entre 0,15 et 1,9 cm/an au lac Saint-François, entre 0,65 et 1,8 cm/an au lac Saint-Louis, 1,2 cm/an à Contrecoeur et 1,8 cm/an dans le delta de Sorel.



CENTRE SAINT-LAURENT – STÉPHANE LORRAIN

Le sable est un constituant majeur des sédiments sur environ 75 % de la superficie du lac Saint-François. Dans les zones où s'accumulent les sédiments, l'épaisseur des sédiments varie entre 6 cm et 1 m, selon la zone.

Le temps de résidence des sédiments : un séjour variable

Les sédiments de la couche active superficielle sont constamment remaniés par les processus physiques et biologiques. Cette couche interagit avec les particules transportées dans les eaux du fleuve. La connaissance de la masse totale de sédiments dans cette couche et de la charge annuelle de matières en suspension permet d'établir le temps de résidence des sédiments de la couche superficielle. «Si l'on s'intéresse au temps de résidence des sédiments dans la couche superficielle, explique Stéphane Lorrain, c'est que ces sédiments peuvent être remis en suspension par les processus naturels. Les contaminants adsorbés sur les sédiments risquent alors d'être remis en circulation dans le système.»

Le concept de **temps de résidence** fournit aux gestionnaires des réponses à des questions

comme celle-ci : Si l'on coupe une source x de contamination, combien de temps un lac contaminé mettra-t-il à s'épurer? Bref, dans combien de temps les sédiments actuels se retrouveront-ils sous la couche de surface, de sorte que les contaminants qu'ils contiennent soient ensevelis suffisamment pour ne plus être remis en circulation dans le milieu aquatique?

Les études sédimentologiques permettent désormais d'apporter certaines réponses. Par exemple, au lac Saint-Pierre, le **temps d'épuration** devrait être relativement rapide advenant l'implantation de programmes de réduction de la pollution chimique. En effet, le temps de résidence des contaminants dans la couche active y est relativement court : il est estimé à 1,4 an. En comparaison, le temps de résidence des sédiments de la couche active au lac Saint-François a été estimé à 8,3 ans; le temps d'épuration du système y serait plus long.

Le temps de résidence des sédiments dans la couche superficielle est de 1,6 an au lac Saint-Louis, de 1,4 an au lac Saint-Pierre et de 8,3 ans au lac Saint-François.

LE LAC SAINT-FRANÇOIS : ENFIN, UNE BAISSSE DE LA CONTAMINATION!

Au début des années 1970, des programmes de contrôle sur l'utilisation des BPC et du mercure ont été instaurés. Depuis, une diminution significative des concentrations de ces deux contaminants dans les sédiments semble indiquer l'effet bénéfique des actions entreprises.

Évaluer le niveau de contamination des sédiments des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

Lors d'études antérieures au Plan d'action Saint-Laurent, des chercheurs ont identifié des sources majeures de BPC et de mercure dans la région de Massena-Cornwall. Harm Sloterdijk, chercheur à Environnement Canada, a entrepris en 1979 une campagne d'échantillonnage des sédiments du lac Saint-François, situé en aval de cette région. Son objectif : évaluer la teneur en BPC et en mercure des sédiments. Mais qu'advient-il de la contamination des sédiments aujourd'hui? En 10 ans, y a-t-il eu augmentation ou diminution des concentrations moyennes?

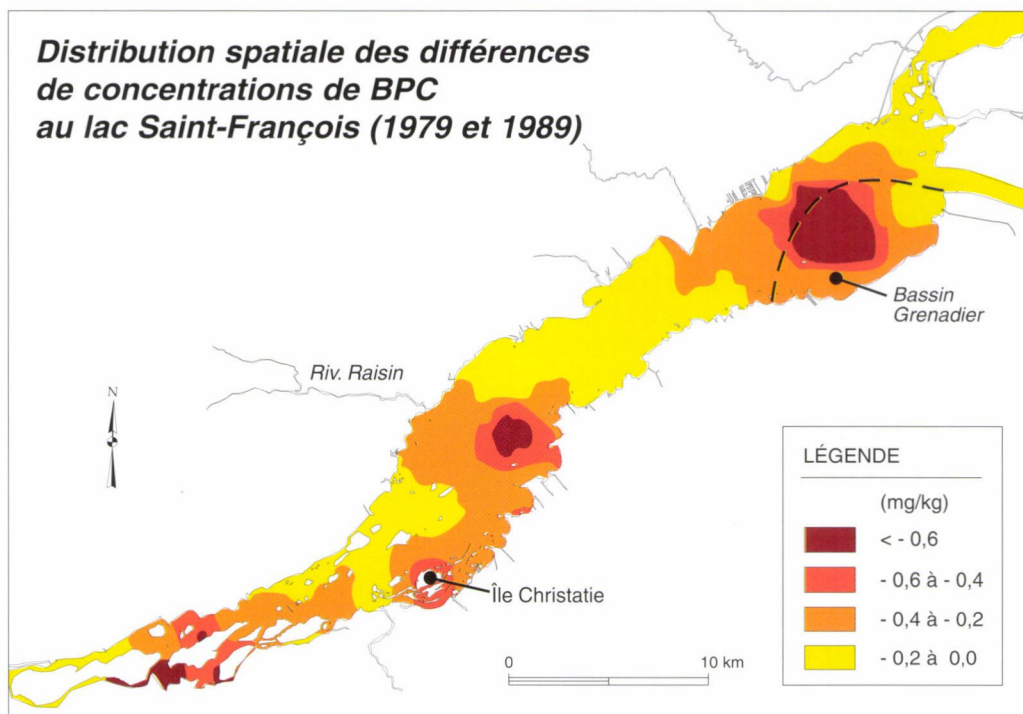
En 1989, un des objectifs d'un nouveau projet de caractérisation chimique des sédiments, réalisé par Stéphane Lorrain, était de comparer les concentrations de BPC, de mercure et d'autres contaminants à celles mesurées 10 ans plus tôt.

Des échantillons prélevés dans le lac Saint-François ont donc été analysés pour différents contaminants. Le traitement statistique des résultats permet de constater que les plus fortes concentrations de BPC sont mesurées dans le bassin Grenadier et au sud de l'île Christatie.

Pour l'ensemble des stations, les résultats démontrent qu'il y a, en 1989, une diminution significative de 89 % des concentrations de BPC par rapport à celles mesurées en 1979. Globalement, cette diminution se traduit par une baisse comparable des concentrations de BPC dans la section nord (95 %) et dans la section sud (87 %).

Quant au mercure, les concentrations les plus fortes sont observées au nord de la Voie maritime du Saint-Laurent. En comparant les concentrations moyennes de 1989 à celles de 1979, on observe une diminution de 34 %.

Malgré les fortes concentrations de plusieurs métaux-traces dans le secteur nord du lac Saint-François, on constate que les sédiments du lac en général sont moins contaminés, sauf par le cadmium et le zinc. La répartition spatiale des concentrations de zinc dans les sédiments peut être attribuable à une source de la région de Cornwall, tandis que celle de cadmium serait plus locale.



La technique de carottage consiste à échantillonner dans un cylindre une épaisseur de sédiments pour déterminer leurs propriétés physico-chimiques à différentes profondeurs et, ainsi, remonter dans le passé. Lors du prélèvement, une carotte est extrudée. Cette opération permet de sectionner la colonne sédimentaire en plusieurs tranches tout en conservant l'intégrité des sédiments.

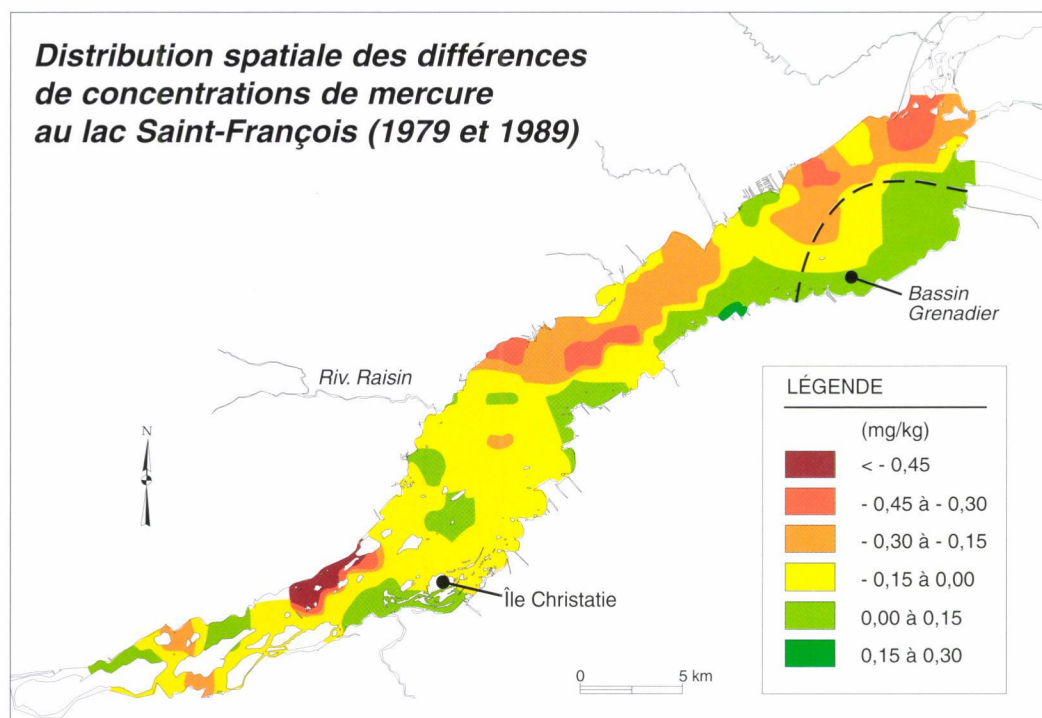


CENTRE SAINT-LAURENT – STÉPHANE LORRAIN

Par rapport à 1979, la concentration de HAP, a diminué de 60 %. Pour ce qui est des substances organochlorées, organophosphorées et des chlorobenzènes, les concentrations trouvées dans les sédiments se situent autour des limites de détection des instruments de mesure actuels. Par contre, des concentrations de lindane ont été détectées dans la rivière Raisin.

Tous ces résultats confirment donc qu'il y a eu une diminution de certains contaminants dans ce secteur du fleuve. Il serait intéressant d'analyser les sédiments sur une plus longue période et de mettre en place un réseau de surveillance afin d'évaluer les effets de la réduction des apports toxiques sur la qualité des sédiments dans le fleuve.

Les résultats de recherche de 1979 et de 1989 montrent qu'il y a eu une diminution significative de 89 % des concentrations moyennes de BPC et de 34 % des concentrations moyennes de mercure détectées dans les sédiments du lac Saint-François.



LA MÉMOIRE DU FLEUVE AU COEUR DES SÉDIMENTS

De grands pans de l'histoire du fleuve sont inscrits au coeur des sédiments. Grâce à une méthode de datation «géochronologique», on parvient à raviver cette mémoire. Le portrait dynamique qui en résulte aide les intervenants à évaluer la réponse du fleuve aux mesures de réduction de la contamination.

Pour s'informer de l'état d'un milieu, les organismes vivants constituent des indicateurs intéressants. Toutefois, l'information qu'on retire de ces archives vivantes ne peut évidemment pas s'étendre au-delà de la durée de vie de l'animal : un Beluga du Saint-Laurent âgé de 15 ans ne peut cumuler plus de 15 années d'histoire dans ses tissus... Heureusement, les chercheurs disposent d'autres indicateurs qui permettent de raviver de grandes périodes de l'histoire du fleuve. En utilisant des archives géologiques comme indicateurs, soit les sédiments, et une technique de **géochronologie** qui détermine l'âge des sédiments en utilisant des radio-isotopes, on parvient à reconstituer l'histoire du fleuve depuis le tout début du siècle. «Le temps passe, mais les sédiments, eux, restent...», dit Stéphane Lorrain avec philosophie.

Sous la responsabilité scientifique de Richard Carignan de l'INRS-Eau, une équipe a voulu retracer l'historique de la sédimentation dans le fleuve. En prélevant des carottes de sédiments dans les

zones d'accumulation et en analysant trois radio-isotopes (le béryllium⁷, le césium¹³⁷ et le plomb²¹⁰), on a pu effectuer la datation géochronologique.

Les résultats montrent qu'à certaines époques, le fleuve a été le théâtre d'importants changements physiques. «Il est intéressant de constater que, sur la plupart des sites, des changements majeurs, comme le phénomène de dépôt de sédiments, ont commencé il y a moins de 100 ans. Or, le fleuve que l'on connaît actuellement a au moins 3000 ans», précise Stéphane Lorrain.

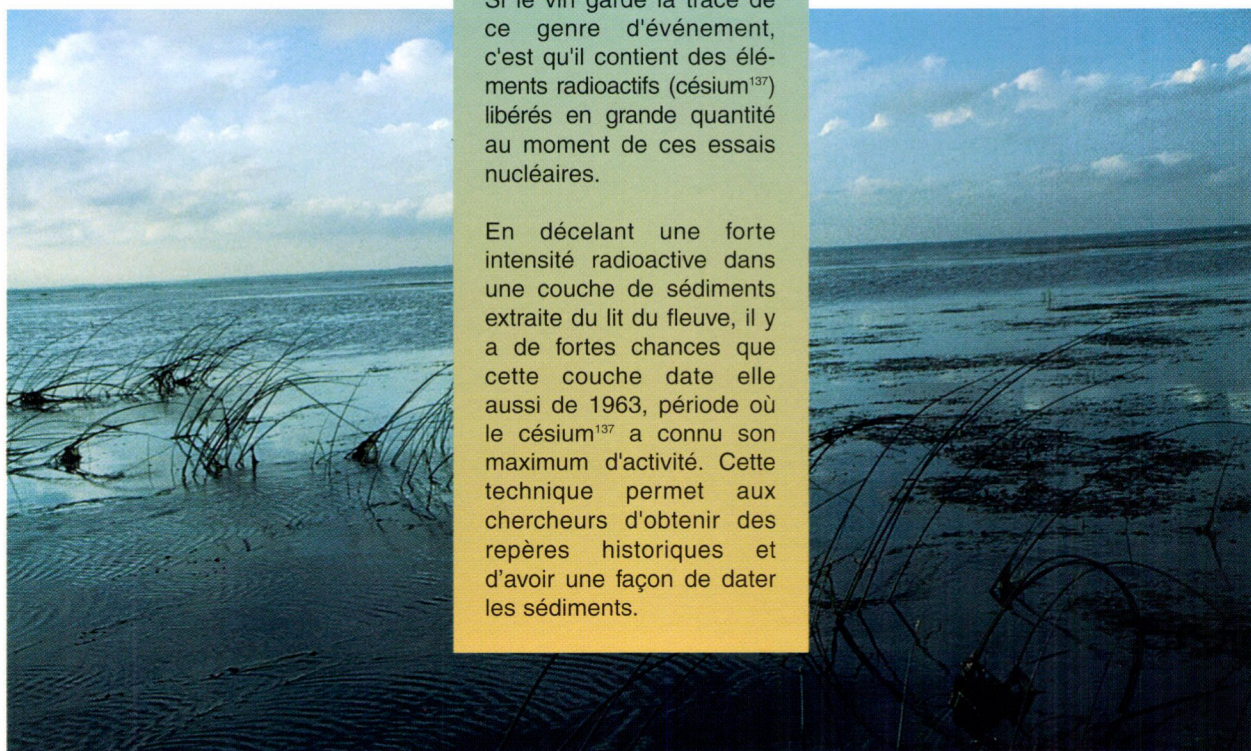
«Il est probable que ces changements récents soient liés à la construction des premières infrastructures qui ont modifié le régime hydrologique du Saint-Laurent au début du siècle. Je pense,

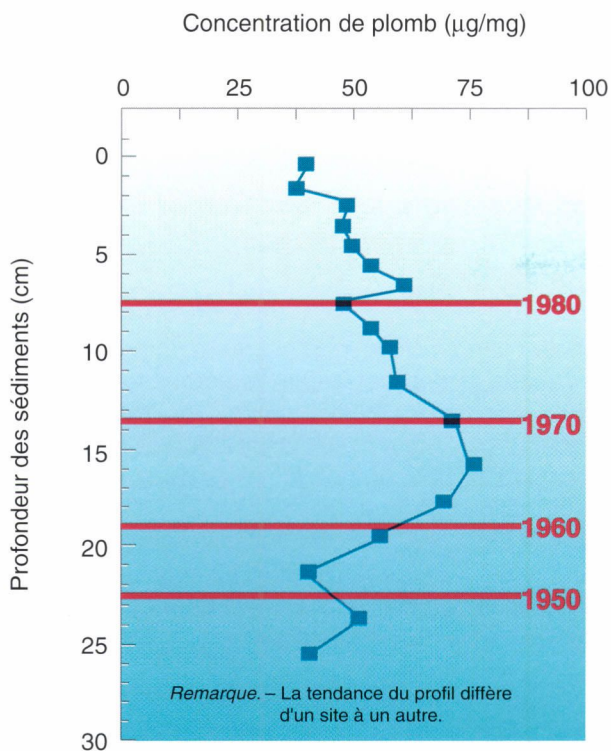
par exemple, à la construction des barrages Les Cèdres (1910) et Beauharnois (1932). En 1955, il y a eu un dragage intensif pour la construction de la voie maritime. Il se peut aussi que des fluctuations de débit aient parfois été assez importantes pour modifier le comportement des sédiments».

LES RADIO-ISOTOPES

On sait que des essais nucléaires ont eu lieu en 1963. Pour obtenir ce type d'information, on peut s'adresser au Pentagone. On peut aussi, pour être plus précis, analyser du vin embouteillé cette année-là! Si le vin garde la trace de ce genre d'événement, c'est qu'il contient des éléments radioactifs (césium¹³⁷) libérés en grande quantité au moment de ces essais nucléaires.

En décelant une forte intensité radioactive dans une couche de sédiments extraite du lit du fleuve, il y a de fortes chances que cette couche date elle aussi de 1963, période où le césium¹³⁷ a connu son maximum d'activité. Cette technique permet aux chercheurs d'obtenir des repères historiques et d'avoir une façon de dater les sédiments.





Évolution de la concentration de plomb dans les sédiments entre 1950 et 1980 à un site

Des archives géologiques chimiques

L'une des conséquences des changements hydrologiques du fleuve est l'apparition de zones d'accumulation, des «pièges à sédiments», dans certains secteurs. Ces zones, qui servent en quelque sorte d'archives géologiques, permettent d'apprécier les tendances de la contamination à travers le temps. Elles ont été examinées par les scientifiques qui désiraient en savoir davantage sur l'évolution temporelle de contaminants inorganiques (cadmium, cuivre, chrome, nickel, plomb et zinc) et de substances organiques (dont le BPC et le mirex) dans les sédiments des lacs fluviaux du Saint-Laurent.

Prenons un exemple typique, celui du plomb. Au cours des années 1970, les autorités américaines et canadiennes ont pris des mesures pour réduire la quantité de plomb dans l'essence. Or, les profils de concentration de plomb trouvés dans les carottes de sédiments du lac Saint-François, par exemple, montrent que les concentrations diminuent à partir de 1970. Dans ce cas particulier, c'est en consultant ces «archives géologiques chimiques» que les chercheurs ont



CENTRE SAINT-LAURENT – STÉPHANE LORRAIN

été en mesure de constater l'effet d'une décision politique sur l'environnement. Cependant, les analyses révèlent aussi, pour la même époque, une augmentation de la contamination par d'autres métaux-traces (zinc, cadmium, cuivre) dans le secteur en aval de Montréal.

Quant à la contamination par les substances organochlorées, les BPC et le mirex, on observe une diminution importante des concentrations depuis le début des années 1960 et 1970 dans le secteur nord du lac Saint-Louis et du lac Saint-François respectivement.

De façon générale, on remarque une baisse rapide des concentrations, que les chercheurs attribuent à la diminution des apports de contaminants au fleuve. Mais en ce qui a trait aux baisses subséquentes observées, les conclusions sont difficiles à cerner. En effet, une hypothèse soutient que les concentrations de contaminants organiques et inorganiques dans les sédiments sont influencées par les variations annuelles du débit du fleuve. Alors, la baisse de concentration observée depuis les 10 ou 15 dernières années pourrait résulter d'une forte dilution des contaminants dans le milieu. «Peu importe leur origine, les baisses enregistrées ne peuvent qu'être bénéfiques à tout le système fluvial», conclut Stéphane Lorrain.

Les résultats d'analyses de contaminants, combinés à la datation géochronologique, montrent une diminution de certains contaminants organiques et inorganiques dans les sédiments à partir de 1970, principalement au lac Saint-Louis.

LES HERBIERS DE PLANTES AQUATIQUES : PIÈGES À CONTAMINANTS OU PASSOIRES?

Quel rôle jouent les herbiers dans la dynamique des contaminants du Saint-Laurent? Par leur capacité de bioaccumulation, ces herbiers ont-ils un rôle épurateur? Contribuent-ils simplement à modifier la disponibilité et la forme des contaminants dans le système aquatique?

«Si on s'attardait aux absurdités de la nature plutôt qu'à la beauté et à l'intelligence de ses mécanismes, on verrait alors que cette nature foisonne de contradictions...», faisait remarquer le célèbre Jean Rostand. Peut-être le biologiste destinait-il sa maxime au contradictoire rôle épurateur des plantes aquatiques? En effet, si on ne peut qu'admirer les vertus des plantes qui, en bioaccumulant, contribuent à retirer les contaminants du système, on pourrait aussi s'indigner du fait qu'à l'automne ces plantes aquatiques relâchent tout leur contenu! De fait, au moment de la sénescence des plantes aquatiques, l'essentiel des macrophytes se détache et part à la dérive. Les contaminants que contiennent ces plantes sont donc remis en circulation.

Notre compréhension du rôle des plantes dans la problématique de la contamination est en partie intuitive. Elle gagnerait à être étayée de données quantitatives. «On sait depuis longtemps que les plantes ont un potentiel de bioaccumulation et de rétention des contaminants du milieu», souligne

Vincent Jarry, scientifique chargé d'un projet de recherche visant à établir le rôle du biote dans la problématique des contaminants. «Notre objectif au cours du Plan d'action Saint-Laurent était de quantifier ce phénomène afin de compléter l'information obtenue par le bilan des contaminants.» Le projet, réalisé conjointement par le Centre Saint-Laurent, l'INRS-Eau et le Cartel de l'Université de Sherbrooke, s'est déroulé en deux phases au lac Saint-Pierre.

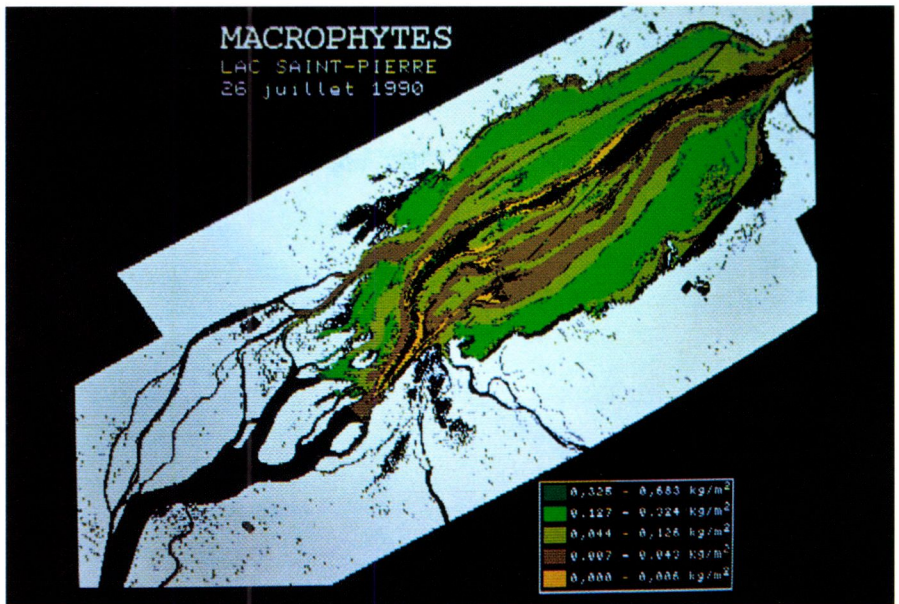
Dans un premier temps, la capacité de rétention des métaux par les macrophytes a été vérifiée. Des échantillons ont été analysés pour déterminer leur teneur en métaux.

La deuxième phase du projet consistait à vérifier si la rétention des métaux par les macrophytes peut être un facteur important dans le calcul du bilan des contaminants. Pour vérifier cette hypothèse, il était nécessaire de calculer la biomasse totale des macrophytes du lac Saint-Pierre.



CENTRE SAINT-LAURENT – CHRISTIANE HUDON

On estime la quantité de plantes aquatiques submergées du lac Saint-Pierre à 22 000 tonnes.



CENTRE SAINT-LAURENT – CARTOGRAPHIE QUANTITATIVE DES MACROPHYTES AU LAC SAINT-PIERRE PAR TÉLÉDÉTECTION LE 26 JUILLET 1990

Les herbiers du lac Saint-Pierre : un riche pâturage

La biomasse totale des plantes aquatiques submergées du lac Saint-Pierre a été estimée au mois d'août, soit durant la période où les plantes sont au maximum de leur croissance, et en octobre, en période de sénescence. La méthodologie consistait à utiliser de façon simultanée des images numériques obtenues par télédétection et des mesures au sol (échosondeur et plongée). L'étude a finalement permis d'estimer à 22 000 tonnes la quantité de plantes aquatiques submergées.



CENTRE SAINT-LAURENT – ALEX GRECOFF

La Vallisneria americana est une plante submergée fort abondante au lac Saint-Pierre. Cette espèce se révèle un bon indicateur de métaux-traces captés par les plantes car elle accumule les contaminants présents dans le milieu où elle se trouve.

Des pièges à contaminants?

Connaissant la biomasse des macrophytes du lac Saint-Pierre et leur teneur en métaux, on a pu calculer la quantité totale de contaminants retenus par les plantes.

En la comparant avec les résultats obtenus pour le bilan, il est apparu que la quantité évaluée par les scientifiques en 1992 représentait une faible proportion des métaux qui entrent au lac Saint-Pierre. «En comparaison des quantités de métaux qui entrent dans le lac, les quantités retenues dans les tissus végétaux sont faibles. Ceci indique que l'effet direct des plantes aquatiques submergées sur le bilan total des métaux qui transitent dans le lac serait négligeable. Ceci ne signifie pas que cette faible capacité de rétention des plantes soit sans conséquences», précise Vincent Jarry. «Nous en savons trop peu sur le rôle des plantes dans la dynamique de la contamination et dans le transfert trophique des contaminants».

Des mécanismes à élucider

La contribution des plantes aquatiques à la contamination du système est-elle répartie uniformément tout au long de la période estivale? Autrement dit, les plantes relâchent-elles leurs contaminants à petites doses? L'introduction de contaminants est-elle plutôt subite et massive à l'automne, moment où les plantes meurent et partent à la dérive? Ces mécanismes à élucider peuvent avoir un effet fort différent sur les écosystèmes. C'est à suivre...

Au lac Saint-Pierre, la quantité totale de métaux retenus par les plantes représente une faible proportion des métaux qui entrent dans le lac.

LE «PHYTOPLANCTON» : DES PETITS ORGANISMES QUI POURRAIENT PESER LOURD DANS LE BILAN DES CONTAMINANTS

En 1956, un article paru dans *Le naturaliste canadien* rapporte la présence d'une nouvelle algue dans le Saint-Laurent. La nouvelle venue, nommée *Stephanodiscus binderanus*, fait la manchette de la littérature scientifique parce qu'elle cause de sérieux ennuis au système de filtration de la ville de Montréal : elle colmate plusieurs filtres situés sur la prise d'eau qui alimente la ville. L'article en question constitue la première publication à caractère scientifique sur les algues unicellulaires phytoplanctoniques du Saint-Laurent. Depuis sa parution, d'autres études ont été menées. Avec la mise sur pied du Plan d'action Saint-Laurent, ces petits organismes ont suscité encore plus d'intérêt. En effet, sans faire de vagues, ils pourraient jouer un rôle important dans la rétention et le transport des contaminants et, par conséquent, dans le bilan global des contaminants du fleuve.

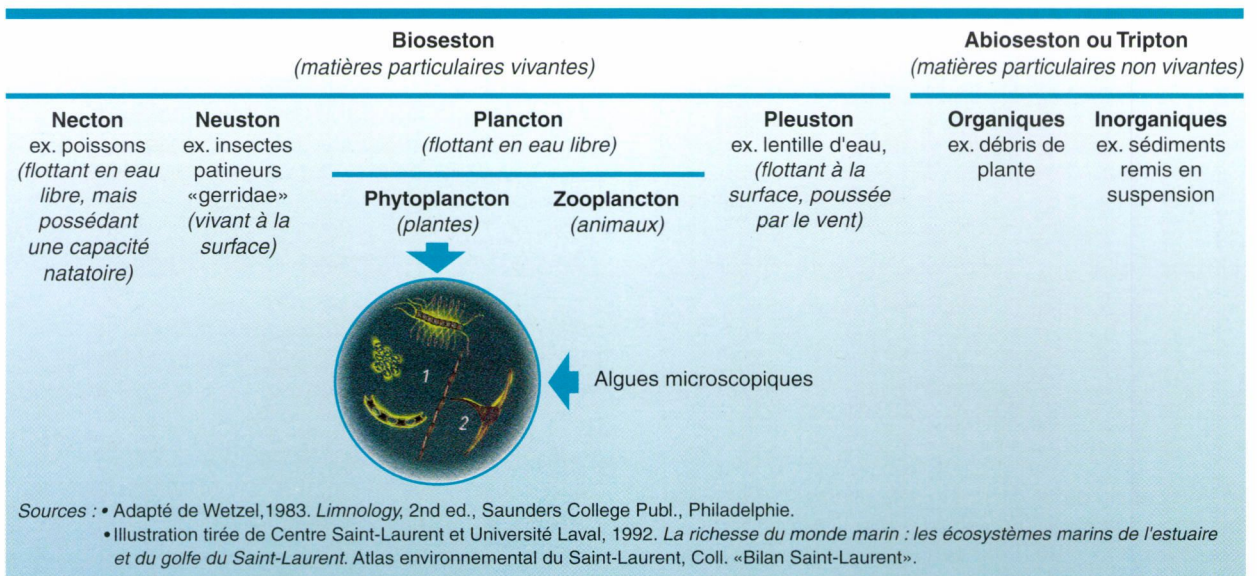
Le biologiste Serge Paquet a entrepris une étude exploratoire afin de faire le point sur le rôle des communautés d'algues phytoplanctoniques du fleuve. Par la même occasion, une mise à jour des connaissances sur la composition des espèces a été effectuée.

Au mois d'août et au mois d'octobre 1990, une campagne d'échantillonnage a été entreprise au lac Saint-Pierre. Le phytoplancton a été étudié à

10 stations situées en zone littorale (près du rivage). Les échantillons ont été utilisés pour déterminer la composition taxinomique des algues et calculer leur volume ainsi que pour analyser les contaminants et évaluer la fluorescence de la chlorophylle. Ce pigment, responsable de la couleur verte des algues, est en effet un bon indicateur de la biomasse algale. D'autres paramètres – les matières en suspension, la température, l'oxygène dissous, la conductivité, le phosphore total, l'azote ammoniacal, les nitrites-nitrates et le carbone organique dissous – ont également été mesurés afin de déterminer les conditions physiques et chimiques du site au moment de l'échantillonnage.

L'intérêt ultime de cette étude était d'arriver à connaître la capacité des algues à accumuler les contaminants. Pour y parvenir, l'équipe de scientifiques a utilisé un modèle mathématique de régression, qui établit une relation entre le pourcentage d'algues présentes dans un échantillon (en poids) et la teneur en métaux dans l'ensemble du **seston**. Le seston se compose d'organismes (végétaux et animaux) et de particules. Différents contaminants inorganiques ont été évalués : à Cornwall, par exemple, les résultats révèlent que 65 % de la quantité de titane trouvée dans le seston peuvent être liés à la biomasse algale.

COMPOSITION DU SESTON



Lors d'études effectuées près de Cornwall, la Section Apports toxiques a déterminé que 65 % de la quantité de titane trouvée dans le seston peuvent être liés au phytoplancton.

Le fleuve est-il en train de recouvrer la santé?

Questionnons les algues...

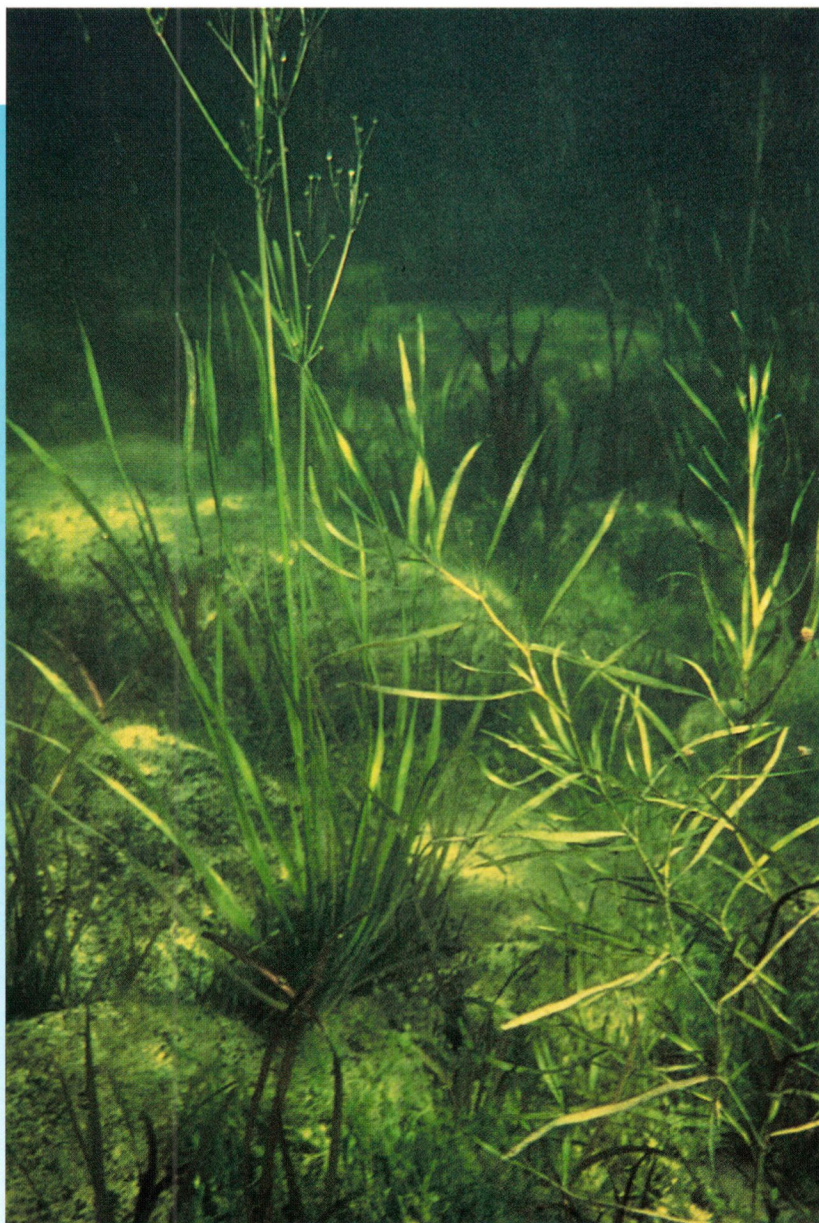
Le volet taxinomique de l'étude a montré que la communauté phytoplanctonique du fleuve Saint-Laurent a subi de grandes modifications au cours des 15 dernières années. Si on le compare aux années 1970, le fleuve contient aujourd'hui un plus grand nombre d'espèces d'algues, et la proportion de celles qui ont une valeur nutritive élevée pour les prédateurs a augmenté. L'interprétation de ces changements reste toutefois à vérifier.

Cette modification pourrait être liée à une réduction de la contamination par les rejets urbains d'eaux usées, un effet attribuable à l'efficacité de la réglementation sur les phosphates (pensons entre autres aux savons d'usage domestique)

observée depuis 15 ans. Si tel était le cas, on pourrait conclure que la qualité du système fluvial s'est améliorée. Il est aussi possible d'esquisser un scénario différent, selon lequel l'augmentation de la proportion d'algues à forte valeur nutritive résulterait de la diminution ou de la disparition de leurs prédateurs. Cette hypothèse nous amène alors à considérer ce changement comme un appauvrissement de la qualité du système.

«Il faut plus de données pour étayer ces hypothèses, souligne Serge Paquet, mais il est certain que la richesse des algues à la base de la chaîne trophique est plus grande aujourd'hui qu'elle ne l'était dans les années 1960, 1970 et 1980.» La diversité des algues : un autre champ à explorer...

Si on le compare aux années 1970, le fleuve contient aujourd'hui un plus grand nombre d'espèces d'algues et la proportion des algues qui ont une valeur nutritive élevée pour les prédateurs a augmenté.



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL – RICHARD CARIGNAN

UNE EXPERTISE RECONNUE OUTRE-FRONTIÈRE

L'expertise du Centre Saint-Laurent en matière de gestion des grands cours d'eau suscite l'intérêt d'autres pays. De nombreuses conférences internationales tenues chez nous et à l'étranger en témoignent. L'engagement du chef de la

Section Apports toxiques, Ken Lum, à titre de coordonnateur canadien du Conseil scientifique du Commonwealth illustre aussi le rayonnement outre-frontière de la Section au cours du Plan d'action Saint-Laurent.



QUELQUES CONFÉRENCES ET PRÉSENTATIONS DE PORTÉE INTERNATIONALE

NOVEMBRE 1990 – Workshop organized by WHO - Instituto de Salud Carlos III, Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, Espagne

Lum, K. et L. Cleary. Sanitary implications of the use and discharge of tributyltins into the aquatic environment: A perspective from the St. Lawrence Action Plan.

Mai 1991 – Seminar on Ecosystems Approach to Water Management, UN Economic Commission for Europe, Oslo, Norvège

K. Lum et L. Cleary. A mass balance approach to quantifying contaminant transport and cycling by biotic and abiotic compartments in the St. Lawrence River ecosystem.

Juin 1991 – Commonwealth Science Council Workshop, Trinidad

L. Cleary, M. Lamontagne et K. Lum. Ecotoxicology and technology development in the management of hazardous wastes.

Août 1991 – International Symposium on Hydrology for the Water Management of Large River Basins, Vienne, Autriche

D.H. De Boer, C. Lemieux et K. Lum. Evaluating contaminant transport using Lagrangian sampling in the St. Lawrence River, Canada.

Mai 1992 – American Geophysical Union, Canadian Geophysical Union and Mineralogical Society of America, AGU 1992 Spring Meeting, Montréal, Canada

K. Lum, T.-T. Pham et C. Lemieux. Distribution and fluxes of PCB congeners in the St. Lawrence River and upper Estuary.

T.-T. Pham, K. Lum et C. Lemieux. Occurrence, distribution and fluxes of DDT residues in the St. Lawrence River.

Août 1992 – 9th World Clean Air Congress, Montréal, Canada

T.-T. Pham, K. Lum et C. Lemieux. The relative importance of the sources of PAHs in the St. Lawrence River.

Août 1992 – International Symposium on Erosion and Sediment Transport Monitoring Programs in River Basins, Oslo, Norvège

D.H. De Boer et C. Lemieux. Suspended sediment dynamics of a riverine lake of the St. Lawrence River, Canada.

JANVIER 1993 – Commonwealth Science Council - UNEP Basel Convention for Transboundary Movement of Hazardous Waste, Nagpur, Inde

K. Lum. Ecotoxicological considerations in the management of hazardous waste.

K. Lum. Hazardous waste management and its implications for estuaries and coastal areas.

Mai 1993 – Joint Meeting of the American Society for Limnology and Oceanography and the Society of Wetland Scientists. Water Interfaces: Dynamics and Management, University of Alberta, Edmonton, Canada

J.-F. Koprivnjak, R.A. Bourbonnière, T.A. Clair, A. Heyes, K. Lum, R. McCrea et T.R. Moore. The underestimation of concentrations of dissolved organic carbon in freshwaters.

Août 1993 – Third International Geomorphology Conference, Hamilton, Canada

C. Lemieux, B. Quémerais et K. Lum. Evaluation of the principal sources of suspended matter to the St. Lawrence River, Canada.

S. Lorrain, K. Lum et C. Lemieux. Sedimentary regime of the St. Lawrence River: Cornwall to Trois-Rivières.

SEPTEMBRE 1993 – 9th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Toronto, Canada

C. Lemieux, B. Quémerais et K. Lum. Seasonal patterns of metal concentrations in the St. Lawrence River (Canada) and four of its tributaries.

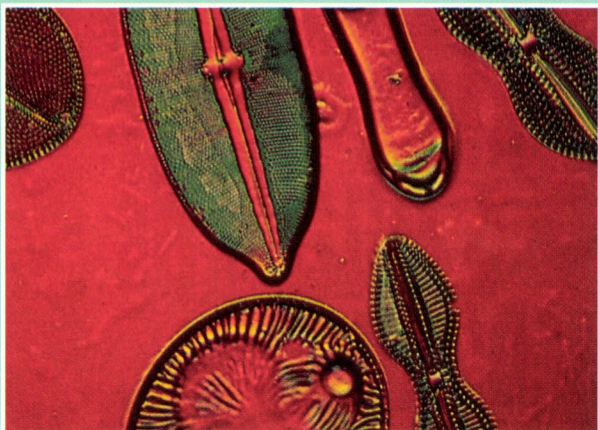
C. Lemieux, B. Quémerais et K. Lum. Relative contribution of metal sources to the St. Lawrence River, Canada.

S. Lorrain, R. Carignan et K. Lum. Trace metal profiles in the fluvial lakes of the St. Lawrence River, Canada.

S. Paquet et K. Lum. Relationships between phytoplankton, organic detritus and inorganic matter and their heavy metal contamination in the St. Lawrence River (Cornwall – Trois-Rivières).

NOVEMBRE 1993 – 14th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Houston, États-Unis

K. Lum, P.D. Anderson, G. Arvanitakis, J. Chul, J. Duhaime, G. Ferguson, J. Heskett et P. Wallis. CRIER - A risk assessment model for complex effluent management.



ÉCOTOXICOLOGIE

LA SECTION

TABLE DES MATIÈRES

LA SECTION ÉCOTOXICOLOGIE

page

- 31** UN SERMENT D'HIPPOCRATE À L'ÉCHELLE DE LA NATURE
- 33** **UNITÉ MICROBIOANALYTIQUE**
MICROORGANISMES ET ÉCOTOXICOLOGIE :
LES IMMENSES VERTUS DE L'INFINIMENT PETIT
- 37** TOUTE L'INFORMATION D'UN POISSON CONTENUE DANS
UNE CELLULE!
- 38** *SELENASTRUM CAPRICORNUTUM* : LES LETTRES
DE NOBLESSE DE L'ÉCOTOXICOLOGIE
- 39** LES RITES DE LA NORMALISATION
- 40** REQUIEM POUR UNE ALGUE
- 42** UN TRAVAIL DE MOINE POUR DÉCELER DES
SUBSTANCES... PEU ORTHODOXES!
- 44** BEEP!... UN COUP D'OEIL SUR LE POTENTIEL TOXIQUE
DES EFFLUENTS INDUSTRIELS
- 47** **UNITÉ MACROBIOANALYTIQUE**
PASSER D'*IN VITRO* À *IN SITU* SANS Y PERDRE SON LATIN!
- 48** LE MEUNIER NOIR DÉVOILE LE CARACTÈRE COMPLEXE
DE SON STRESS...
- 50** LES VERTUS DE LA JEUNESSE : DES JEUNES POISSONS
RÉVÉLATEURS DE LA CONTAMINATION TOUTE RÉCENTE
- 51** PROFIL DE CARRIÈRE D'UN GASTÉROPODE
AMBIVALENT
- 52** UN RAYONNEMENT INTERNATIONAL



PÊCHES ET OCÉANS – SERGE DEMERS

Concevoir des outils de diagnostic fiables et accessibles afin que les différents intervenants en environnement soient en mesure de décider d'actions préventives appropriées au fleuve.

UN SERMENT D'HIPPOCRATE À L'ÉCHELLE DE LA NATURE

Même 2000 ans après la mort d'Hippocrate, le nom de ce médecin reste empreint de signification pour notre société contemporaine. On se souvient notamment d'Hippocrate parce qu'il a prêté son nom au serment que les jeunes médecins prononcent encore aujourd'hui lorsqu'ils accèdent à la profession. Mais, homme de science, médecin et philosophe, Hippocrate a fait plus. Il est aussi l'instigateur des études cliniques et des diagnostics, des approches plus rationnelles qui tentaient de découvrir les causes naturelles des maladies de l'époque.

Sans pour autant prononcer un «serment d'Hippocrate de l'environnement», l'équipe de la Section Écotoxicologie a certainement le même souci quand il s'agit de dépister les effets que les contaminants rejetés dans le Saint-Laurent peuvent avoir sur les organismes qui y vivent. À l'instar des sciences de la santé, les sciences de l'environnement tentent d'émettre des diagnostics valables, de sorte que là aussi on soit en mesure de prévenir plutôt que de guérir.

En 1988, la Direction Écotoxicologie et écosystèmes recevait le mandat de concevoir des outils

de diagnostic. Destinés à être utilisés dans un contexte d'action, les outils ont été pensés avec la préoccupation constante de faciliter leur transfert technologique. Dans cette optique, les scientifiques de la Section Écotoxicologie ont concentré leur énergie à mettre au point divers tests de dépistage de la toxicité, que l'on appelle bioessais dans le jargon scientifique. Les bioessais devaient être non seulement fiables sur le plan scientifique, mais également simples à utiliser et surtout, fournir des résultats accessibles et faciles à interpréter par les non-scientifiques.

En somme, si le pouvoir thérapeutique des médecins s'est grandement accru depuis Hippocrate grâce aux progrès de la science, le même constat s'applique dans le monde de l'environnement. En raison des efforts que les scientifiques ont déployés durant le Plan d'action Saint-Laurent, nous disposons aujourd'hui de plus de moyens pour la surveillance biologique de l'environnement. Nous sommes en mesure de poser des diagnostics environnementaux plus raffinés et de prendre les décisions qui s'imposent pour améliorer l'état du Saint-Laurent.

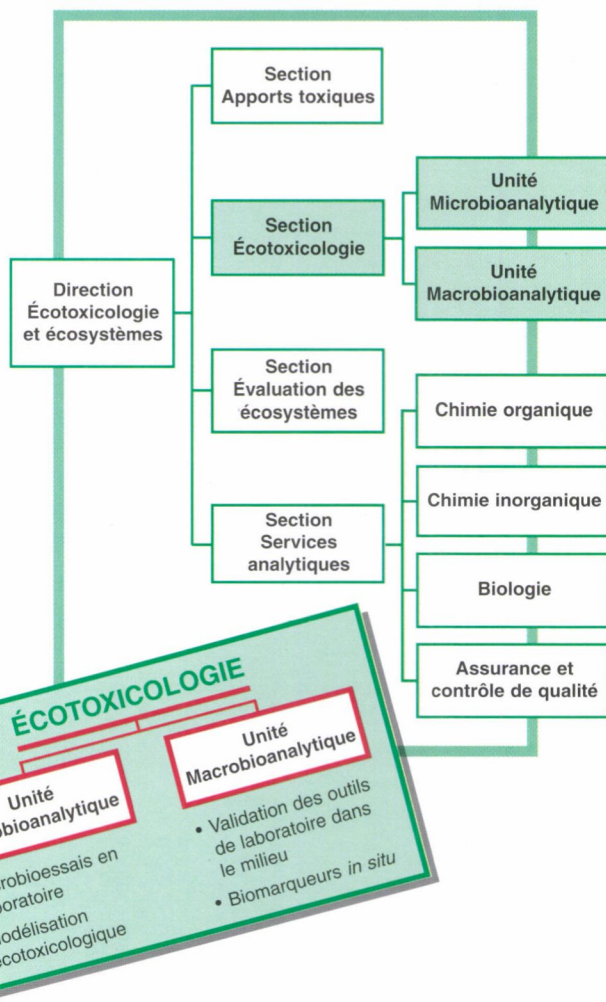
La Section Écotoxicologie : une équipe multidisciplinaire

L'écotoxicologie, cette jeune discipline scientifique de moins de trente ans, est née des suites de la révolution industrielle. Elle entretient le vœu de faire la lumière sur les effets des contaminants de l'environnement sur la santé des organismes. Un tel objectif oblige à faire appel à des notions de chimie, de biologie, de toxicologie et d'écologie. D'ailleurs, déjà dans sa nomenclature, l'écotoxicologie trahit ses origines multidisciplinaires. Hybride entre la science des contaminants (la toxicologie) et la science des écosystèmes (l'écologie), cette discipline profite des expertises propres à chacun de ces domaines d'étude.

L'équipe de la Section Écotoxicologie reflète bien cette multidisciplinarité. Une douzaine de chercheurs, biochimistes, biologistes et écologistes s'y côtoient. Pour remplir son mandat et créer des outils utiles et efficaces pour la gestion de l'environnement, la Section s'est scindée en deux unités de recherche.

Un incubateur de chercheurs

Tout au long des cinq années qu'a duré le Plan d'action Saint-Laurent, la Section Écotoxicologie a contribué à la formation de nouveaux chercheurs en dirigeant conjointement des projets avec les universités régionales. De cette intense activité de recherche a résulté la publication de nombreux articles scientifiques, de mémoires de maîtrise, de thèses de doctorat ainsi que plusieurs rapports méthodologiques sur les nouveaux outils de dépistage de toxicité élaborés.



Au sein de la Section Écotoxicologie, les tests de dépistage de toxicité s'inscrivent dans une stratégie d'intervention à large spectre. L'Unité Microbioanalytique préconise l'emploi de tests sur des microorganismes de laboratoire, des tests simples à utiliser sur une base routinière. L'Unité Macrobioanalytique privilégie les études in situ, plus complexes à réaliser en raison des nombreuses variables des écosystèmes.



UNIVERSITÉ MCGILL – PAUL WHITE



UNIVERSITÉ MCGILL – PAUL WHITE

UNITÉ MICROBIOANALYTIQUE

MICROORGANISMES ET ÉCOTOXICOLOGIE : LES IMMENSES VERTUS DE L'INFINIMENT PETIT

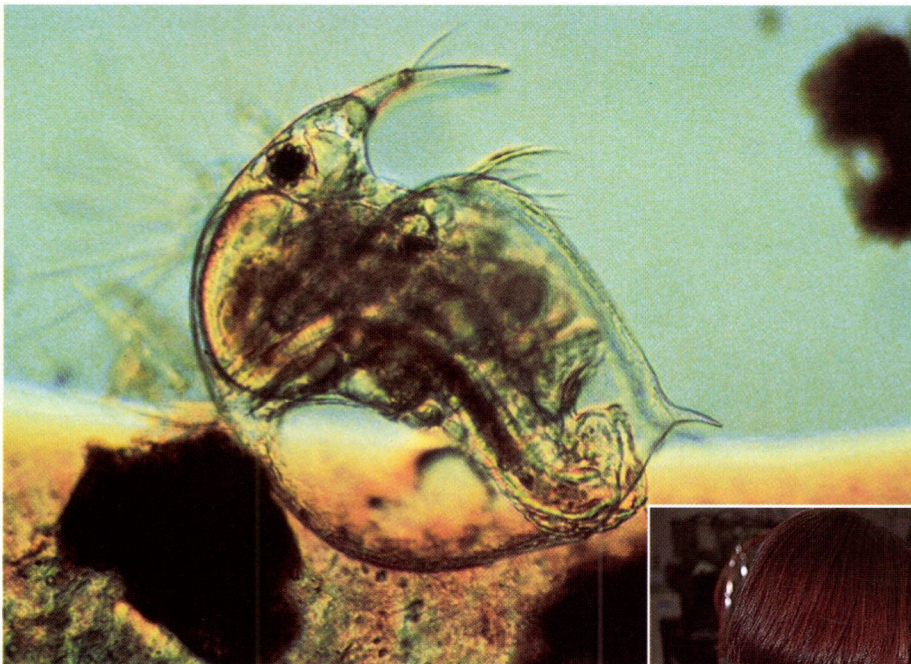
En sciences de la santé, les microorganismes ont été longtemps associés aux maladies et à la mort. Aujourd'hui, ils occupent une place privilégiée en sciences de l'environnement. Bactéries, algues, protozoaires et petits crustacés sont au coeur du mandat de l'Unité Microbioanalytique, mandat qui consiste à développer des microbioessais, une catégorie de tests de dépistage de toxicité en pleine effervescence.

Créer et promouvoir l'emploi d'outils de diagnostic qui soient simples à utiliser, fiables et économiques.

À la suite des travaux de Pasteur, on découvre que des maladies comme le choléra, la diphtérie et le tétanos étaient attribuables à des microorganismes. Dès lors, ces petits êtres invisibles à l'oeil nu prirent des proportions démesurées dans l'imaginaire collectif.

Au Centre Saint-Laurent, les microorganismes sont vus d'un bon oeil (à condition que celui-ci soit rivé au microscope!). Les scientifiques y

accordent de plus en plus d'attention dans la conception et l'adaptation de microbioessais. En fait, c'est parce que les microorganismes sont petits et qu'ils se reproduisent assez facilement et rapidement qu'ils suscitent tant d'intérêt. Certains sont très prisés pour les tests en laboratoire parce qu'ils se transforment en indicateurs significatifs de l'agression toxique dans les écosystèmes.



ENVIRONNEMENT CANADA



CENTRE SAINT-LAURENT - JACQUES BUREAU

Des tests porteurs de messages...

Mais qu'est-ce donc qu'un bioessai (ou microbioessai), cet outil privilégié de l'Unité Microbioanalytique? «C'est simple, répond Georges Costan, chercheur scientifique, effectuer un bioessai, c'est soumettre un organisme à un échantillon contaminé. Ensuite, on lui demande comment ça va!»

En somme, un bioessai en écotoxicologie, plus justement désigné **test bioanalytique de toxicité ou biotest**, sert à évaluer dans quelle mesure un échantillon, que l'on sait ou que l'on soupçonne être contaminé, peut être dommageable pour un organisme. C'est à travers les effets que manifeste l'organisme en question que l'expérimentateur pourra déceler si son échantillon a un potentiel toxique.

La petite histoire des sujets de rechange

Si, *a priori*, le rapport entre un microorganisme de laboratoire et un organisme vivant dans le fleuve ne semble pas tout à fait évident, la même relation aléatoire existe entre un canari et un mineur (voir encadré). En écotoxicologie, c'est une question d'approche... réductionniste!

LE CANARI

PREMIER BIO-INDICATEUR?

Au début du siècle, en Europe, les mineurs qui s'engageaient dans les galeries profondes emportaient avec eux un canari en cage. Lorsque le taux de gaz carbonique ou de certains autres gaz toxiques augmentait dans la mine, l'oiseau était le premier à réagir. Le canari devenait donc un indicateur utile; sa réaction avertissait les mineurs du danger imminent, ce qui leur permettait de remonter à temps à la surface.

Mais le canari a-t-il été véritablement le premier bio-indicateur? Que dire alors des goûteurs, ces personnages de l'Antiquité à qui les grands de l'époque faisaient goûter leur repas avant de le consommer en toute confiance?

EXEMPLES D'USAGES POTENTIELS DE BIOESSAIS

- Identification et examen du danger de substances toxiques pour l'environnement ou soupçonnées de l'être.
- Évaluation de l'efficacité de techniques ou de méthodes de traitement et d'élimination des déchets toxiques liquides ou solides.
- Élaboration et évaluation de normes réglementaires sur la qualité et la protection de l'environnement.
- Mise en application de normes et vérification de la conformité de sources polluantes.

Le réductionnisme : pour ou contre?

Les bioessais effectués avec des poissons ou avec des microorganismes qui se reproduisent en laboratoire sont des outils de diagnostic dits **réductionnistes**. Ils sont désignés ainsi parce que le milieu testé ne représente pas un écosystème comme le milieu naturel. Les tests sont réalisés sur un seul type d'organisme, sur des organismes «élevés» en laboratoire... Ce genre d'approche a même fait l'objet d'une controverse à certaines époques au sein de la communauté scientifique.

On peut en effet se demander si des tests effectués en laboratoire ne risquent pas d'éloigner l'expérimentateur de la réalité de la nature et de sa complexité. «Peut-être, répond Norman Bermingham, chef de la Section Écotoxicologie. Il est certain que ce genre d'approche a ses limites; mais, elle est complémentaire aux études réalisées dans le milieu.» Pour ce scientifique, la diversité des outils de diagnostic dont nous disposons actuellement et le nombre d'effets potentiels que l'on peut mesurer par les tests permettent d'assurer un suivi environnemental plus adéquat.

Durée Effet	COURT TERME		LONG TERME	
	LÉTAL	Effet létal	Effet létal	Effet létal
		Mortalité suite à une courte exposition à une ou à plusieurs substances toxiques.		Mortalité suite à une longue exposition à une ou à plusieurs substances toxiques.
SUBLÉTAL	Effet subléthal aigu	Effet subléthal chronique		
	Effet qui affecte l'organisme, sans le tuer, suite à une courte exposition à une ou à plusieurs substances toxiques.	Effet qui affecte l'organisme, sans le tuer, suite à une longue exposition à une ou à plusieurs substances toxiques.		

D'autres scientifiques abondent dans le même sens, dont Guido Persoone, l'un des piliers de l'écotoxicologie en Europe, qui a comparé les résultats de différentes études. Ce dernier confirmait lors d'une conférence au Centre Saint-Laurent au mois d'août 1992 que la plupart des résultats issus d'études de «mésocosme» ou de «macrocosme», qui s'appliquent à une communauté d'organismes plutôt qu'à un seul type d'organisme, sont en très étroite dépendance avec les résultats de batteries de tests réductionnistes. Or, ces études tentent justement de révéler le comportement complexe des contaminants dans le milieu. Mais, comme le disait le philosophe Karl Popper, peu importe le succès qu'obtiennent nos théories, nos modèles ou nos systèmes en science, il y aura toujours un résidu, une part de la réalité qui nous échappe...

Selon l'approche réductionniste, on évalue la toxicité d'un échantillon en observant les effets qu'il provoque chez un organisme cible de laboratoire.



Après la dynastie des poissons...

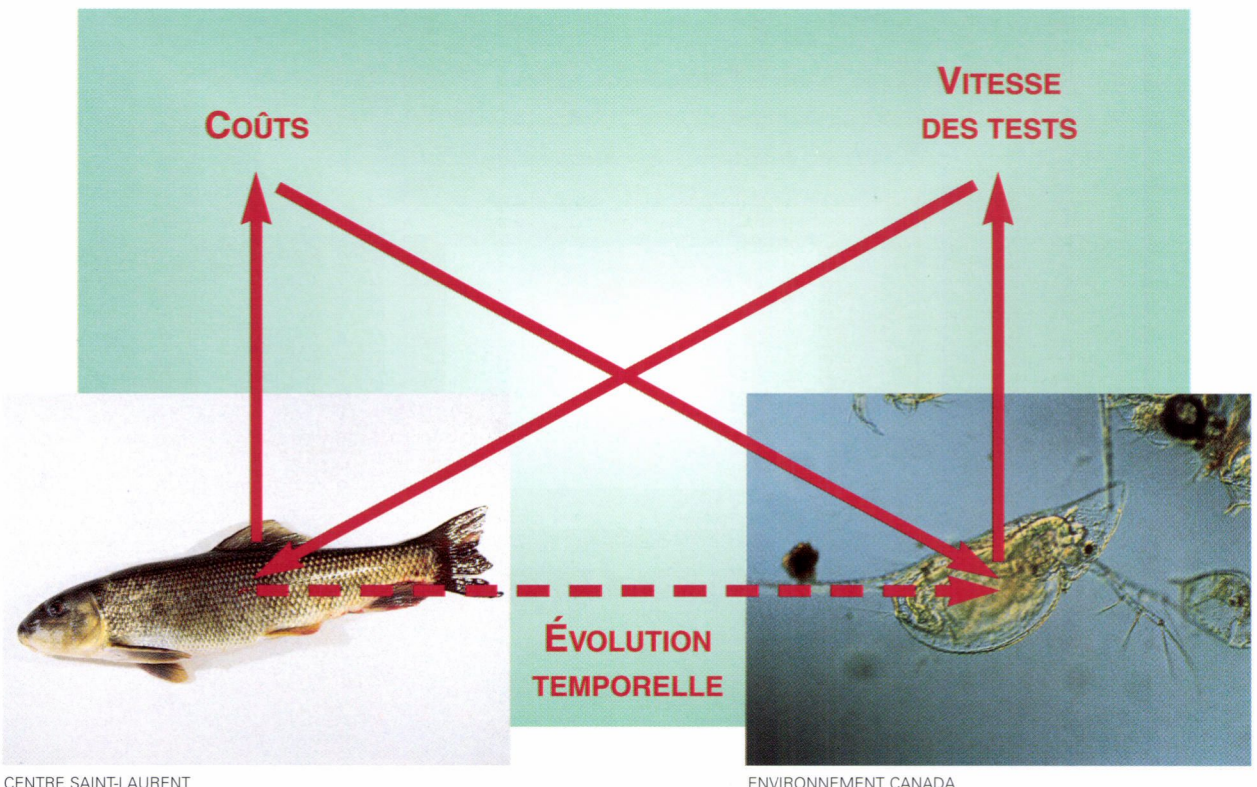
Il y a quelques années, le **test de létalité avec truite arc-en-ciel** est venu se joindre aux analyses chimiques et bactériologiques traditionnelles. Le grand avantage de ce test biologique réside dans sa capacité de rendre compte de la toxicité des mélanges ou «soupes chimiques», chose impossible à réaliser avec les analyses chimiques, qui procèdent substance par substance.

Les tests de létalité avec poissons se sont facilement imposés parce que la réponse qu'ils procurent est particulièrement révélatrice. «Il est normal que le tout premier test de toxicité ait d'abord recherché l'effet léthal. La mort d'un poisson est très significative, autant pour le scientifique que pour le gestionnaire. Il n'en fallait pas davantage pour entamer des mesures de réduction de la pollution», nous dit Christian Blaise, leader dans l'effervescence des microbioessais. Mais le test de létalité avec truite arc-en-ciel, reconnu comme le seul test légal au Canada pour évaluer les rejets d'effluents industriels, nécessite près de 400 poissons. Il est peu pratique à utiliser et relativement coûteux.

Au début de la décennie 1980, aux **macrobioessais**, réalisés avec des organismes comme le poisson, se sont ajoutés les **microbioessais**, qui utilisent les algues, les bactéries et d'autres petits organismes. L'intérêt de ces microtests est leur rapport qualité-coûts, avantageux pour la gestion environnementale. «L'atout majeur de tels bioessais, explique Norman Bermingham, chef de la Section Écotoxicologie, c'est qu'ils peuvent facilement s'intégrer à des stratégies préventives plutôt que curatives à l'égard du milieu.»

Aujourd'hui, les scientifiques ne mesurent plus seulement l'effet léthal, qui entraîne la mort de l'organisme. Des bioessais ont été mis au point pour déceler les effets sublétaux tels que l'inhibition de la reproduction, l'inhibition de la croissance ou toute autre manifestation de stress. Des informations qui permettent d'établir des diagnostics environnementaux beaucoup plus raffinés.

Cette transition des tests, des macroorganismes aux microorganismes, a été plus qu'un choix régional. Elle a aussi été motivée par des préoccupations internationales, car de plus en plus de pays imposent des normes sévères sur l'utilisation des animaux en laboratoire.



Macroorganisme

Microorganisme

Les microbioessais présentent un rapport qualité-coûts avantageux pour la gestion environnementale

TOUTE L'INFORMATION D'UN POISSON CONTENUE DANS UNE CELLULE!

Élaborer ou miniaturiser divers tests de dépistage de toxicité à l'aide de cellules ou de fragments de tissus d'organismes, d'algues et de bactéries.

Ce matin-là, le biochimiste François Gagné demande à l'équipe de la Section Apports toxiques de lui ramener un échantillon d'eau du fleuve afin d'effectuer ses tests de toxicité avec poissons. L'équipe hésite... Un test classique avec truite nécessite 200 litres d'eau. Or, l'espace à bord des bateaux est limité. Mais la demande du biochimiste est plus modeste. Le test de toxicité ne porte pas sur le spécimen entier, mais sur les cellules du foie de cette truite; pour son expérience, le chercheur n'aura besoin que de 20 millilitres d'eau!

Alors que le test classique nécessite 96 heures et ne mesure qu'un seul paramètre, la létalité, un test utilisant des cellules hépatiques est beaucoup plus pratique. Il ne prend que quelques heures et permet de récolter de l'information sur trois à six paramètres de toxicité. Ceux-ci renseignent, par exemple, sur la viabilité cellulaire, sur les dommages causés au matériel génétique et sur l'activité de certaines enzymes et protéines.

Les indicateurs de stress

Les travaux de François Gagné sur les cellules du foie d'une truite ont servi à trouver une méthode alternative économique, qui permet de mesurer la présence de deux indicateurs de stress chez un poisson : les oxydases à fonctions multiples (OFM) et les métallothionéines (MT). Ce sont respectivement des groupes d'enzymes et de protéines qui sont activées lorsqu'un organisme, en l'occurrence le poisson, est soumis à des produits ou à des effluents toxiques. Elles sont produites par l'organisme dans le but de le débarrasser des substances étrangères.

Un test OFM et MT consiste donc à soumettre un poisson ou quelques-unes de ses cellules (à peine 100 000!) à un échantillon contaminé. La mesure des OFM et des MT indique alors que l'organisme a été exposé à des substances toxiques.



CENTRE SAINT-LAURENT – JACQUES BUREAU

La recherche en cytométrie a permis d'élaborer des bioessais n'utilisant que des fragments de tissus ou des cellules d'organismes. Un saut dans l'infiniment petit pour une économie de coûts infiniment grande!

SELENASTRUM CAPRICORNUTUM : les lettres de noblesse de l'écotoxicologie

Test algal d'inhibition de croissance, test d'interaction algale, test algal d'exposition-récupération, test de létalité par cytométrie, tous ces projets menés par l'Unité Microbioanalytique durant le Plan d'action Saint-Laurent témoignent d'un fait : *Selenastrum capricornutum*, une algue verte, a obtenu ses lettres de noblesse en écotoxicologie. Outre les travaux de recherche qu'elle a suscités, cette algue a servi à des applications concrètes. Elle a été utilisée pour mesurer le potentiel toxique des effluents des 50 établissements industriels prioritaires, des eaux de surface et des eaux de ruissellement. Cette algue a également été intégrée à un nouvel outil de diagnostic, le Barème d'effets écotoxiques potentiels (BEEP), qui combine plusieurs tests de toxicité sur les bactéries, les algues et les micro-crustacés.

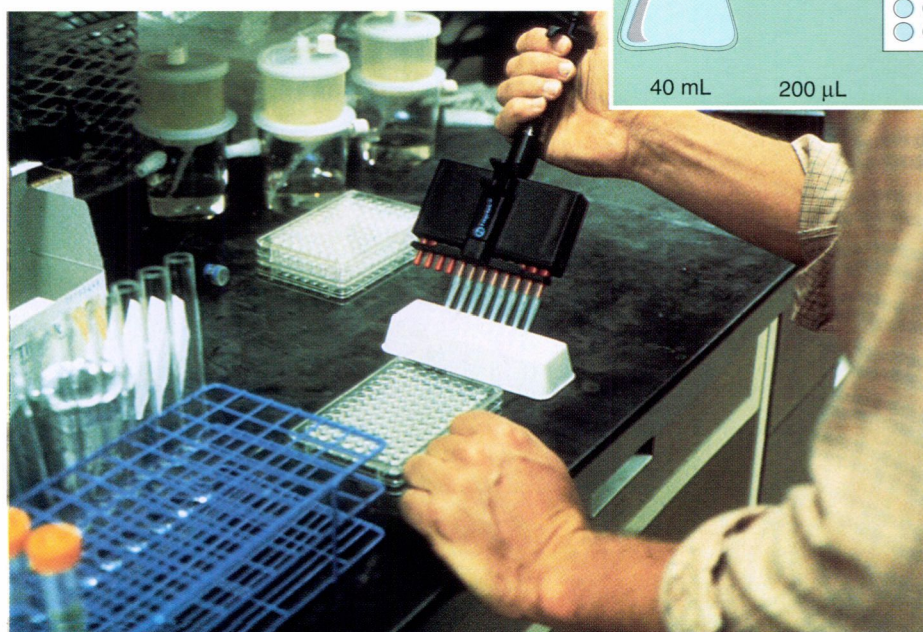
Le Test algal d'inhibition de croissance : utilisé par plus de 20 laboratoires dans le monde

Selenastrum a d'abord servi il y a plusieurs années à mesurer l'impact d'un largage massif de phosphore par l'industrie agricole. Le test servait alors à vérifier le potentiel fertilisant de certains effluents. Grâce à des bioessais mesurant la croissance des populations de *Selenastrum*

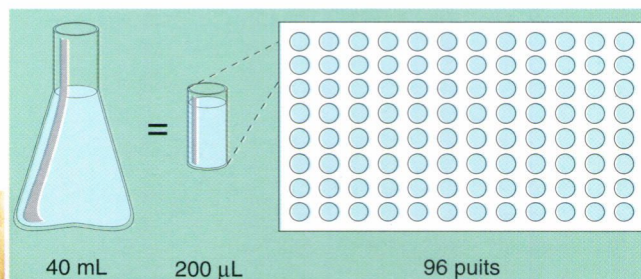
soumises à différentes concentrations de phosphore, on a pu prédire les risques d'eutrophisation encourus par les cours d'eau récepteurs.

Utile pour prédire la «menace verte» du secteur agricole, pourquoi ne pourrait-on pas utiliser *Selenastrum* pour prédire la «menace grise» du secteur industriel? Suivant ce raisonnement, une équipe de scientifiques d'Environnement Canada a initié un test dans les années 1970, conférant ainsi une nouvelle vocation à *Selenastrum*. On évaluait avec ce test dans quelle mesure la croissance de l'algue était inhibée par le polluant.

En 1982, un chercheur de cette équipe, Christian Blaise (aujourd'hui actif au Centre Saint-Laurent) miniaturisait le **test algal d'inhibition de croissance**. La miniaturisation consistait à adapter le test à une microplaque de 96 puits, rendant caduques les béchers conventionnels, plus lourds d'utilisation. Cette version miniature du test est aujourd'hui utilisée sur une base routinière dans plus de 20 laboratoires à travers le monde.



CENTRE SAINT-LAURENT – CHRISTIAN BLAISE



Avec ses 96 puits, la microplaque permet de réduire jusqu'à cinq fois le coût d'un test.

L'algue verte Selenastrum capricornutum a été particulièrement active durant le Plan d'action Saint-Laurent. À l'origine de différents microbioessais algaux, elle a permis de mesurer la toxicité de la majorité des échantillons analysés.

LES RITES DE LA NORMALISATION

Récemment, un nouveau test de toxicité est venu s'ajouter à la liste des tests appartenant à la **Série de méthodes d'essais biologiques** recommandées par Environnement Canada. Ce test – la miniaturisation sur microplaques de *Selenastrum*, car c'est de cette algue qu'il s'agit! – a donc franchi toutes les étapes du processus canadien de normalisation. Mis au point en 1982, il lui aura fallu 10 ans pour être normalisé. Pourquoi ce long délai? Eh bien! Parce que pour être jugé suffisamment fiable, un test doit répondre à certains critères précis. Entre autres, la répliquabilité, la répétabilité et la reproductibilité établissent la fidélité des résultats d'un test lors d'un exercice de normalisation.

Pour réaliser un test, un technicien de laboratoire doit suivre un protocole, une sorte de recette, qui établit la marche à suivre. Contrairement au simple protocole expérimental, le protocole normalisé contient des instructions plus rigoureuses. «La rigueur de ces instructions est une sorte de garantie de la fiabilité des résultats», explique Donald St-Laurent, scientifique qui s'est engagé dans différents processus de normalisation au cours du Plan d'action Saint-Laurent. Un test est jugé fiable lorsqu'il offre, après plusieurs essais, des résultats similaires dans un même laboratoire et d'un laboratoire à un autre.

En outre, tout comme on peut améliorer une recette, le processus canadien de normalisation est conçu pour que l'on puisse retirer, ajouter ou modifier des instructions qui rendront le test encore plus fiable.

LISTE DES TESTS DE LA SÉRIE DE MÉTHODES D'ESSAIS BIOLOGIQUES, NORMALISÉS AVEC LA PARTICIPATION DU CENTRE SAINT-LAURENT

Test de létalité – truite arc-en-ciel

Test de létalité – crustacé (*Daphnia*)

Test de toxicité – bactérie luminescente (*Photobacterium phosphoreum*)

Test d'inhibition de croissance – algue verte (*Selenastrum capricornutum*)



CENTRE SAINT-LAURENT – ANNE-MARIE PRUD'HOMME

En vertu de la nouvelle Loi canadienne sur la protection de l'environnement, les programmes de surveillance et de réglementation de l'environnement recommandent l'emploi d'un plus grand nombre de tests de toxicité «normalisés», un procédé qui permet en bout de ligne de générer des résultats fiables et comparables... à condition de suivre la recette, bien sûr!

REQUIEM POUR UNE ALGUE

Les scientifiques reconnaissent aujourd'hui qu'une grande partie de la vie qui anime le Saint-Laurent est attribuable aux algues, les producteurs primaires. Grâce à un test mis au point par l'Unité Microbioanalytique, on est en mesure de dire si certains effluents industriels risquent d'avoir sur eux des effets toxiques irréversibles.

Ultrason, bombe à lyse, traitements-chocs, rien n'y fait. Le seul traitement capable de venir à bout de *Selenastrum* sera finalement... le micro-onde! Pourquoi déployer les grands moyens? Avec le micro-onde, Donald St-Laurent et Lucie Ménard cherchent à inhiber toute vie chez *Selenastrum*. Sachant eux-mêmes à quoi ressemble une algue morte, ils pourront fournir l'information au «cytomètre en flux».

Les deux scientifiques ont mis au point un test de létalité algale. Il s'agit d'un bioessai qui permet désormais de prédire dans quelle mesure un

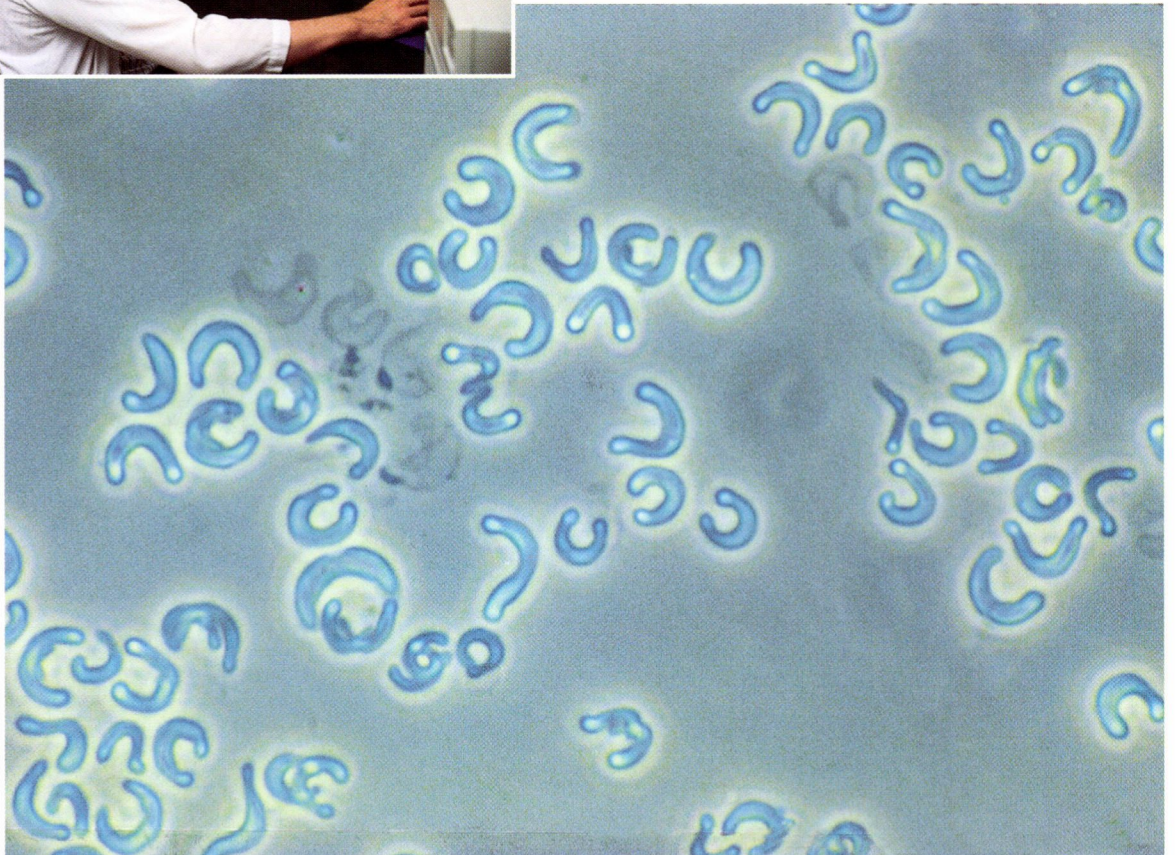
effluent industriel risque de provoquer des dommages irréversibles, c'est-à-dire de causer la mortalité des producteurs primaires. «Jusqu'à maintenant, explique Lucie Ménard, les bioessais classiques avec les algues nous disent si un effluent risque de perturber certaines fonctions cellulaires, mais ils permettent difficilement de spéculer sur la survie de ces organismes. Le test que nous avons mis au point a justement l'avantage de nous fournir rapidement l'information sur la létalité.» Ce test est un bioessai de plus pour le dépistage des substances toxiques et la mesure de leurs effets potentiels.



CENTRE SAINT-LAURENT - ANNE-MARIE PRUD'HOMME

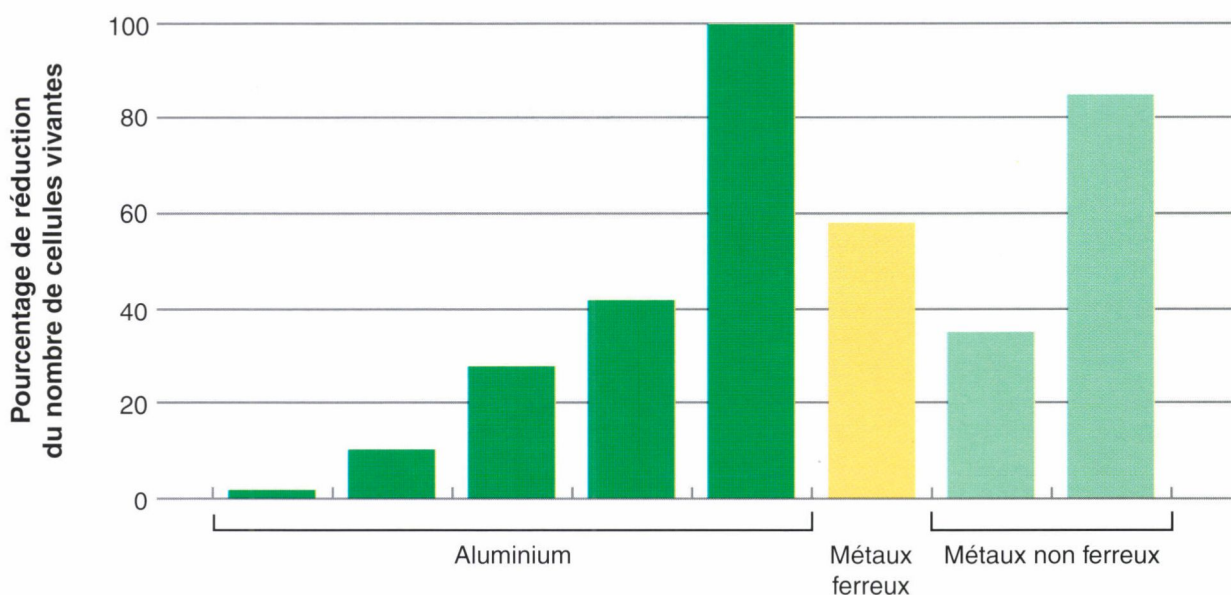
LE CYTOMÈTRE EN FLUX

Cet appareil permet d'étudier la structure et le fonctionnement des cellules normales ou qui présentent des anomalies. Le principe consiste à soumettre des cellules à un mince faisceau laser, qui renseigne rapidement sur plusieurs variables. Au Centre Saint-Laurent, l'appareil sert à dépister la toxicité d'un rejet industriel liquide dont l'effet est létal sur les micro-algues.



CENTRE SAINT-LAURENT - CHRISTIAN BLAISE

La toxicité létale d'effluents industriels peut varier grandement d'une usine à l'autre. Cette constatation est illustrée ici pour le secteur de la métallurgie.



Huit usines du secteur de la métallurgie

Toxicité létale d'effluents industriels non dilués pour l'algue verte *Selenastrum capricornutum*

Parce qu'il mesure la viabilité, le **test de létalité algale** élaboré au Centre Saint-Laurent permet d'obtenir un diagnostic beaucoup plus incisif, donc une évaluation plus prudente des risques encourus par les producteurs primaires. À l'instar des autres bioessais, le bioessai de létalité algale consiste d'abord à soumettre l'algue verte *Selenastrum capricornutum* à différentes dilutions d'un échantillon contaminé. Par la suite, la proportion d'individus morts est déterminée. Mais comment savoir si l'algue soumise à un échantillon contaminé survit ou non? Si un constat de mortalité s'établit rapidement chez un organisme comme un poisson, comment reconnaître aussi rapidement la mortalité d'une algue microscopique?

Pour y arriver, les chercheurs ont fait appel à une technologie de pointe : la cytométrie en flux.

En moins d'une minute, cette technologie permet de mesurer différentes propriétés optiques de milliers de cellules ou d'organismes unicellulaires comme *Selenastrum capricornutum*. En établissant un lien entre ces propriétés optiques et la viabilité de la cellule, les chercheurs sont parvenus à mettre au point une méthode qui permet de déterminer rapidement dans quelle mesure un liquide contaminé est potentiellement létal pour les micro-algues.

Comme les autres tests de dépistage de toxicité, le test de létalité algale a plusieurs applications potentielles, dont l'évaluation de l'efficacité de technologies ou de méthodes de traitement et d'élimination de rejets toxiques liquides.

Dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent, des échantillons d'effluents provenant des établissements industriels prioritaires ont été soumis au nouveau bioessai de létalité algale. Ce test a permis de mesurer la toxicité d'effluents industriels liquides dans des conditions contrôlées en laboratoire.

UN TRAVAIL DE MOINE POUR DÉCELER DES SUBSTANCES... PEU ORTHODOXES!

Une nouvelle stratégie analytique permet à présent de mieux déterminer la présence et le comportement dans le milieu fluvial d'un type particulier de substances toxiques : les substances génotoxiques.

Même en infimes quantités, certaines substances toxiques relâchées dans le milieu sont capables de porter atteinte au patrimoine génétique d'un individu. Ces substances chimiques sont dites génotoxiques. Ce terme résulte du couplage des mots «gène» et «toxique» et il signifie : capable d'endommager les gènes d'un individu. La Section Écotoxicologie contribue à la recherche et à la mise au point d'outils de diagnostic permettant de déceler ces substances.

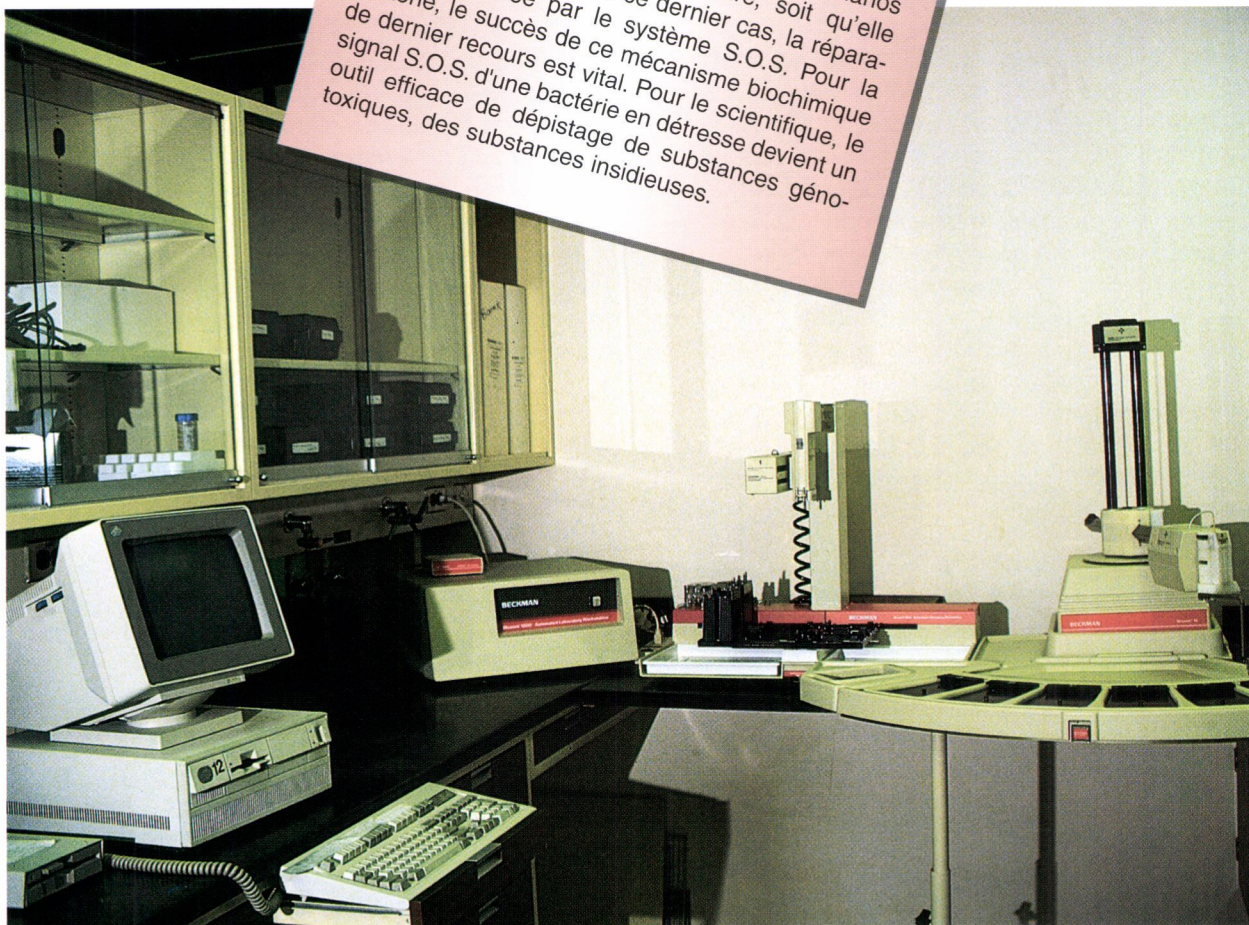
Paul White, étudiant-chercheur dans le cadre d'une collaboration entre le Centre Saint-Laurent et l'Université McGill, s'est intéressé au comportement des substances génotoxiques dans différents compartiments du fleuve. Sa démarche a consisté essentiellement à coupler deux types d'investigations, une approche

classique d'analyses chimiques et un test biologique. Ce mariage permet de révéler si un échantillon a une activité génotoxique et, si oui, d'identifier quelle «fraction» de l'échantillon est responsable de cette activité. Grâce à cette véritable autopsie de l'échantillon, le chercheur possède suffisamment de renseignements pour cibler quelle composante de l'écosystème est la plus vulnérable aux substances génotoxiques.

Matières en suspension, plantes aquatiques, poissons et autres types d'échantillons ont donc été acheminés au laboratoire du Centre Saint-Laurent au cours du Plan d'action Saint-Laurent. Sur place, le scientifique a soumis les échantillons au **S.O.S. chromotest**, un test qui révèle différents types d'altérations génétiques.

Certaines sont réversibles, c'est-à-dire réparables par l'organisme.

S.O.S. BACTÉRIE EN DÉTRESSE
Lorsqu'une bactérie se trouve en présence d'une substance «génotoxique», c'est-à-dire capable d'altérer son identité génétique, deux scénarios s'offrent à elle. Soit qu'elle meure, soit qu'elle répare les dégâts! Dans ce dernier cas, la réparation est assurée par le système S.O.S. Pour la bactérie, le succès de ce mécanisme biochimique de dernier recours est vital. Pour le scientifique, le signal S.O.S. d'une bactérie en détresse devient un outil efficace de dépistage de substances génotoxiques, des substances insidieuses.



Les résultats préliminaires obtenus sur le comportement des substances génotoxiques tendent à démontrer que les organismes d'un écosystème aquatique situé en aval d'une industrie sont bel et bien exposés aux substances génotoxiques. Une activité génotoxique a en effet été décelée non seulement dans les effluents industriels mais aussi chez les poissons et chez les invertébrés exposés. Par ailleurs, il semble que les concentrations de substances génotoxiques augmentent tout au long de la chaîne alimentaire. Par exemple, les analyses effectuées sur les espèces piscivores, tel le Grand Brochet, révèlent que ces espèces sont plus exposées aux contaminants génotoxiques que d'autres espèces d'un niveau trophique inférieur, comme la Perchaude.

«Le fait que le pouvoir génotoxique s'accroît le long de la chaîne alimentaire peut être significatif pour l'Homme, qui est placé au sommet de la chaîne», explique Paul White. Se gardant d'être

alarmiste, le chercheur conclut néanmoins à la pertinence d'inclure des outils de dépistage de ces substances dans les différents programmes de suivi environnemental.

Paul White poursuivra ses recherches afin de mieux connaître les effets potentiels des substances génotoxiques sur les organismes du fleuve qui y sont exposés. Il s'attardera, entre autres, à l'étude des effets qui se répercutent dans le milieu même lorsqu'il n'y a plus de rejets de ce type de substances, réputées insidieuses...

Les substances génotoxiques causent-elles des mutations génétiques? Ont-elles pour effet d'augmenter le taux de mutation dans la population d'organismes? L'exposition à ces substances peut-elle provoquer la formation de tumeurs? Un poisson exposé à ces substances va-t-il mourir du cancer? Les réponses à ces questions complexes sont encore inconnues.

Le test «S.O.S. chromotest» adapté à une technique analytique semi-automatisée a permis de déceler rapidement la présence de substances génotoxiques dans la majorité des échantillons d'effluents industriels. Entre autres, selon un calcul combinant le potentiel génotoxique mesuré et le volume de rejets liquides quotidiens, l'effluent municipal de la CUM, les effluents du secteur des pâtes et papiers et certains effluents du secteur de la métallurgie (sauf la fabrication de l'aluminium) ont atteint les teneurs les plus élevées.

LA NOUVELLE VAGUE DES MODÈLES RÉDUITS N'ÉPARGNE PAS LES BACTÉRIES

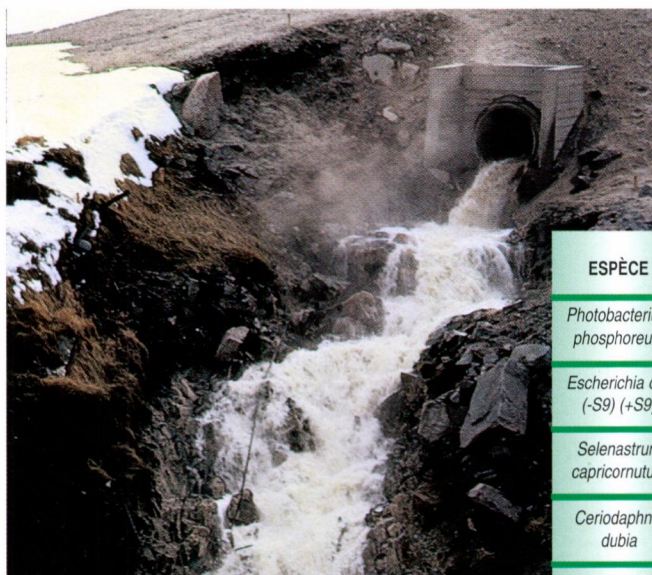
En 1975, un test de toxicité d'un nouveau genre arrive sur le marché. Le docteur Ames et son équipe ont mis au point un test de «mutagénéicité», un indicateur spécifique, capable de révéler quelles substances, parmi toutes celles issues de l'activité humaine, risquent de provoquer des mutations génétiques chez un organisme. Ce test effectué sur une bactérie a fait fureur. Sa popularité s'étend même au-delà du cercle des scientifiques puisqu'on s'en sert pour tester toutes sortes de produits, par exemple des cosmétiques. On découvre ainsi que 89 % des teintures capillaires de l'époque sont mutagènes! En alimentation, même le beurre d'arachide est pointé du doigt! Avec le temps, la couverture médiatique du test s'est estompée, mais sa crédibilité auprès des scientifiques s'est perpétuée. Le **test d'Ames** est aujourd'hui utilisé par près de 2000 laboratoires dans le monde.

Malgré sa renommée internationale, ce test demeure relativement lourd d'utilisation. Son exécution nécessite une main-d'oeuvre qualifiée et un espace de laboratoire considérable.

Pour être en mesure de l'utiliser sur une base routinière, la biologiste Chantale Côté a entrepris de le miniaturiser. Cette miniaturisation consiste essentiellement à adapter le test à une microplaque, comme cela s'est fait pour le test algal d'inhibition de croissance. «Une fois miniaturisé, dit-elle, ce test classique en toxicologie deviendra fort intéressant. Il pourrait par exemple être incorporé au BEEP, l'outil de diagnostic utilisé pour mesurer les effets écotoxiques potentiels d'effluents industriels liquides. Le BEEP ne comprend pas de tests de dépistage aussi sensibles pour les substances génotoxiques.»

BEEP!... UN COUP D'OEIL SUR LE POTENTIEL TOXIQUE DES EFFLUENTS INDUSTRIELS

Concevoir, à partir d'outils scientifiques, un outil de gestion qui permette d'évaluer et de comparer rapidement le potentiel toxique d'effluents industriels et de prioriser les actions à prendre pour réduire la pollution.



L'IMAGIER – CHRISTIAN BIBEAU

Contraint d'utiliser l'une de ces deux formules, laquelle choisiriez-vous?

Formule 1

$$E = MC^2$$

ou

Formule 2

$$B = \log_{10} \left[1 + n \left(\frac{\sum_{i=1}^k T_i}{N} \right) Q \right]$$

Malgré son aspect rébarbatif, la deuxième constituerait sûrement le meilleur choix si, bien sûr, vous vous préoccupez d'environnement! Il s'agit de la formule du BEEP, un outil qui permet, entre autres, d'évaluer et de comparer le potentiel toxique d'effluents industriels. L'attrait de cette formule réside dans le fait que son résultat s'exprime sous la forme d'une valeur unique. Cette valeur, comprise sur une échelle logarithmique entre 0 et 10, permet de déterminer rapidement la toxicité potentielle des rejets liquides d'usines. Par exemple, un indice BEEP de 0 signifie qu'aucune toxicité n'est décelée. À l'opposé, un indice de 10 signifie une très forte toxicité. Mais que retrouve-t-on dans la formule du BEEP?

CARACTÉRISTIQUES DES BIOESSAIS DU BEEP

ESPÈCE	ORGANISME	NIVEAU TROPHIQUE	NIVEAU DE TOXICITÉ	VARIABLE MESURÉE
<i>Photobacterium phosphoreum</i>	Bactérie	Décomposeur	Sublétal aigu	Inhibition de lumière
<i>Escherichia coli</i> (-S9) (+S9)	Bactérie	Décomposeur	Sublétal chronique	Génotoxicité
<i>Selenastrum capricornutum</i>	Algue	Producteur primaire	Sublétal chronique	Inhibition de croissance
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Crustacé	Consommateur primaire	Létal	Mortalité
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Crustacé	Consommateur primaire	Sublétal chronique	Inhibition de reproduction

Cet indice se compose de cinq bioessais portant sur des organismes différents tels que des bactéries, des algues et des petits crustacés. Cette diversité d'espèces à la base du BEEP en fait un outil multispécifique, c'est-à-dire capable d'obtenir des informations de toxicité à différents niveaux trophiques.

Pour déceler la présence de substances toxiques dans un rejet industriel, le BEEP tient compte de la persistance des effets toxiques notés, de l'étendue de la toxicité (le nombre d'espèces pour lesquelles l'effluent s'est avéré toxique lors des bioessais) et du débit de l'effluent. Le BEEP est donc un outil à très large spectre, qui tente de rassembler en une seule formule différents concepts écotoxicologiques de base.

Crédible, pratique et compréhensible, le **Barème d'effets écotoxiques potentiels (BEEP)** devient en somme l'outil de vulgarisation privilégié en écotoxicologie. Malgré son apparente complexité, sa formule conduit à un résultat simple qui permet d'évaluer rapidement et sans ambiguïté le potentiel toxique d'un effluent industriel pour les organismes qui y sont exposés.

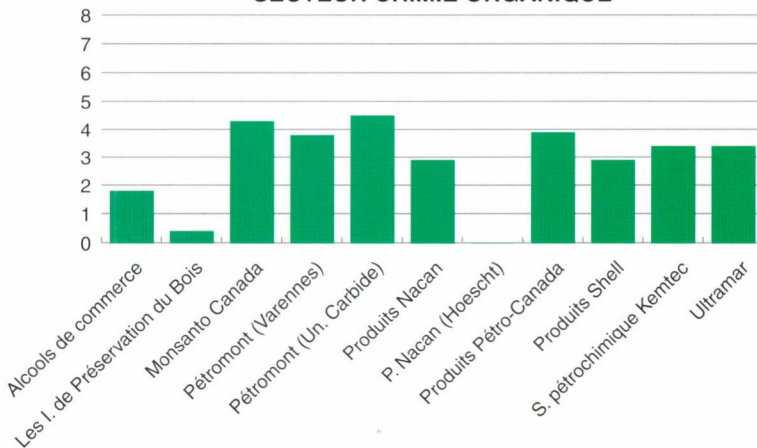
Il en va autrement de la première formule. Derrière son illusoire simplicité, elle aspire à expliquer... l'univers!

VALEURS BEEP

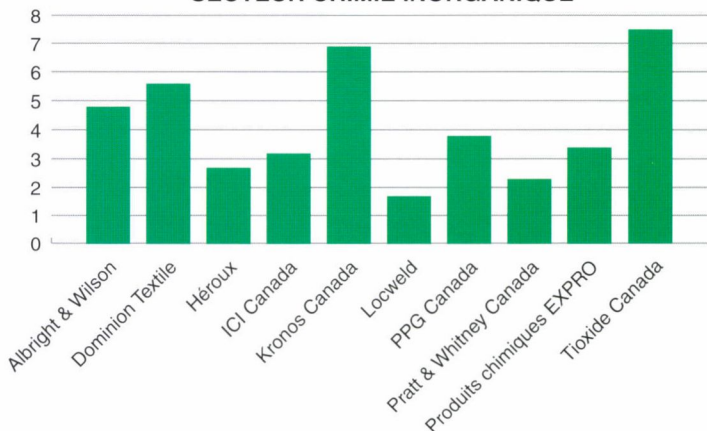
DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS PRIORITAIRES

La valeur BEEP est illustrée pour chacun des établissements industriels prioritaires du Plan d'action Saint-Laurent. L'échantillonnage des effluents industriels liquides et les analyses ont été effectués à différentes périodes de l'année, entre 1989 et 1992. Quarante-neuf établissements ont été visités sur les 50 ciblés au départ, à cause de la fermeture de l'un d'entre eux.

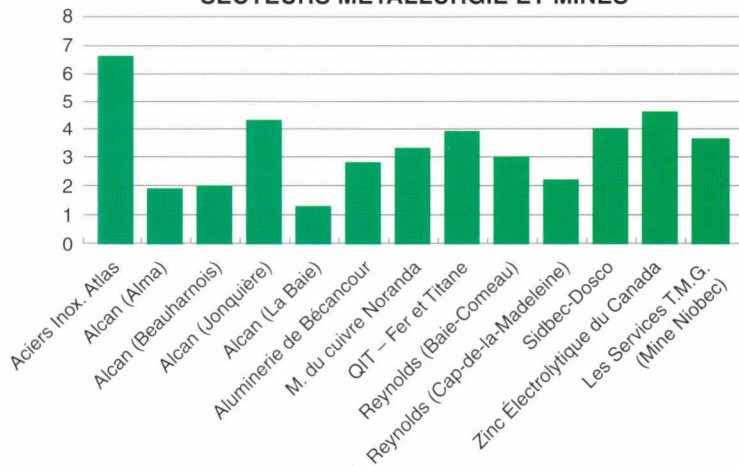
SECTEUR CHIMIE ORGANIQUE



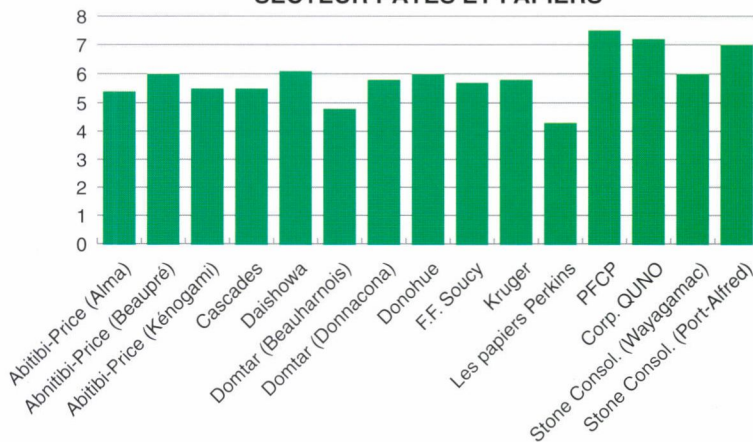
SECTEUR CHIMIE INORGANIQUE



SECTEURS MÉTALLURGIE ET MINES



SECTEUR PÂTES ET PAPIERS

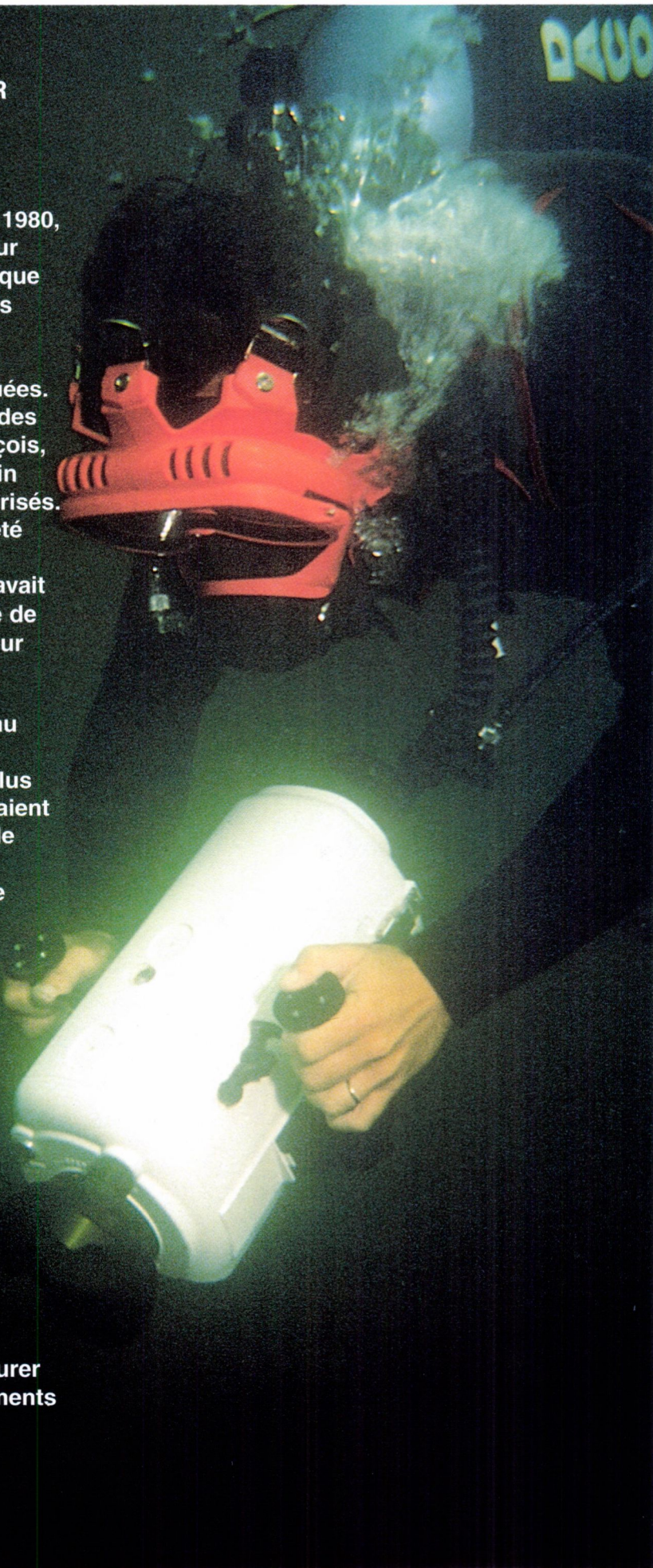


UN BEEP POUR ÉVALUER LE POTENTIEL TOXIQUE DES SÉDIMENTS

Depuis le début des années 1980, différentes études portant sur la caractérisation, la dynamique de transport et la toxicité des sédiments des principaux écosystèmes lacustres du Saint-Laurent ont été effectuées. Entre autres, les sédiments des lacs Saint-Louis, Saint-François, Saint-Pierre et du petit bassin de La Prairie ont été caractérisés. Une revue de ces études a été entreprise au cours du Plan d'action Saint-Laurent. Elle avait pour but d'évaluer la validité de différents bioessais testés sur des sédiments.

Harm Sloterdijk, chercheur au Centre Saint-Laurent, a pu identifier les bioessais les plus prometteurs, lesquels pourraient être intégrés dans un outil de synthèse. Un autre BEEP? Plutôt un concept semblable au BEEP, mais adapté à la problématique des sédiments. Cet outil permettrait de vérifier rapidement si les actions prises, telles des mesures de réduction de rejets polluants, ont des répercussions positives dans le milieu.

En matière de gestion environnementale, ce «BEEP-sédiments» serait un outil d'aide à la décision fort utile pour mesurer le potentiel toxique de sédiments dragués ou pour évaluer l'efficacité des traitements appliqués aux sédiments toxiques, par exemple.



UNITÉ MACROBIOANALYTIQUE

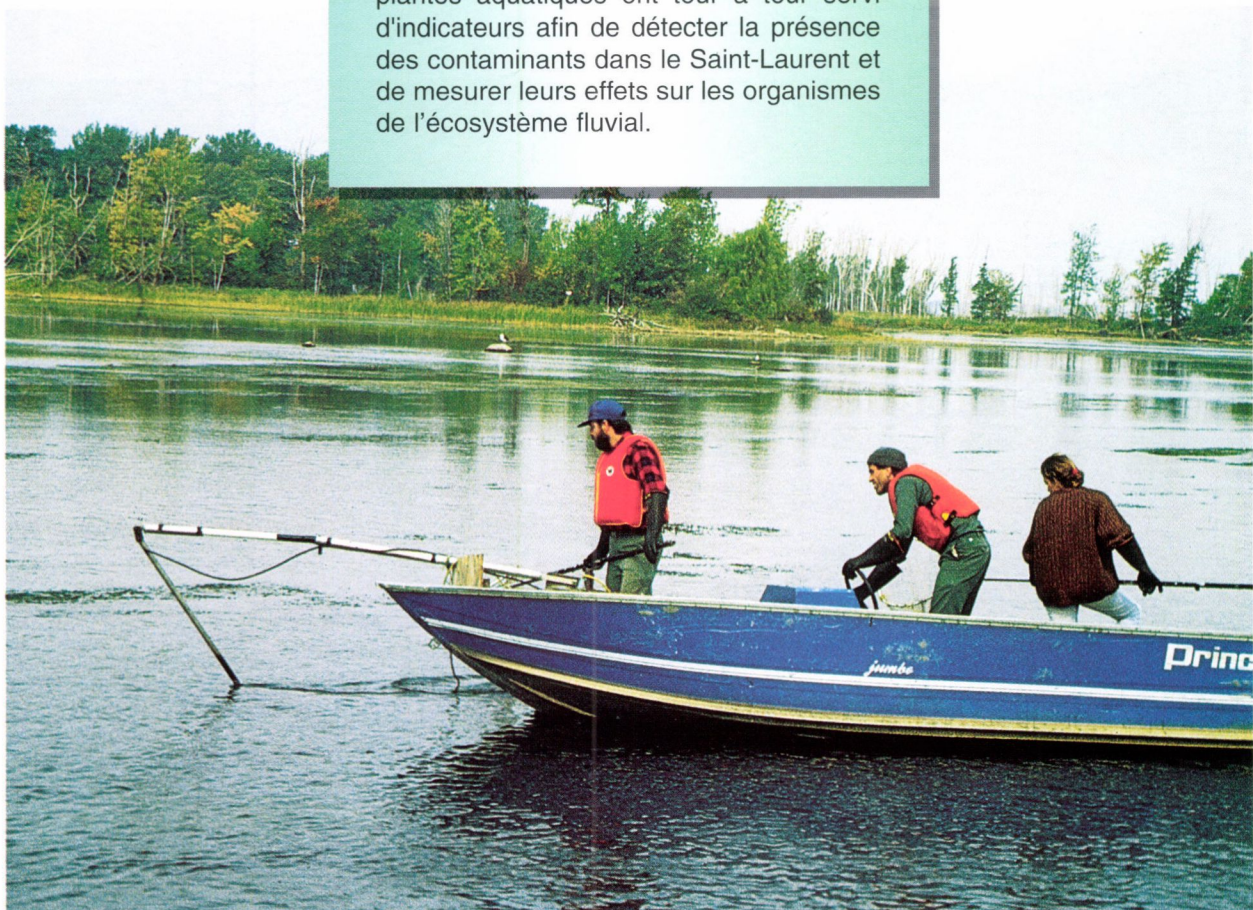
PASSER D'IN VITRO À IN SITU SANS Y PERDRE SON LATIN!

*Mettre au point des outils de diagnostic in situ et valider
l'utilisation d'outils déjà existants.*

À l'autre extrême des incursions dans l'univers de l'infiniment petit que réalise l'Unité Microbioanalytique, l'écotoxicologie entretient des visées plus larges à l'égard du milieu et de sa complexité. Ce champ de travail revient à l'Unité Macrobioanalytique. Alors que les bioessais effectués sur des organismes en laboratoire rendent compte d'effets potentiels, c'est-à-dire qui pourraient se

produire sur les organismes du milieu exposés aux contaminants, les outils *in situ* mis au point par l'Unité Macrobioanalytique tentent de se rapprocher de l'impact réel qu'exercent les polluants présents dans le fleuve sur la santé des organismes qui y vivent; un travail de longue haleine...

La sélection d'outils *in situ* ou d'indicateurs résidants du fleuve a aussi son histoire en écotoxicologie. Depuis une vingtaine d'années, poissons, gastéropodes, bivalves, plantes aquatiques ont tour à tour servi d'indicateurs afin de détecter la présence des contaminants dans le Saint-Laurent et de mesurer leurs effets sur les organismes de l'écosystème fluvial.



CENTRE SAINT-LAURENT - JACQUES BUREAU

LE MEUNIER NOIR DÉVOILE LE CARACTÈRE COMPLEXE DE SON STRESS...

Au cours des saisons 1990 et 1991, les biologistes Jacques Bureau, Anne-Marie Prud'homme et Harm Sloterdijk du Centre Saint-Laurent ont mené un projet exploratoire d'échantillonnage de poissons dans la région de Beauharnois. Le but de ce projet était de déterminer les possibilités d'application *in situ* de certains indicateurs de stress utilisés chez les poissons. Il s'agissait plus particulièrement des fameux indicateurs biochimiques : les enzymes «oxydases à fonctions multiples» (OFM) et les protéines «métallothionéines» (MT). Malgré leur appellation obscure, les OFM et les MT sont utiles en écotoxicologie car elles sont le reflet d'une exposition à des substances toxiques très variées.

Le projet d'échantillonnage des trois scientifiques a vu le jour à la suite d'une étude effectuée dans cette région par le Centre Saint-Laurent en 1989. Les résultats de cette étude avaient démontré que les mesures des deux indicateurs biochimiques chez les poissons accusaient des variations importantes d'un site à l'autre. En conséquence, leur utilisation devait faire l'objet d'un protocole

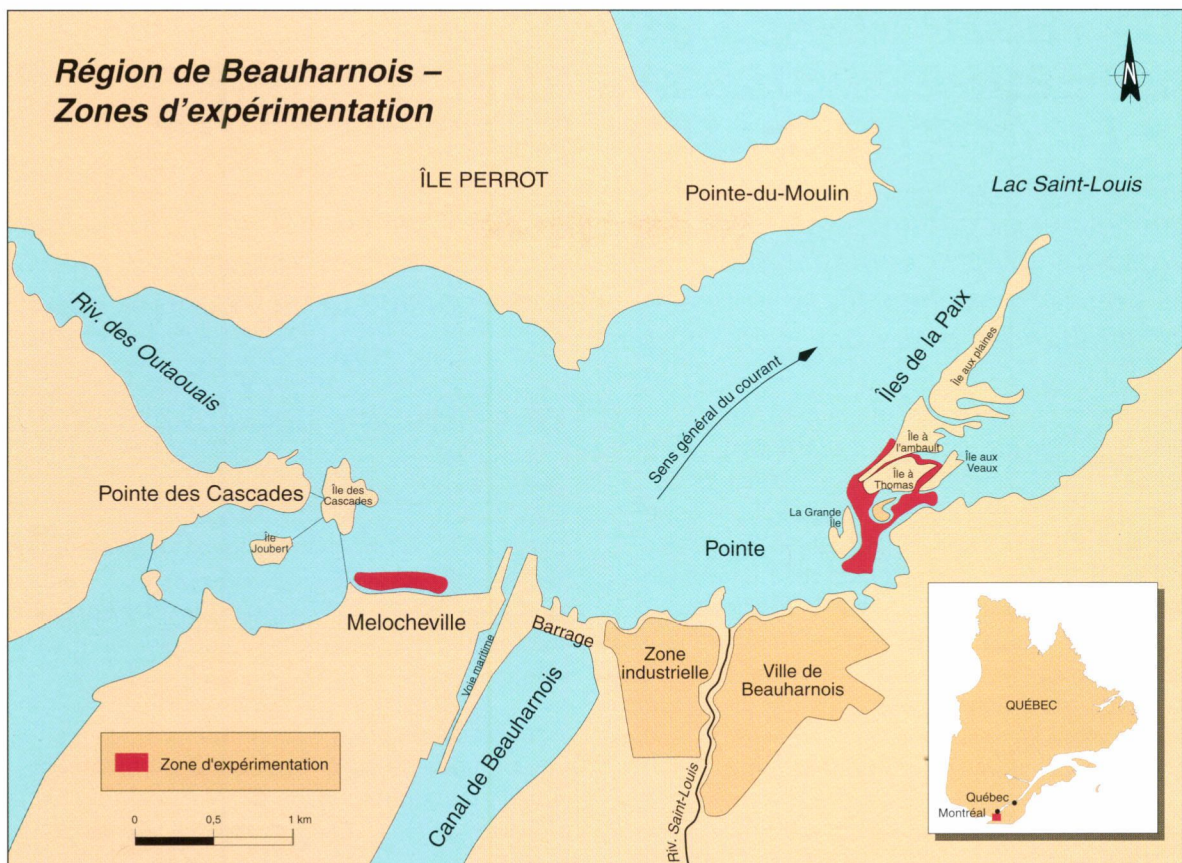
expérimental particulier. Il fallait donc chercher à préciser les conditions d'application sur le terrain qui permettent de valider les résultats; un bon défi à relever.

L'expérience aux confins d'une cage

Les scientifiques ont alors émis l'hypothèse que la difficulté d'utiliser ces indicateurs biochimiques était attribuable au déplacement des poissons dans le milieu naturel. Ainsi, la variabilité observée dans les résultats obtenus sur un poisson en un site donné pourrait très bien être le reflet des conditions d'un site différent, visité les jours précédents par ce même poisson. Afin de vérifier cette hypothèse de travail, les chercheurs ont élaboré un schéma expérimental dans lequel les déplacements des poissons ont été contrôlés.

Sur le site à Beauharnois, des Meuniers noirs indigènes ont donc été mis en cage. Pour appliquer ce cadre expérimental de confinement en





cages (de type croisé), on a capturé des poissons en amont de la zone industrielle, pour ensuite les exposer à des conditions différentes de contamination en aval, et vice versa. «Ce va-et-vient amont-aval visait à mettre en évidence l'activité des OFM et les concentrations de MT provoquées par la présence de polluants dans le milieu», explique Jacques Bureau.

Après une exposition de plusieurs jours, les poissons ont été ramenés au laboratoire pour y subir les analyses nécessaires. En plus des deux indicateurs biochimiques à l'étude, on a procédé à plusieurs mesures complémentaires : des indicateurs hormonaux (cortisol et hormones thyroïdiennes), des indicateurs hématologiques (glucose sérique et hémocrite) ou encore des mesures morphométriques (taille, sexe, poids, contenus stomacaux) ainsi que des mesures de bioaccumulation de substances toxiques persistantes dans l'environnement (métaux, pesticides

organochlorés, congénères de BPC et métabolites de HAP). Avec toutes ces informations, l'équipe de biologistes voulait mieux comprendre la dynamique des expositions écotoxiques auxquelles étaient soumis les poissons de la région.

Un protocole expérimental complexe

Les observations de l'activité enzymatique chez les poissons libres et ceux mis en cages au cours de ce projet exploratoire d'échantillonnage ont confirmé la difficulté d'application *in situ* des deux indicateurs biochimiques de stress. La complexité du protocole expérimental de confinement en cages pour obtenir des résultats fiables a permis de choisir de ne pas poursuivre dans ce domaine de recherche afin de respecter l'approche de science-action du Centre Saint-Laurent et un rapport qualité-coûts acceptable.

Un projet exploratoire d'échantillonnage de Meuniers noirs dans la région de Beauharnois a confirmé la difficulté d'utilisation in situ de deux indicateurs biochimiques de stress.

LES VERTUS DE LA JEUNESSE : DES JEUNES POISSONS RÉVÉLATEURS DE LA CONTAMINATION TOUTE RÉCENTE

L'analyse des contaminants dans la chair de poissons adultes fournit une image rétrospective de la contamination du fleuve. Cependant, en raison de la mobilité des poissons adultes, il est impossible de savoir quand et où ils ont été exposés aux substances présentes dans leurs tissus.

Pour contrer cet inconvénient, le chercheur Harm Sloterdijk proposait en 1984 une solution de rechange. Il suggérait d'utiliser les tissus de jeunes poissons de l'année. Ces poissons ont un déplacement plus limité et leur jeune âge fait en sorte qu'ils ont été exposés plus récemment aux contaminants. Il y a donc de fortes chances pour que les contaminants accumulés dans leurs tissus proviennent du secteur même où ils ont été capturés. L'utilisation de jeunes poissons pourrait alors s'avérer fort utile pour le suivi environnemental des programmes de dépollution.

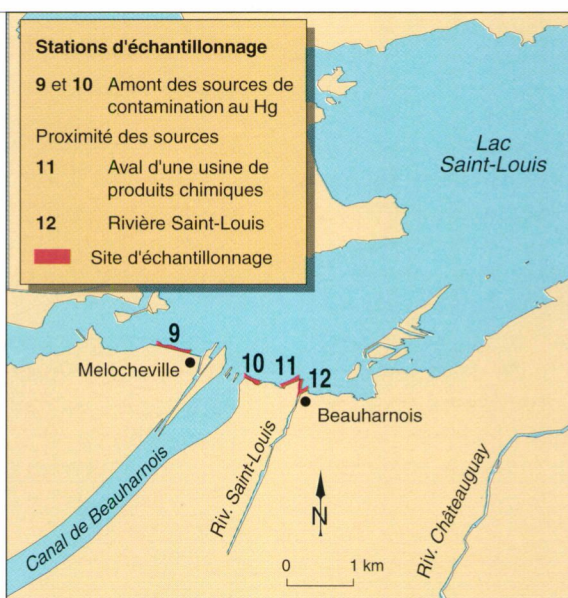
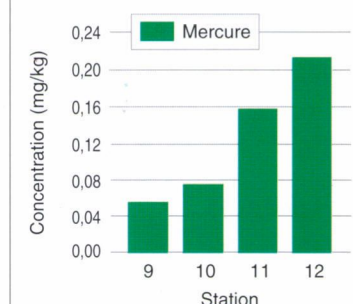
Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, le scientifique a fait une synthèse des données qu'il avait recueillies sur trois espèces de poissons (les Queues à tache noire, les Perchaudes et les Ménéés émeraudes) pendant quatre années consécutives au lac Saint-Louis et au lac Saint-Pierre. Ces deux régions en particulier – la région de Beauharnois et la région de Sorel – avaient été choisies en raison de leurs complexes industriels importants.

Des résultats concluants

Les poissons âgés de deux à quatre mois au moment de leur capture avaient accumulé diverses substances organiques et inorganiques dans leurs tissus. Cette courte période d'exposition s'est avérée suffisante pour permettre une bioaccumulation significative de plusieurs contaminants.

Les jeunes Queues à tache noire et les jeunes Perchaudes se sont révélées des indicateurs fiables de contamination de sources ponctuelles pour les BPC, le mercure et le HCB. Les concentrations retrouvées chez les poissons étudiés étaient plus élevées près de ces sources. De plus, selon les données disponibles, les jeunes poissons semblent être également de bons indicateurs dans le cas de certains métaux (le chrome et le nickel, et lorsqu'ils sont détectés, le cadmium et le plomb).

Mercure dans les homogénats de Queues à tache noire au lac Saint-Louis (1984)



Les résultats de bioaccumulation de plusieurs contaminants montrent clairement que les jeunes poissons de l'année révèlent le degré de contamination d'une zone restreinte et permettent d'identifier des sources ponctuelles de contamination.

Une étude sur les contaminants chez les jeunes Queues à tache noire et les jeunes Perchaudes a démontré que les jeunes poissons sont des indicateurs de sources ponctuelles, locales et récentes de contamination, notamment pour les PCB, le mercure et le HCB.

PROFIL DE CARRIÈRE D'UN GASTÉROPODE AMBIVALENT

Malgré son ambivalence, le candidat semble voué à une carrière prometteuse dans les sciences de l'environnement. Il s'agit de *Bithynia tentaculata*, un petit gastéropode d'eau douce, atteint d'ambivalence... alimentaire! Présent dans le Saint-Laurent, ce mollusque de quelques millimètres possède en effet la faculté de s'alimenter soit par broutage, soit par filtration. Provenant d'Europe et introduit ici vers 1870, cet organisme n'est pas seulement exotique, il est aussi fort abondant. On compte souvent plus de 5000 individus au mètre carré!

«Il est étonnant de constater que peu d'études se soient intéressées à ce gastéropode. Pourtant, son abondance et l'originalité de son adaptation alimentaire en font un candidat potentiel comme bioindicateur de milieux contaminés», explique Georges Costan, un chercheur de la Section Écotoxicologie, qui a entrepris l'étude des mécanismes d'alimentation de *Bithynia tentaculata*.

Le chercheur a terminé la phase exploratoire de ses travaux qui visait à évaluer l'importance relative des modes alimentaires et notamment

à répondre à la question : Quels facteurs (conditions naturelles ou artificielles) influencent l'adoption de l'un ou de l'autre des modes alimentaires par *Bithynia*? Les premiers résultats démontrent que lorsque la ressource est abondante et que le mollusque «a le choix» du mode alimentaire, la filtration constitue son mode préféré. Par ailleurs, en situation de stress (augmentation de la densité des organismes, compétition), *Bithynia* privilégie le broutage. La prochaine phase de l'étude portera plus spécifiquement sur la possibilité d'utiliser ce gastéropode comme bioindicateur des milieux contaminés.

Mais au-delà de l'intérêt pour la carrière éventuelle de *Bithynia tentaculata* en écotoxicologie, c'est le cadre expérimental mis en place par Georges Costan qui retient l'attention. Depuis plusieurs années, le chercheur s'intéresse à un concept particulier, le **mésocosme**, qui tente de recréer en milieu artificiel les conditions qui prévalent dans le milieu naturel. Ses travaux sur le gastéropode serviront donc également à valider cette approche.



CENTRE SAINT-LAURENT – GEORGES COSTAN

UN RAYONNEMENT INTERNATIONAL

Les problèmes environnementaux ne connaissent pas de frontières. Les chercheurs qui travaillent à leur trouver des solutions non plus! Depuis 1988, les chercheurs de la Section Écotoxicologie ont participé à des projets scientifiques d'envergure internationale et à plusieurs conférences. Ils ont aussi publié de nombreux articles scientifiques.

Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, le chercheur Harm Sloterdijk a effectué une mission en Égypte. Il était alors chargé d'implanter et d'assurer le suivi d'un réseau de surveillance de

la qualité de l'eau. Christian Blaise, pour sa part, assumait la direction d'une étude conjointe Canada-Allemagne qui avait pour but de comparer divers tests de pointe en génotoxicité. Bien sûr, outre ces activités à l'extérieur du Canada, les chercheurs de la Section ont eu avant tout des engagements au niveau régional et national, qui visaient l'atteinte des objectifs du Plan d'action Saint-Laurent. Le rayonnement outre-frontière confirme toutefois que la Section Écotoxicologie possède une expertise reconnue et jouit d'une crédibilité à l'échelle internationale.



QUELQUES CONFÉRENCES ET PRÉSENTATIONS DE PORTÉE INTERNATIONALE

JUILLET 1988 – First International Conference on Environmental Bioassay Techniques and their Application, Lancaster, Royaume-Uni

H. Sloterdijk et L. Champoux. Bioassay responses of microorganisms to sediment elutriates from the St. Lawrence River (Lake St-Louis).

OCTOBRE 1989 – 10th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Toronto, Canada

D. St-Laurent, C. Blaise, P. MacQuarrie et R. Seroggins. Comparison of the flask and microplate techniques for assessing *Selenastrum capricornutum* growth inhibition.

AOÛT 1990 – Second Biennial International Symposium on Water Quality, Viña del Mar, Chili

C. Blaise. Microbiotests in aquatic ecotoxicology.

OCTOBRE 1990 – 4th International Conference on Environmental Contamination, Barcelone, Espagne

H. Sloterdijk, C. Chauvin et J. Bureau. Biomonitoring potential of young-of-the-year forage fish in trend assessment of toxic chemicals in the aquatic environment.

MAI 1991 – 5th International Symposium on Toxicity Testing Using Microbial Systems, Kurashiki, Japon

C. Blaise. Microbiotesting appraisal of ATP and cell recovery toxicity end points after acute exposure of *Selenastrum capricornutum* to selected chemicals.

NOVEMBRE 1991 – 12th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Seattle, États-Unis

N. Bermingham et G. Costan. Towards a more comprehensive use of bioanalytical tools for industrial effluent control.

J. Bureau, A.-M. Prud'homme et P. Vasseur. Relative MFO activities in caged White Suckers exposed to industrial effluents in the St. Lawrence River.

FÉVRIER 1992 – International Conference on Protection and Development of the Nile and Other Major Rivers, Le Caire, Égypte

A. El Sherbini, M. El-Moattassem et H. Sloterdijk. Water quality condition of the River Nile.

H. Sloterdijk et J. Bureau. Biomonitoring potential of young-of-the-year forage fish in trend assessment of toxic chemicals in the aquatic environment.

MAI 1992 – 2nd European Conference on Ecotoxicology, Amsterdam, Pays-Bas

A.-M. Prud'homme, J. Bureau et H. Sloterdijk. Effect of storage conditions of White Sucker liver on some MFO activity and metallothionein concentration.

JUN 1992 – 13th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Postdam, Allemagne

G. Costan, N. Bermingham, C. Blaise et J.-F. Féraud. Potential ecotoxic effects probe (PEEP): A novel index to assess and compare the toxic potential of industrial effluents.

AVRIL 1993 – 24th Annual Meeting of the Environmental Mutagen Society, Norfolk, Virginia, États-Unis

P. A. White, J. B. Rasmussen et C. Blaise. The presence and distribution of genotoxicants in aquatic biota collected downstream from large industries: Poster material.

NOVEMBRE 1993 – First International World Congress on the Use of Alternatives for Animals and Toxicity Testing, Baltimore, États-Unis

F. Gagné et C. Blaise. A Rainbow Trout hepatocyte model as an alternative to evaluate the toxicity of industrial effluents to fish.

LA SECTION

*ÉVALUATION
DES ÉCOSYSTÈMES*



TABLE DES MATIÈRES

LA SECTION ÉVALUATION DES ÉCOSYSTÈMES

page

- 55** UNE VISION GLOBALE DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT
- 58** UNE CASSE-PIEDS DE LA CASPIENNE, AUSSI ZÉLÉE QUE ZÉBRÉE!
- 60** LES POISSONS D'ÂGE MÛR : CES VÉTÉRANS BIEN CONNUS SE PRÉTENT ENCORE À L'EXPÉRIENCE!
- 62** LAISSONS PARLER LES ENZYMES...
- 64** PREMIÈRE REVUE-SYNTHÈSE DES MALADIES DES POISSONS DU FLEUVE
- 66** L'ICI : LE DOW JONES DU SAINT-LAURENT!
- 68** LA CONTAMINATION : UN PROBLÈME «DE TAILLE»
- 69** LES INDICATEURS : LE TOUT VAUT PLUS QUE LA SOMME DES PARTIES
- 70** DES CONNAISSANCES DE PORTÉE INTERNATIONALE



CENTRE SAINT-LAURENT – ALEX GRECOFF

Sélectionner et valider une batterie d'indicateurs qui reflètent les modifications apportées à la qualité des écosystèmes du Saint-Laurent – à la suite d'un stress chimique ou d'un stress biologique – et permettent un suivi de son évolution.

UNE VISION GLOBALE DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT

Les interventions environnementales qui, pour des raisons pratiques ou économiques, sont souvent locales ou limitées au «bout du tuyau» ont-elles en fin de compte des répercussions bénéfiques à plus grande échelle? C'est pour répondre à cette question qu'à l'origine du Plan d'action Saint-Laurent, la Section Évaluation des écosystèmes a été mise sur pied. Son mandat : élaborer une démarche et des moyens permettant de s'éloigner du bout du tuyau afin de prendre le pouls du fleuve.

Idéalement, les intervenants devraient posséder un seul et unique outil d'évaluation environnementale. Ce «superindicateur», simple à utiliser, saurait établir un diagnostic sûr concernant l'état général du fleuve. En somme, il pourrait indiquer comment se porte le fleuve. Mais un tel outil n'existe pas! Compte tenu de la dynamique particulière du Saint-Laurent, de sa diversité biologique et de ses nombreux impondérables, aucun

outil ne peut intégrer à lui seul le caractère complexe, changeant et imprévisible du fleuve.

Sélectionner, adapter et valider une gamme d'outils d'évaluation aptes à rendre compte de l'état du Saint-Laurent à plusieurs niveaux, c'est à cela que les scientifiques du Centre Saint-Laurent ont consacré leur énergie. En bout de ligne, c'est la somme d'outils spécifiques, sectoriels et quantitatifs qui permet d'obtenir une vision globale et qualitative : une notion avec laquelle composent au quotidien les chercheurs de la Section Évaluation des écosystèmes.

Grâce à cette approche globale et au suivi périodique, il sera possible de connaître quelles sont les répercussions, à l'échelle du fleuve, des interventions locales en matière de dépollution et de prévention. En gestion environnementale, c'est cela s'éloigner du bout du tuyau!

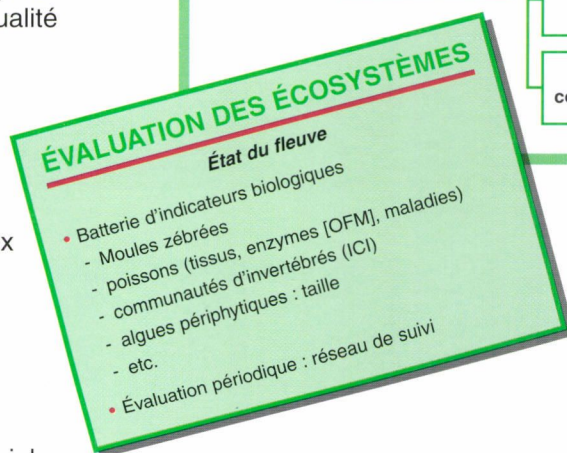
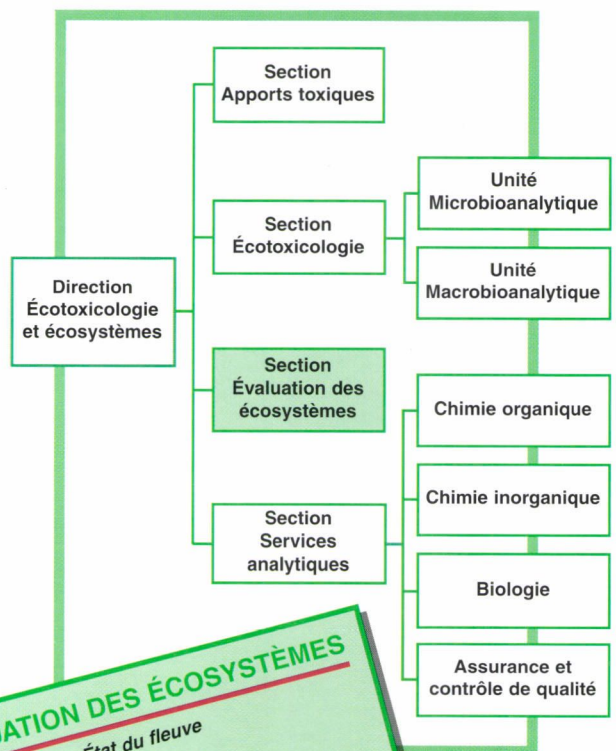
L'équipe scientifique : une bande d'«écologues»

Les scientifiques de la Section Évaluation des écosystèmes n'ont pas peur de se mouiller dans le Saint-Laurent! Spécialistes des poissons, du benthos ou du plancton, ces biologistes trempent régulièrement dans les milieux où se développent leurs organismes préférés. Durant le Plan d'action Saint-Laurent, ils ont puisé à même le fleuve des poissons adultes, des algues, des Moules zébrées...

Pourquoi mettre l'accent sur la biologie?

«De cette façon, il est possible d'en savoir plus sur la condition des organismes et sur la qualité du milieu aquatique», explique Yves de Lafontaine, responsable de la Section. Les organismes aquatiques sont depuis longtemps reconnus, entre autres, comme des intégrateurs de la contamination. «Ce qui est nouveau, c'est que l'on mène simultanément un aussi grand nombre de travaux afin de sélectionner différents organismes. Notre but est de trouver des indicateurs judicieux qui reflètent bien l'état général du Saint-Laurent ou la condition d'un secteur particulier», ajoute le chercheur.

Les scientifiques mettent l'emphase sur la biologie pour approfondir leurs connaissances de la condition du fleuve liée à la contamination, mais également à l'introduction d'espèces étrangères, telle la Moule zébrée. Ce petit mollusque est réputé pour modifier le milieu où il se multiplie;



il est important d'en suivre la «colonisation» et par la suite, d'évaluer son effet sur la diversité biologique du fleuve. Avec ce mandat, on peut dire que l'équipe d'«écologues» n'a pas fini de tremper dans le réseau... du Saint-Laurent!



CENTRE SAINT-LAURENT – JACQUES BUREAU

Gymnastique scientifique pour couvrir les multiples facettes d'un fleuve convoité

Lever le voile sur l'état du Saint-Laurent n'est pas une mince tâche. «Les gestionnaires de l'environnement nous font part de plusieurs préoccupations qui nécessitent différents outils d'évaluation», rapporte Yves de Lafontaine.

«Pour certains, précise le chercheur, nous devons mettre au point des outils afin de bien cerner les impacts locaux de la contamination, celle causée par les rejets d'eaux usées des industries, par exemple. Pour d'autres, nous devons développer des outils très différents car ce sont les effets à l'échelle du fleuve et à plus long terme qui les intéressent.» On veut répondre à des questions comme : Quel est l'état de santé du fleuve? Sa condition s'améliore-t-elle avec le temps? Y aura-t-il encore longtemps des restrictions à la consommation de poissons pêchés dans les lacs du fleuve?

Dans ce contexte, les scientifiques spécialisés dans l'évaluation des écosystèmes ont donc misé sur les deux tableaux, local et global. Ils ont exploré trois types d'indicateurs (des agents stressants, des indicateurs d'exposition, des indicateurs d'effets) et une diversité d'organismes. Pour ces scientifiques, les efforts déployés prennent tout leur sens dans la perspective d'un **réseau de suivi** des écosystèmes du Saint-Laurent. Une histoire à suivre...

LE RÉSEAU DE SUIVI

UNE HISTOIRE À SUIVRE...

L'utilisation de plusieurs indicateurs permet de dresser un portrait du fleuve. En vérifiant les réponses fournies par ces indicateurs de façon périodique, on opère un réseau de suivi qui nous donne les informations précises sur l'état de santé du fleuve.

Ce réseau de suivi, dont l'instauration est déjà amorcée, a l'avantage de produire des données à long terme. Grâce à ces informations, il est plus facile d'interpréter tous les types de changements affectant l'évolution du fleuve. «Ceci nous permet de faire une évaluation régulière de la condition du fleuve, de suivre son évolution, de prévenir des problèmes et de déceler des tendances. En somme, le suivi nous indique de façon tangible s'il y a des batailles qui se gagnent, des signes d'amélioration», explique Yves de Lafontaine.

LES TROIS TYPES D'INDICATEURS

AGENT STRESSEUR

Il désigne, comme son nom l'indique, tout facteur pouvant causer un stress à l'écosystème. Par exemple, l'apport de contaminants en provenance d'une industrie ou du milieu agricole, l'invasion d'espèces exotiques (comme la Moule zébrée) ou le dragage des sédiments lors de la construction et de l'entretien de la voie maritime sont tous des agents stressants.

INDICATEUR D'EXPOSITION

Il est une manifestation évidente qu'une composante de l'écosystème a été soumise à un stress. Ainsi, la concentration de contaminants trouvée dans un poisson ou dans les sédiments révèle une exposition aux contaminants. Cependant, elle n'indique d'aucune façon si ce poisson en est pour autant «incommodé», ni les effets que peuvent avoir les sédiments contaminés sur l'écosystème.

INDICATEUR D'EFFETS

Il révèle les perturbations réelles subies par l'écosystème à la suite d'un stress. Le déclin d'une population de poissons et les maladies, entre autres, sont des indicateurs d'effets.

AGENT STRESSEUR

UNE CASSE-PIEDS DE LA CASPIENNE, AUSSI ZÉLÉE QUE ZÉBRÉE!

Au milieu des années 1980, un navire en provenance de la mer Caspienne décharge ses eaux de ballast dans les Grands Lacs. C'est le début d'une invasion : celle de la Moule zébrée, répandue depuis des siècles dans les cours d'eau d'Europe mais inconnue ici. Ce n'est qu'à partir de 1988 qu'on observe sa présence dans les Grands Lacs. Cependant, comme les moules recueillies étaient âgées de trois ans, on estime que leur arrivée remonte à 1985.

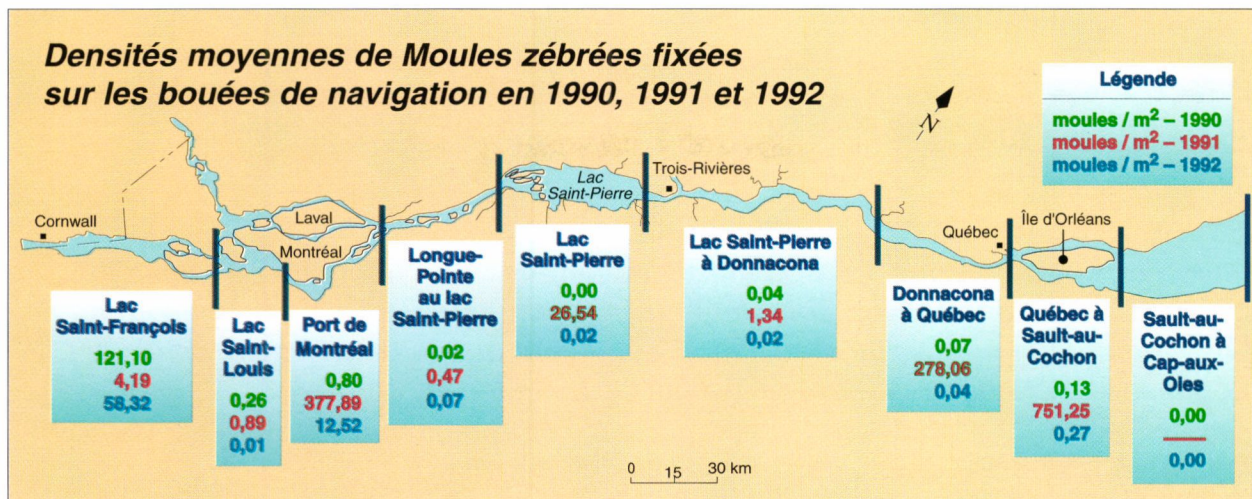
Démontrer l'ampleur de la colonisation par la Moule zébrée entre Cornwall et Québec et identifier des zones à risque.

À l'instar des autres espèces exotiques nouvellement introduites, la Moule zébrée rencontre peu de prédateurs naturels. Elle se propage de façon accélérée dans l'écosystème aquatique. Par exemple, au Port de Bécancour, les densités sont passées de 20 moules au mètre carré en 1991 à plus de 1500, en moyenne, en 1992. Comme bien des espèces exotiques, la Moule zébrée modifie son milieu de vie en filtrant l'eau et en retirant le plancton qui nourrit d'autres espèces animales. Elle affecte ainsi la chaîne alimentaire.

La propagation de la Moule zébrée se répercute aussi sur les activités humaines. Les larves minuscules de cette moule (environ 80 micromètres) peuvent circuler librement, s'infiltrer à travers les grillages les plus fins et s'y fixer. «Leurs coquilles restent fixées même quand elles sont mortes», souligne Louise Lapierre, biologiste. «Les moules peuvent s'accumuler et boucher les prises d'eau des industries et des municipalités établies sur les rives du fleuve, couvrir la coque des embarcations, bloquer les systèmes de refroidissement des moteurs, etc.»



Dreissena polymorpha, la Moule zébrée, a une coquille brune rayée de blanc et de beige. Ce petit mollusque non comestible est très prolifique : chaque femelle pond entre 30 000 et 40 000 oeufs par année, dès que la température de l'eau atteint 12 °C. La Moule zébrée ne survit pas en eau salée.



Une véritable autoroute de Moules zébrées

Dès 1990, une équipe a fait l'inventaire des moules présentes sur les bouées de navigation, du lac Saint-François jusqu'à Cap-aux-Oies. Comme les bouées de navigation sont retirées de l'eau chaque hiver, elles fournissent de l'information sur la colonisation annuelle des moules. Déjà, on trouve des Moules zébrées partout dans le fleuve, en particulier près de Québec. La découverte d'une telle communauté surprend les chercheurs qui refont le même inventaire en 1991. Ils constatent alors qu'entre Québec et Sault-au-Cochon, les densités trouvées sont 5000 fois plus élevées qu'en 1990!

En 1992, les densités enregistrées sont moins fortes ou sont égales à celles des années précédentes. Ce ralentissement serait dû à la température anormalement froide qui a sévi cet été-là (température qui a raccourci la période de croissance) et aux débits particulièrement élevés du fleuve cette même année.

En matière de Moules zébrées, le Centre Saint-Laurent détient maintenant une compétence indéniable, confirmée par les nombreuses conférences et entrevues données sur ce sujet. De plus, les scientifiques du Centre Saint-Laurent ont été les premiers à mentionner en octobre 1992 la présence dans le fleuve de la Moule Quagga, une autre espèce exotique.

Les prochaines étapes du travail sur la Moule zébrée aborderont davantage les effets des moules sur les écosystèmes du fleuve et la possibilité d'utiliser ces petits mollusques comme indicateur d'exposition aux contaminants.

INDICATEUR D'EXPOSITION

COHABITER AVEC LA MOULE ZÉBRÉE : FAIRE CONTRE MAUVAISE FORTUNE, BON COEUR...

Si on ne peut se débarrasser des Moules zébrées, pourquoi ne pas s'en faire des alliées? « Ces moules, tout comme les moules indigènes, pourraient devenir un indicateur rapide de la présence de contaminants près des sources ponctuelles de pollution, indique Yves de Lafontaine. Elles filtrent d'énormes quantités d'eau et accumulent les contaminants ambiants comme les BPC, le DDT, le mercure et le cadmium. Les moules indigènes se font de plus en plus rares dans le Saint-Laurent et il devient difficile d'en prélever quelques centaines pour fins d'examen. »

En 1991, les densités de Moules zébrées ont augmenté dans le fleuve, d'amont en aval. En 1992, on a noté une baisse des densités, imputable aux facteurs climatiques défavorables à la croissance de ces mollusques.

INDICATEUR D'EXPOSITION

LES POISSONS D'ÂGE MÛR : CES VÉTÉRANS BIEN CONNUS SE PRÊTENT ENCORE À L'EXPÉRIENCE!

La logique voudrait que, compte tenu de l'ampleur des rejets d'eaux usées provenant de Montréal, les poissons qui vivent au lac Saint-Pierre, en aval de l'île, soient plus contaminés que ceux qui vivent au lac Saint-Louis, en amont. Logiciens et biologistes n'ont qu'à bien se tenir, il n'en est rien!

Utiliser les poissons adultes comme indicateurs de la bioaccumulation de contaminants afin de mettre en évidence la variation de la contamination à long terme dans le fleuve.

Une étude de la contamination chez la Perchaude, le Meunier noir, l'Esturgeon jaune, le Grand Brochet et le Doré jaune a démontré que les individus de ces espèces vivant en amont de Montréal sont plus contaminés, par certaines substances, que ceux vivant en aval.

En effet, les résultats d'analyses de contaminants effectuées sur les muscles et le foie de poissons adultes capturés en septembre et novembre 1989 montrent que les individus du secteur du lac Saint-Pierre présentent les plus faibles concentrations et que ceux du lac Saint-Louis révèlent les teneurs les plus fortes. Quant aux poissons du lac Saint-François, ils montrent une contamination relative moyenne. Le monde à l'envers?

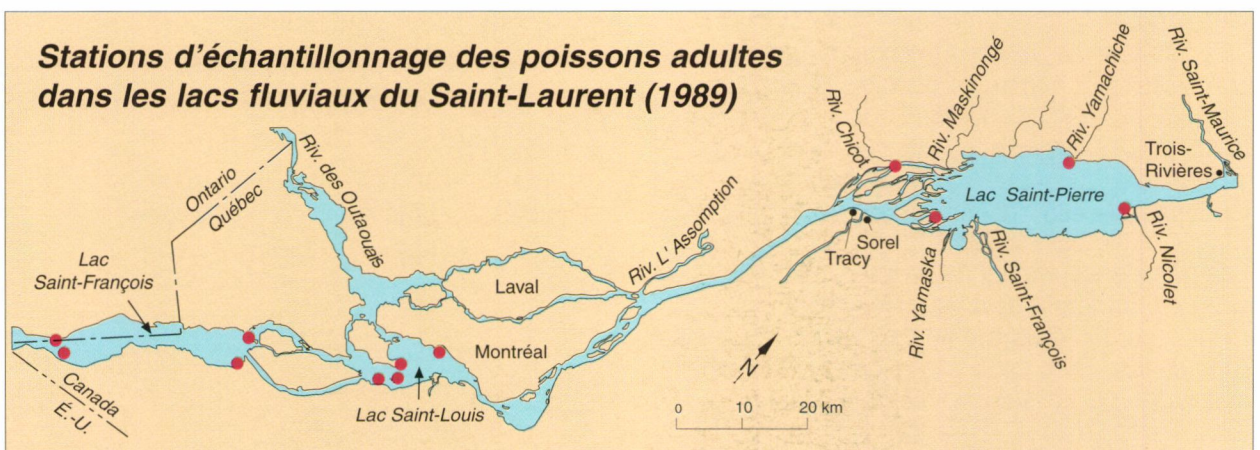
«Pas nécessairement, croit Yves de Lafontaine. Ce patron de contamination n'est pas typique, mais cela ne doit pas nous étonner. Il est normal que le secteur fortement industrialisé du lac Saint-Louis affiche les concentrations les plus

élevées et brouille en quelque sorte la contamination en provenance des Grands Lacs.»

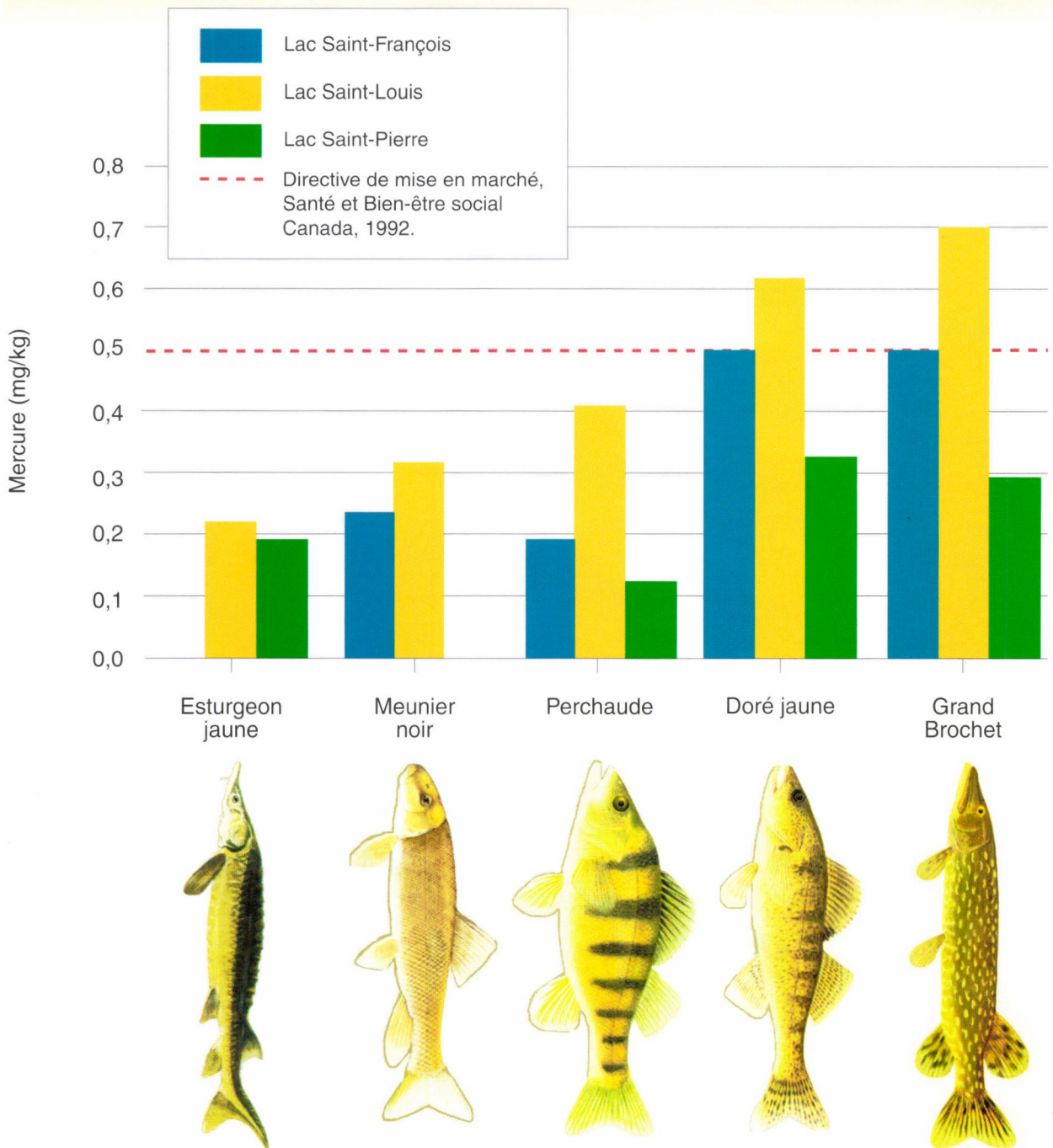
C'est pour s'assurer d'un relatif isolement des populations de poissons que l'on a choisi d'effectuer des prélèvements dans les trois lacs fluviaux du Saint-Laurent. Des barrières physiques et semi-naturelles (barrages, rapides, etc.) rendent très difficile le déplacement des poissons d'un lac à l'autre.

Au total, 58 contaminants ont été analysés. Les espèces affichant les concentrations de contaminants les plus significatives sont le Doré jaune et le Grand Brochet, des poissons carnivores.

L'étude a modifié notre perception générale du patron de contamination du fleuve. L'utilisation des poissons adultes comme indicateur de bioaccumulation de contaminants pourra, en outre, faciliter le choix des secteurs à prioriser en matière de prévention de la pollution.



Cinq espèces de poissons capturés au lac Saint-Pierre présentait des concentrations plus faibles, pour les mêmes contaminants, que ceux capturés au lac Saint-Louis.



Remarque. – Poissons reproduits d'illustrations appartenant à l'Aquarium du Québec.

Concentrations de mercure chez les poissons des lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre (1989)

INDICATEUR D'EXPOSITION

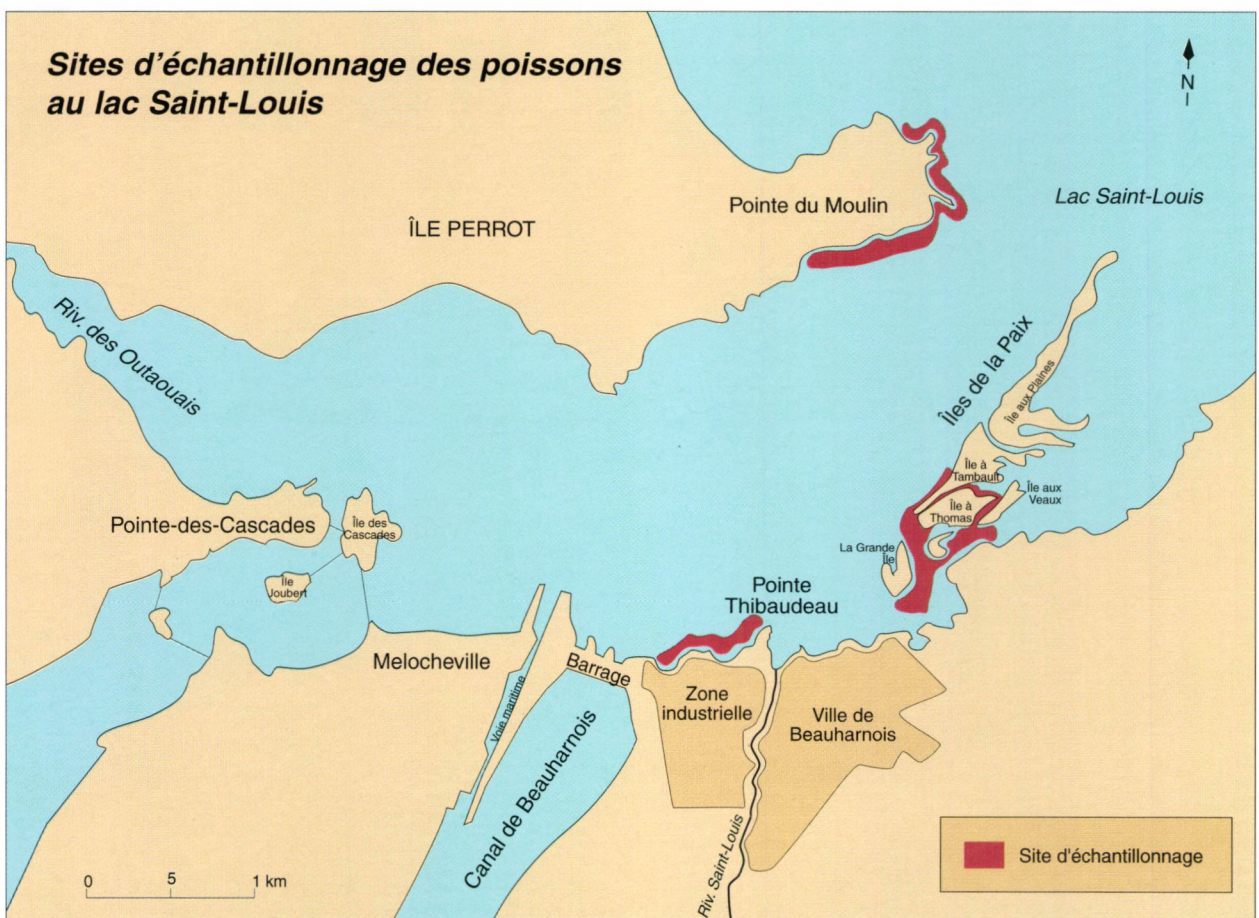
LAISSONS PARLER LES ENZYMES...

Une étude faite par des chercheurs des Sections Évaluation des écosystèmes et Écotoxicologie a permis de vérifier si un indicateur biochimique de type oxydases à fonctions multiples (OFM) décelé chez des poissons révélait la présence de substances toxiques dans le milieu.

Vérifier la possibilité d'utiliser un indicateur biochimique en milieu naturel comme indicateur de la pollution.

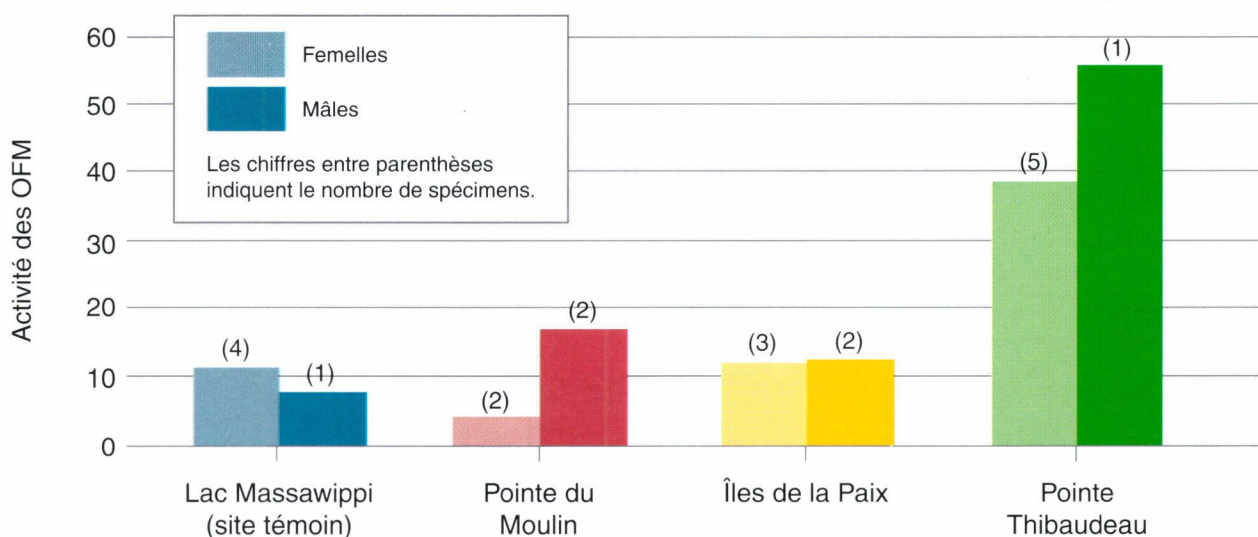
Qu'est-ce qu'un indicateur biochimique de type OFM? Les OFM sont des enzymes qui servent à transformer des substances étrangères à l'organisme dans le but de faciliter leur élimination. Puisque ces enzymes s'activent en présence de substances organiques, elles sont particulièrement actives au niveau du foie du poisson. Pour en découvrir davantage, il fallait donc capturer un poisson dans le fleuve et analyser son foie!

Les biologistes Martin Lèveillé, Chantal Ménard, Jacques Bureau et Anne-Marie Prud'homme se sont attardés à évaluer la réponse de cet indicateur chez trois espèces de poissons, en fonction des secteurs contaminés et des saisons. Le projet a été réalisé au lac Saint-Louis, et des échantillonnages ont également été effectués au lac Massawipi, un site-témoin représentatif d'un secteur non contaminé.



L'activité biochimique des enzymes OFM observée dans les cellules d'un poisson est un indicateur potentiel d'exposition à des substances toxiques. Cet indicateur comporte certaines difficultés d'application à grande échelle.

Au lac Saint-Louis, on a noté qu'à la pointe Thibaudeau, située près d'une zone industrielle, les valeurs de l'activité des OFM chez le Grand Brochet étaient beaucoup plus élevées.



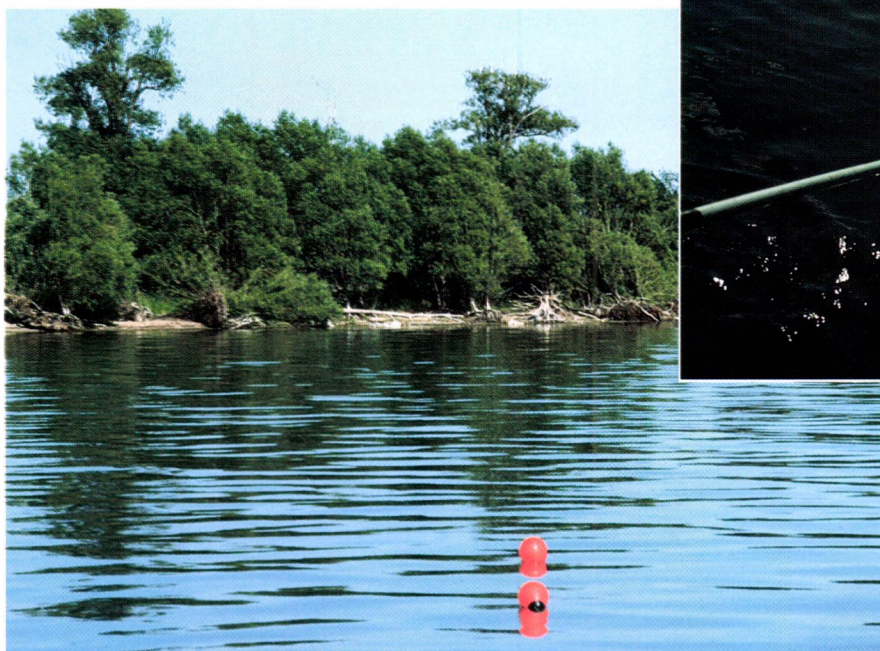
Valeurs moyennes de l'activité des OFM chez le Grand Brochet échantillonné les 14 et 15 septembre 1990

Parmi les trois espèces de poissons étudiées en 1990, le Meunier noir et le Grand Brochet sont celles qui se sont avérées les plus aptes à jouer le rôle d'indicateur. La relation entre la contamination du milieu et l'activité des enzymes OFM observée chez ces deux espèces a été significative en plusieurs endroits, ce qui n'a pas été le cas pour la Perchaude.

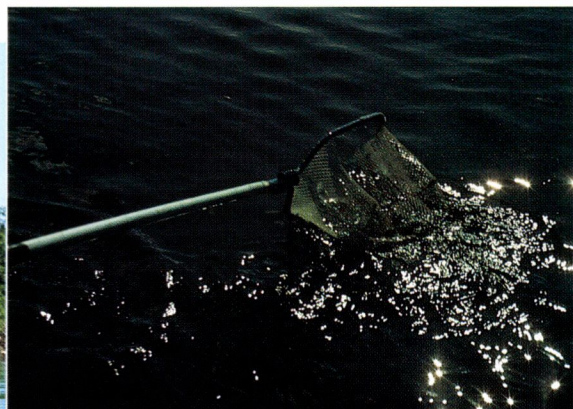
L'équipe de recherche a démontré que l'indicateur biochimique de type OFM pouvait être d'une grande utilité. «Il faut cependant noter que l'utilisation de ce genre d'indicateur en est à ses débuts dans le Saint-Laurent, précise Chantal Ménard. Avant de songer à l'appliquer à une plus grande échelle, il faut encore accumuler de l'information sur les facteurs qui peuvent faire varier la réponse.» Le hic dans cette histoire, c'est que la

production d'OFM chez le poisson n'est pas nécessairement due à la présence de contaminants! Le développement des gonades ou la synthèse d'hormones, d'acides gras et de vitamines peuvent également en être responsables. De plus, l'activité enzymatique varie en fonction des espèces et en fonction de l'âge chez une même espèce.

C'est d'ailleurs en voulant vérifier la stabilité de l'induction d'OFM au cours de trois saisons que les chercheurs ont observé une production étonnamment élevée chez les individus mâles des trois espèces capturées en automne. Cet écart important restant inexpliqué, les scientifiques ont concentré leurs efforts sur les résultats des prélèvements du printemps et de l'été.



CENTRE SAINT-LAURENT – ANNE-MARIE PRUD'HOMME



CENTRE SAINT-LAURENT – JACQUES BUREAU

La pêche électrique est une technique très efficace en zone littorale peu profonde. Au contact d'un champ électrique, les poissons sont paralysés, attirés à la surface et recueillis à l'aide d'une épuisette.

INDICATEUR D'EFFETS

PREMIÈRE REVUE-SYNTHESE DES MALADIES DES POISSONS DU FLEUVE

Louise Lapierre, du Centre Saint-Laurent, Lucie Dutil, de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal, et Catherine Couillard, de l'Institut Maurice-Lamontagne de Pêches et Océans, ont fait le point sur nos connaissances des maladies chez les poissons. Pour cela, elles sont allées à la pêche... aux archives!

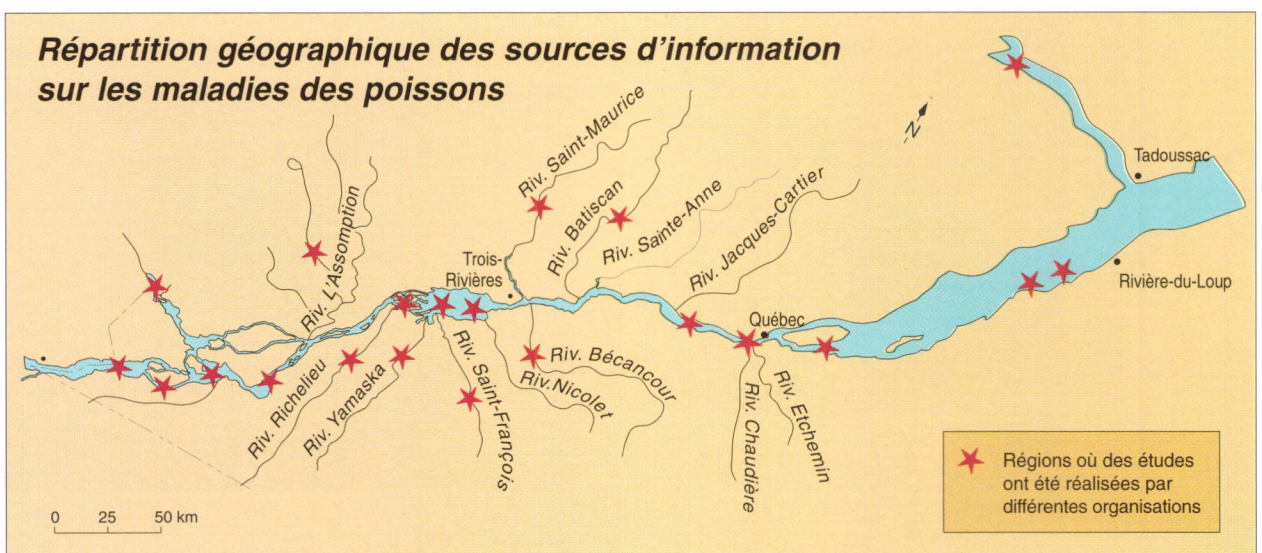
Effectuer une synthèse des données existantes sur les maladies des poissons du fleuve et de ses tributaires.

Elles ont d'abord ratissé les banques de données puis communiqué avec les partenaires du Plan d'action Saint-Laurent, les consultants, les universités, divers ministères ainsi que d'autres organismes comme Hydro-Québec. Leur compilation regroupe toutes les observations faites entre 1971 et 1992 sur les maladies des poissons du fleuve et de ses tributaires.

Vingt-six études ont été retenues. «L'information est rare», explique Louise Lapierre. «Beaucoup d'observations comportent de sérieuses lacunes : descriptions imprécises, manque d'information sur le milieu, absence d'une méthode scientifique d'échantillonnage, traitement incomplet des données, etc. L'observation de quelques poissons malades ne suffit pas pour établir qu'il y a un problème majeur!», précise la biologiste.

Toutefois, même partielles, les informations recueillies entre 1987 et 1990 ont permis d'identifier des zones préoccupantes.

Ainsi, selon des données obtenues en 1989, dans les lacs Saint-Pierre et Saint-François, au moins 10 % des Meuniers noirs souffraient de papillomes labiaux (tumeurs bénignes de la peau ou d'une muqueuse). En 1990, à divers sites de la rivière Saint-François, de 12 à 40 % des Meuniers noirs observés présentaient des masses anormales de nature indéterminée tandis que dans la rivière Bécancour, cette proportion atteignait 31 %. Des échantillonnages dans la rivière L'Assomption en 1989 ont révélé que de 5 à 10 % des Ménés jaunes et des Esturgeons jaunes souffraient de malformations. Dans la rivière Richelieu, 7 % des Têtes-de-boule observées en 1987 montraient aussi des malformations.



La Section a effectué en collaboration une étude de toutes les observations faites entre 1971 et 1992 sur les maladies des poissons du Saint-Laurent et de ses tributaires. Des informations recueillies entre 1987 et 1990 ont permis d'identifier des zones préoccupantes.

Un centre de référence pathologique pour examiner les spécimens suspects

L'étude recommande, entre autres, la mise sur pied d'un centre de référence sur la pathologie des poissons. Ce centre pourrait recevoir des spécimens, poser des diagnostics, coordonner, rassembler et uniformiser la collecte d'informations. On suggère aussi de préparer un «guide de terrain» à l'usage de ceux qui observent les poissons et d'initier les intervenants aux bonnes méthodes d'observation et à la terminologie appropriée. Le guide proposé éliminerait beau-

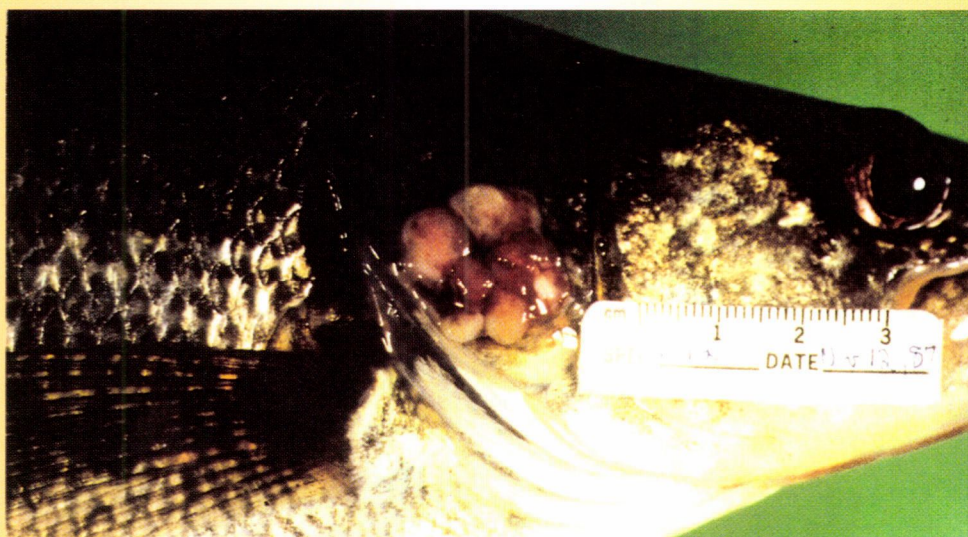
coup de descriptions imprécises et de mauvaises manipulations. Les informations auraient aussi de meilleures chances d'être comparables entre elles et utilisables scientifiquement. Ultimement, l'étude recommande de procéder à des recherches plus complètes en épidémiologie et en toxicopathologie, une lacune à l'heure actuelle.

On prévoit une suite au projet : inventorier les maladies des poissons à une seule station, durant une saison complète. Cette approche pourra apporter plus de précisions sur la fréquence et sur les causes potentielles des maladies rencontrées de même que sur le pourcentage de poissons affectés.

POISSONS MAL FORMÉS... OU HISTOIRES DÉFORMÉES?

«La moitié des petits poissons des chenaux du fleuve sont aveugles!» «Pêcheurs, méfiez-vous des poissons du Saint-Laurent!» «Les poissons du fleuve sont atteints de cancer!» De temps à autre, ce genre d'affirmation peut alimenter les journaux ou les magazines. Mais ces titres accrocheurs reflètent-ils vraiment la situation générale? Décrivent-ils l'état de santé réel des poissons du fleuve? «Le fait que les poissons du Saint-Laurent soient très affectés par la pollution semble souvent perçu comme une vérité absolue, dit Yves de Lafontaine. Cette perception va puiser ses sources dans des rumeurs, des anecdotes ou même dans des études inachevées.»

En consultant l'information disponible, on constate que les lésions rencontrées chez les poissons ne sont pas nécessairement reliées à des problèmes de pollution. Les accidents (attaque d'un prédateur, collision avec une hélice d'embarcation, passage dans une écluse, etc.) peuvent causer des déformations importantes chez les poissons qui y survivent. L'action de parasites, de bactéries et de virus sont aussi des causes de certaines anomalies. Le sarcome dermique du doré, une tumeur de la peau fréquemment rencontrée chez les espèces de dorés vivant en Amérique du Nord, est un exemple d'anomalie causée par un virus.



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL – DANIEL MARTINEAU

Les dorés atteints du sarcome dermique développent une ou plusieurs masses cutanées souvent multilobulaires, de texture charnue et de couleur blanchâtre à rosée. Cette tumeur bénigne affecte uniquement les poissons matures et est surtout rencontrée au printemps et à l'automne. Elle a la particularité de régresser durant l'été. Le mécanisme de cette régression est pour l'instant inconnu, mais on croit que la température de l'eau aurait un rôle à jouer.

INDICATEUR D'EFFETS

L'ICI : LE DOW JONES DU SAINT-LAURENT!

De la même façon qu'une chute de l'indice Dow Jones susciterait l'inquiétude sur le parquet de la Bourse, une chute de l'échelle biologique ICI plongerait les intervenants du fleuve dans un trouble profond...

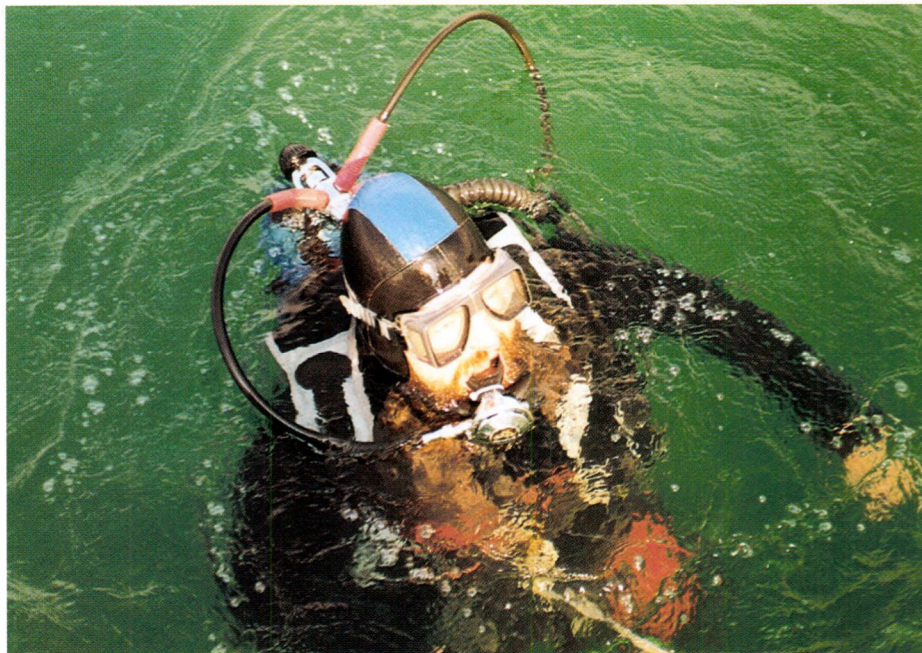
Mettre au point un indicateur qui permette d'identifier les perturbations et de poser des diagnostics sur les communautés benthiques du fleuve.

L'ICI (Indice des communautés d'invertébrés), un indice mis au point par l'Ohio-EPA (Environmental Protection Agency) en 1980, utilise neuf variables clés du milieu benthique, cotées sur une échelle allant de 0 à 6. Chacune des variables évalue une donnée bien précise. Une première réfère, par exemple, au nombre total d'espèces présentes dans la communauté. Une deuxième indique le pourcentage d'individus appartenant à certains groupes d'espèces, etc. C'est la somme des cotes de chacune des variables qui permet de traduire l'état d'une communauté par un chiffre situé entre 0 et 54 : le fameux ICI!

Plus un milieu est soumis à l'influence néfaste d'un stress, plus l'ICI est bas. «Ce genre d'indice a l'avantage d'être rapidement applicable à grande échelle, notamment lorsqu'on veut tracer

un premier portrait de l'état général du milieu», explique Alan Willsie, chercheur spécialisé en milieu aquatique et responsable de l'application de l'ICI dans le Saint-Laurent.

Puisque l'ICI a été mis au point pour les cours d'eau de l'Ohio, on ne peut l'appliquer au Saint-Laurent sans adaptation. Il a donc fallu un ICI «sur mesure» pour le fleuve. Pour ce faire, l'équipe d'Alan Willsie a eu accès à des données recueillies en 1982 et 1983 par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche (MLCP). Grâce à l'identification taxinomique très précise faite à cette époque sur plus de 200 sites, il a été possible d'adapter adéquatement l'ICI et de mettre au point des variables clés propres aux communautés benthiques du Saint-Laurent.



CENTRE SAINT-LAURENT - BRIGITTE CUSSON

L'échantillonnage du benthos dans la région de Beauharnois a été réalisé en plongée. Une benne (sorte de caissier de chargement) suspendue à un bateau a servi à recueillir et à remonter les échantillons du fond.

Une identification taxinomique faite sur plus de 200 sites par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche a permis d'adapter l'ICI et de mettre au point des variables clés propres aux communautés d'invertébrés benthiques du Saint-Laurent.

L'ICI fléchit sous le poids des eaux... perturbées!

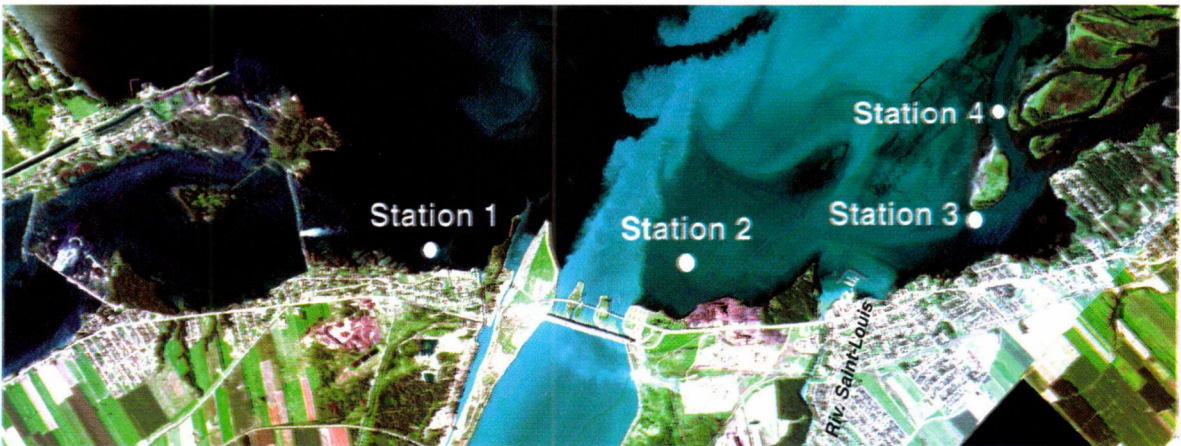
Une équipe du Centre Saint-Laurent en collaboration avec le Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique (GRIL) a réalisé une étude en 1991 dans la région de Beauharnois, une zone influencée par le panache de la rivière Saint-Louis et très polluée par divers contaminants. Les chercheurs ont adapté l'ICI aux caractéristiques fauniques locales et ont vérifié son potentiel d'utilisation comme indicateur d'effet de la contamination du milieu.

Comme on s'y attendait, les communautés situées en aval de l'embouchure de la rivière ont obtenu un ICI plus bas que celles situées en amont du panache. Elles indiquent donc un milieu plus perturbé en aval. Mais quels sont les facteurs responsables des perturbations observées au sein des communautés benthiques?

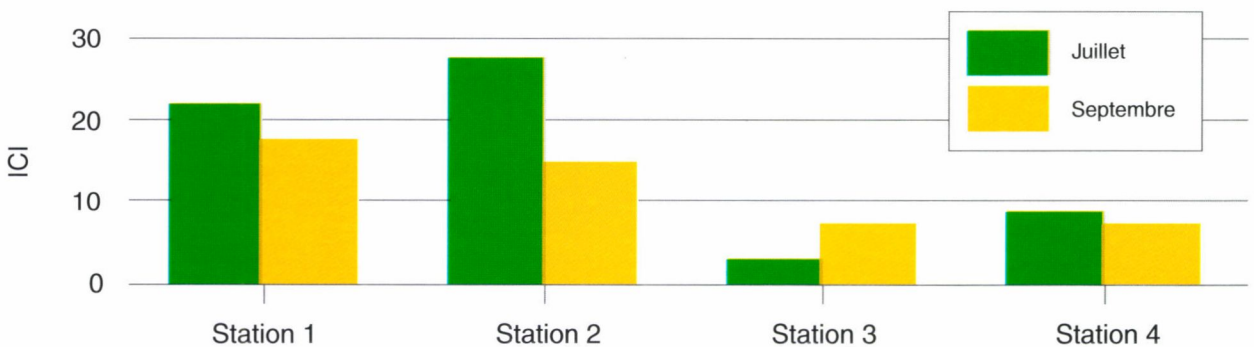
Pour les trouver, l'équipe a analysé la qualité de l'eau (turbidité, transparence, pH, température, oxygène dissous et présence de certains métaux) et la contamination des sédiments (par certains métaux et composés organiques) en amont et en aval de l'embouchure de la rivière Saint-Louis.

Ces analyses ont permis de constater que les perturbations au sein des communautés d'invertébrés étaient davantage imputables à la qualité de l'eau qu'à celle des sédiments. Les résultats obtenus ont démontré que l'ICI reflétait un effet causé par la masse d'eau (faible ICI, forte turbidité et faible teneur en oxygène dissous) aux stations situées en aval.

Le développement et l'adaptation de l'ICI a aussi été réalisé en collaboration avec Bernadette Pinel-Alloul, chercheur de l'Université de Montréal, lors d'une étude-pilote au lac Saint-François en 1989.



CENTRE SAINT-LAURENT – IMAGE DE TÉLÉDÉTECTION DE LA RÉGION DE BEAUHARNOIS DU 21 AOÛT 1990



Valeurs moyennes de l'ICI en juillet et septembre 1991 dans la région de Beauharnois

L'étude des changements de l'ICI dans la région de Beauharnois démontre qu'aux sites étudiés, la structure des communautés benthiques est associée davantage aux caractéristiques physiques et à la contamination de l'eau qu'à celles des sédiments.

INDICATEUR D'EFFETS

LA CONTAMINATION : UN PROBLÈME «DE TAILLE»

En 1986, deux chercheurs du Centre canadien des eaux intérieures de Burlington, G. Sprules et M. Munawar, ont mis en évidence une relation entre la taille de certains organismes planctoniques dans les lacs et les stress environnementaux.

Évaluer la possibilité d'utiliser la taille des algues périphytiques comme indicateur d'effets de la contamination.

Une équipe du Centre Saint-Laurent, en collaboration avec le Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie (GRIL), a tenté de vérifier cette même relation pour le fleuve et d'évaluer s'il était possible d'établir un lien avec un stress environnemental spécifique, la contamination.

L'équipe, dirigée par la biologiste Louise Lapierre, a choisi les algues périphytiques pour tenter l'expérience parce que ces végétaux vivent fixés à la surface des plantes ou des objets immergés dans les cours d'eau. On croyait alors qu'il serait assez facile de cerner les effets de la contamination sur la taille des algues.

Sur les sites étudiés, on a constaté que les spectres de tailles des algues périphytiques

variaient, en proportions à peu près équivalentes, en fonction de la contamination du milieu et des facteurs écologiques (pH, température de l'eau, éléments nutritifs, etc.). Les effets de la contamination sur les algues périphytiques sont donc aussi marqués que ceux attribuables à des causes dites «naturelles». Et il est difficile de bien les dissocier...

L'équipe de Louise Lapierre a établi que l'indicateur d'effets, mis au point par les deux scientifiques de Burlington, s'applique au périphyton et s'adapte ainsi au Saint-Laurent. Cet indicateur d'effets précoces semble prometteur. D'autres études sont nécessaires afin de préciser son application.



Les algues périphytiques sont des végétaux qui vivent fixés à la surface des plantes ou des objets immergés dans les cours d'eau. Dans le Saint-Laurent, on en retrouve, entre autres, sur la partie immergée des bouées de navigation.

CENTRE SAINT-LAURENT - CHRISTIANE HUDON

Un projet-pilote a démontré qu'un outil de diagnostic basé sur la taille des algues périphytiques peut agir comme indicateur d'effets précoces d'un stress environnemental.

LES INDICATEURS : LE TOUT VAUT PLUS QUE LA SOMME DES PARTIES

Proposer un réseau de suivi de l'état du fleuve à partir d'une sélection d'indicateurs conçus ou adaptés au Centre Saint-Laurent.

Parmi les outils d'évaluation disponibles en sciences de l'environnement, même les plus «écosystémiques» ne révèlent qu'un aspect limité du fleuve et de ses perturbations. La réponse fournie par un indicateur est le plus souvent quantitative et sectorielle (comme la teneur en mercure des tissus de poissons, la charge toxique, etc.). Or, les intervenants exigent de plus en plus un portrait global et une réponse qualitative aussi bien que quantitative au problème de la contamination. On veut savoir «comment» le fleuve est affecté, «quel est» son état de santé, «où» il faut intervenir. Il devient donc indispensable de rassembler un certain nombre d'indicateurs si l'on veut éclaircir toutes ces questions.

C'est dans l'optique d'un réseau de suivi de l'état du Saint-Laurent que les scientifiques de la Section Évaluation des écosystèmes ont proposé une batterie d'indicateurs potentiels. En étroite collaboration avec leurs collègues des Sections Apports toxiques et Écotoxicologie, ils ont rassemblé les plus judicieux. Certains seront retenus dans le cadre des activités liées aux objectifs de Saint-Laurent Vision 2000, la poursuite du Plan d'action Saint-Laurent.

Ainsi, quand on parle d'indicateurs, «le tout vaut plus que la somme des parties!» Mais, dans un contexte de gestion environnementale, rien n'empêche d'utiliser chacun des indicateurs séparément.

RÉSEAU DE SUIVI DE L'ÉTAT DU FLEUVE

Types d'indicateurs	Indicateurs conçus ou adaptés au Centre Saint-Laurent	Exposition aux contaminants		Représentation spatiale dans le fleuve		Temps de réponse au changement
		Récente	Long terme	Locale	Globale	
Batterie d'indicateurs de la contamination						
Agent stressueur	• Quantification des apports en contaminants	X	X	X	X	Lent-rapide
Indicateurs d'exposition	• Moules zébrées	X		X		Rapide
	• Sédiments		X		X	Lent
	• Enzymes OFM	X		X		Rapide
	• Macrophytes	X		X		Lent
	• Poissons adultes		X		X	Lent
Indicateurs d'effets	• Jeunes poissons	X		X		Rapide
	• BEEP – effluents industriels	X		X		Rapide
	• ICI (communautés d'invertébrés)		X	X	X	Lent
	• Maladies (poissons)	X	X	X	X	Lent-rapide
	• Communautés de seston	X		X	X	Rapide
	• Spectre de tailles (algues périphytiques)	X	?	X	?	?
Indicateur d'un stress biologique : introduction d'une espèce exotique						
Agent stressueur	• Ampleur de la colonisation par la Moule zébrée	Ne s'applique pas			X	Rapide

Le tableau sert à expliquer comment chacun des 13 indicateurs sélectionnés reflète l'état du fleuve, lié à l'exposition aux contaminants et à l'introduction d'une espèce exotique, la Moule zébrée. Le tableau identifie, entre autres, si l'indicateur réagit lentement ou rapidement à une modification du degré de contamination dans le milieu.

Au terme du Plan d'action Saint-Laurent, une batterie de 13 indicateurs a été proposée pour assurer le suivi de l'état du fleuve.

DES CONNAISSANCES DE PORTÉE INTERNATIONALE

Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, les scientifiques de la Section Évaluation des écosystèmes ont communiqué les résultats de leurs travaux de recherche à la communauté scientifique internationale. Une quinzaine de

conférences et de présentations, en plus de publications scientifiques et techniques, ont contribué à diffuser les connaissances acquises au Centre Saint-Laurent sur le développement d'indicateurs pour évaluer la condition d'un écosystème fluvial.



AGENCE SPATIALE CANADIENNE

QUELQUES CONFÉRENCES ET PRÉSENTATIONS DE PORTÉE INTERNATIONALE

OCTOBRE 1988 – Symposium international sur le devenir et les effets des produits chimiques toxiques dans les fleuves et leurs estuaires, Québec, Canada

C. Langlois, L. Désilets et H. Sloterdijk. 1988. Présence et cheminement de certains polluants organiques (BPC, HAP, pesticides organochlorés et chlorobenzènes) dans le fleuve Saint-Laurent (lac Saint-Pierre).

OCTOBRE 1989 – 10th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Toronto, Canada

C. Langlois et L. Lapierre. Variability in bioaccumulation of organic and inorganic contaminants in adult fishes from Lake St-François and Lake St-Pierre (St. Lawrence River).

JUILLET 1990 – International Symposium for Aquatic Ecosystem Health, Waterloo, Canada

C. Langlois, L. Lapierre, M. Léveillé et G. Walsh. Assessment of aquatic ecosystem health in the St. Lawrence River by using ecological, biochemical and pathological indicators.

AOÛT 1990 – Physiological and Biochemical Approaches to the Toxicological Assessment of Environmental Pollution, ESPCB, 12th Annual Conference, Utrecht, Pays-Bas

C. Langlois, M. Léveillé, L. Lapierre et G. Walsh. Assessment of St. Lawrence River ecosystem quality : Use of biochemical, histological, chemical and ecological indicators.

DÉCEMBRE 1990 – 4^{es} Entretiens du Centre Jacques-Cartier, Lyons et Arles, France

C. Langlois. Évaluation de la qualité des écosystèmes du fleuve Saint-Laurent : développement et utilisation d'indicateurs écologiques et écotoxicologiques appropriés.

MAI 1991 – Seminar on Ecosystems Approach to Water Management, UN Economic Commission for Europe, Oslo, Norvège

C. Langlois. Assessment of the quality of St. Lawrence River ecosystems (Canada).

FÉVRIER 1992 – Second International Zebra Mussel Conference, Toronto, Canada

L. Lapierre, C. Ménard, B. Cusson et J. Fontaine. Distribution and abundance of Zebra Mussels in the St. Lawrence River.

Mai 1992 – World Fisheries Congress, Athènes, Grèce

J.-A. Robitaille, R. Fortin, Y. Vigneault, G. Ouellette et C. Langlois. Man-made changes to the St. Lawrence River, Canada, since 1945 and their impact on fish and fisheries.

JUIN 1992 – 13th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Postdam, Allemagne

J. Bureau et A.-M. Prud'homme. Seasonal variations of mixed function oxygenase activity in three common species of the St. Lawrence River, Canada

JANVIER 1993 – Canadian Conference for Fisheries Research, Peterborough, Canada

C. Ménard, A.-M. Prud'homme, J. Bureau et M. Léveillé. Mixed-Function Oxygenase (MFO) enzymes as a tool for ecotoxicological field studies on fish of the St. Lawrence River.

FÉVRIER 1993 – Third International Zebra Mussel Conference, Toronto, Canada

L. Lapierre et J. Fontaine. Zebra mussel colonisation in the St. Lawrence River : monitoring on navigational buoys in 1990, 1991 and 1992.

L. Lapierre, B. Cusson et E. Mellina. Population dynamics of larvae and adult zebra mussels in the St. Lawrence River ecosystem.

NOVEMBRE 1993 – 103^e Réunion du Comité sur la qualité de l'eau, Commission mixte internationale, Montréal, Canada.

Y. de Lafontaine, L. Lapierre, C. Ménard et G. Walsh. Contaminants in fish of the St. Lawrence River: Comparison between upstream and downstream Montreal area.

LA SECTION

SERVICES ANALYTIQUES

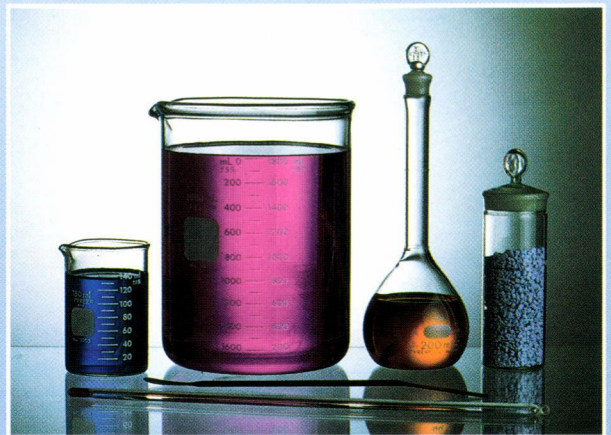


TABLE DES MATIÈRES

LA SECTION SERVICES ANALYTIQUES

page

- 73** UNE PIERRE ANGULAIRE DE L'ACTION ENVIRONNEMENTALE
- 76** UN VASTE ARSENAL ANALYTIQUE
- 78** POUR ÉVITER QUE DE PETITES ERREURS ANALYTIQUES ENTRAÎNENT DE GRANDES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES
- 80** LE SAINT-LAURENT SOUS LE MICROSCOPE
- 83** L'ART D'EXTRAIRE LES CONTAMINANTS
- 84** SURVEILLANCE DES EAUX DE SURFACE : MAINTENIR DES RÉSULTATS FIABLES EN DÉPIT DE L'ÉPREUVE DU TEMPS
- 85** LA VÉRITÉ, TOUTE LA VÉRITÉ!
- 86** URGENCES... URGENCES... LE LABORATOIRE DANS UNE COURSE CONTRE LA MONTRE
- 87** TRANSFERT TECHNOLOGIQUE DE L'EXPERTISE ANALYTIQUE
- 88** L'ACCRÉDITATION DES LABORATOIRES DU CENTRE SAINT-LAURENT : UNE COMPÉTENCE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE À L'ÉCHELLE NATIONALE



PUBLIPHOTO - YVES BEAULIEU

Contribuer à la réalisation des programmes d'assainissement, d'application de la réglementation et de recherche.

UNE PIERRE ANGULAIRE DE L'ACTION ENVIRONNEMENTALE

Foies de poissons, eaux de surface, parcelles de sédiments, effluents industriels : ces échantillons prélevés par milliers au cours du Plan d'action Saint-Laurent avaient tous des informations à livrer. C'est le personnel de la Section Services analytiques qui a eu la tâche d'identifier et de quantifier les contaminants présents dans ces échantillons de nature et de provenance multiples.

Outre la variété des échantillons à analyser, la diversité des clients et des programmes auxquels a dû répondre l'équipe posait tout un défi. La caractérisation chimique et biologique des effluents liquides des établissements industriels prioritaires, les activités d'application de la réglementation, le soutien aux réseaux de surveillance de la qualité de l'eau, les programmes de restauration des sites fédéraux, les situations d'urgence

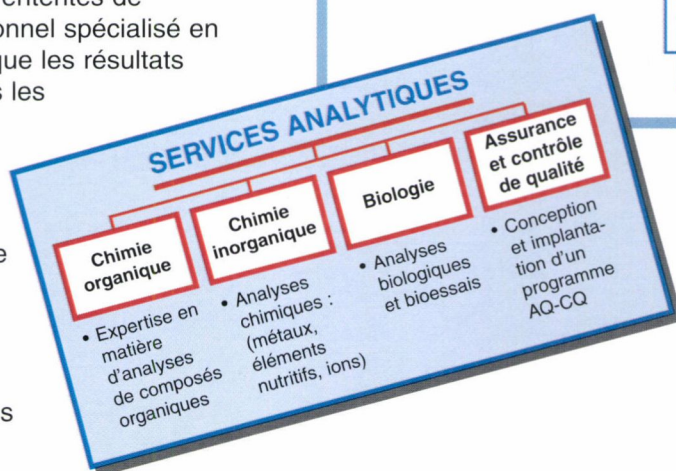
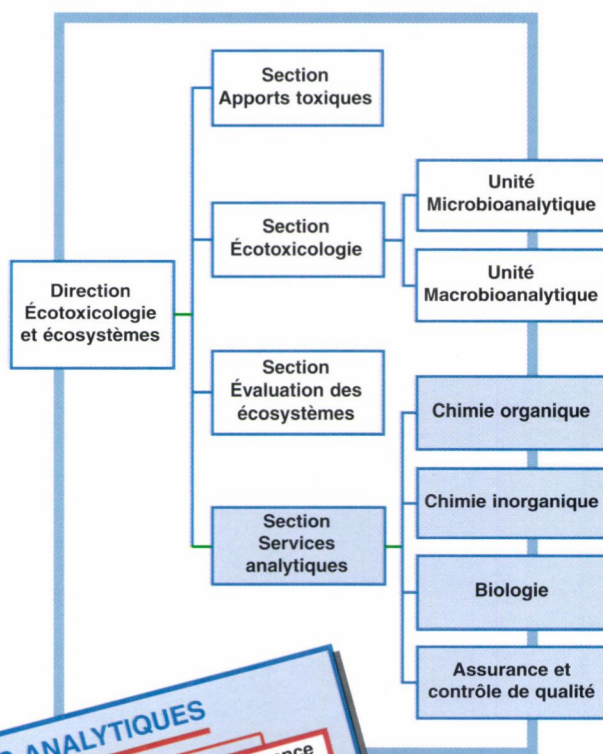
environnementale, la formation de stagiaires et d'étudiants d'universités, les activités de recherche et de développement ont fait partie des principales actions environnementales auxquelles a été associé le personnel de la Section.

Ce large éventail d'activités tient au fait que la Section Services analytiques joue un rôle clé en matière de gestion environnementale. En effet, des décisions politiques, des choix de technologies d'assainissement, des programmes environnementaux reposent directement sur les résultats d'analyses. La qualité des interventions environnementales est tributaire de la qualité de ces résultats. C'est d'ailleurs pourquoi on considère la Section Services analytiques comme une pierre angulaire de l'action environnementale.

Plusieurs spécialistes pour interroger en profondeur des «fragments de fleuve en conserve»

Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, on a acheminé vers différents laboratoires du Centre Saint-Laurent ou de divers partenaires ce qu'on pourrait appeler des «fragments de fleuve en conserve». Selon les demandes du client et la nature de l'analyse requise, les échantillons ont transité vers les laboratoires de chimie inorganique ou de biologie.

Les analyses de BPC (biphényles polychlorés), HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), DDT (dichloro diphenyl trichloroéthane) et autres composés organiques ont été réalisées par d'autres laboratoires en vertu d'ententes de services. À ce chapitre, le personnel spécialisé en chimie organique s'est assuré que les résultats d'analyses répondaient à toutes les exigences de qualité. Outre ces activités d'assurance et de contrôle de la qualité, le personnel a implanté un service de consultation et d'aide à la planification de projets. Il a prodigué des conseils aux responsables de projets pour la planification, la réalisation des études et l'interprétation des résultats.



PUBLIPHOTO - YVES BEAULIEU

La tâche du Laboratoire de chimie inorganique a consisté surtout à déceler et à quantifier les contaminants inorganiques des échantillons à l'aide d'une panoplie de techniques analytiques. Il a compté sur un personnel polyvalent capable de s'adapter à une variété de situations et de manier des appareils analytiques de pointe. Par ailleurs, le laboratoire a fourni l'expertise pour soutenir des projets de recherche et de développement en environnement.

Le personnel du Laboratoire de biologie, pour sa part, a travaillé à l'exécution de tests biologiques de toxicité : les bioessais. Il a évalué la toxicité des échantillons à partir des effets produits chez différents organismes. Des microbioessais ont été réalisés avec des microorganismes, et des macrobioessais, avec des organismes de niveaux trophiques supérieurs, la Truite arc-en-ciel par exemple.

Enfin, en matière d'assurance et de contrôle de la qualité, un programme a été conçu et mis en place afin de veiller à ce que les analyses produites à l'interne ou par voie contractuelle répondent aux critères de qualité établis.



PUBLIPHOTO – YVES BEAULIEU

Des alchimistes capables de transformer des échantillons en or?

Naguère, les membres d'un service analytique étaient considérés comme des sortes d'alchimistes capables de transformer des milliers de données brutes ou d'échantillons en résultats fiables et utilisables! La philosophie de communication adoptée par l'équipe de la Section est en voie de briser cette image traditionnelle. Afin de bien cerner les besoins du client, la Section a établi un service de consultation.

Un regard sur le passé montre que deux comportements ont dominé chez les intervenants en environnement. Ou bien ils ont adopté une attitude passive, laissant chimistes et techniciens transformer des milliers de données brutes ou d'échantillons en résultats, ou bien ils ont agi en clients exigeants, requérant les méthodes analytiques les plus raffinées et les niveaux de détection les plus bas.

«La deuxième attitude n'est pas meilleure que la première», explique Raymond Vezeau, chef de la Section Services analytiques. «Recourir en tout temps aux techniques d'analyse les plus performantes en matière de sensibilité est un travail laborieux et coûteux, pas toujours justifié. Par exemple, s'il s'agit d'évaluer une concentration qu'une norme établit en milligrammes par

litre (mg/L), il est inutile d'atteindre un niveau de détection analytique de l'ordre des microgrammes par litre ($\mu\text{g/L}$).»

Le service de consultation offert aux chargés de projet par les responsables des laboratoires de la Section a sûrement contribué à briser l'image traditionnelle voulant qu'un service analytique ne fait que produire des résultats sans s'engager dans les projets.

Analyser des contaminants dans un foie de poisson? À quelle fin? Les résultats seront-ils comparés à une norme, à un critère de qualité, à des données historiques? Voici quelques-unes des questions – et il y en a d'autres! – que les responsables des laboratoires ont posées aux chargés de projets à l'étape de consultation.

«La toute première étape du processus analytique, c'est de bien cerner les besoins du client. L'usage que le client compte faire du résultat détermine le choix de la technique analytique», explique François Dumouchel, responsable du Laboratoire de chimie inorganique.

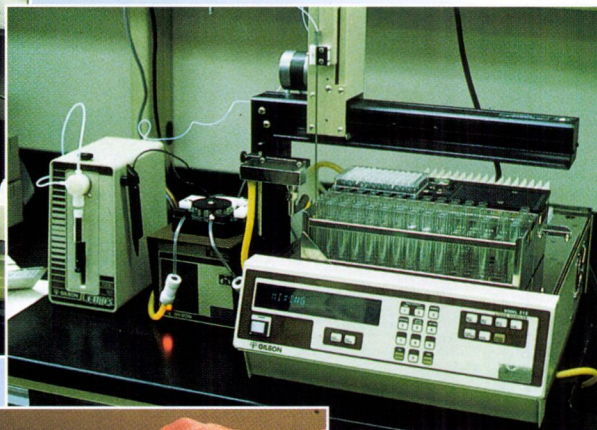
Inspirée du «DQO Approach» (approche par objectif de qualité des résultats), cette façon de procéder vise globalement à optimiser les activités de laboratoire. En bout de ligne, cela donne des résultats analytiques fiables qui permettent de prendre des décisions éclairées en matière d'environnement.

UN VASTE ARSENAL ANALYTIQUE

Il en a coulé de l'eau dans le fleuve depuis l'époque où «un simple pH-mètre faisait la fierté des laboratoires...» Aujourd'hui, grâce à des appareils analytiques sophistiqués, on arrive à effectuer quotidiennement des centaines d'analyses de façon simultanée.



CENTRE SAINT-LAURENT



CENTRE SAINT-LAURENT –
CHRISTIAN BLAISE



PUBLIPHOTO – YVES BEAULIEU

Rester à la fine pointe pour être plus performant

Les instruments de laboratoire utilisés au cours du Plan d'action Saint-Laurent n'ont rien de comparable à ceux d'il y a 20 ans. Certains employés trouvent le contraste saisissant. «À l'époque, les analyses d'échantillons se faisaient entièrement à la main», raconte Ivan Jobin, aujourd'hui technicien principal au Laboratoire de chimie inorganique. «Une seule analyse nécessitait un nombre incroyable de fioles et de béchers qui emplissaient des comptoirs entiers du laboratoire. Dans ces conditions, nous ne faisons guère plus de cinq analyses par jour. C'était l'époque où un appareil aussi banal qu'un pH-mètre faisait la fierté des laboratoires...»

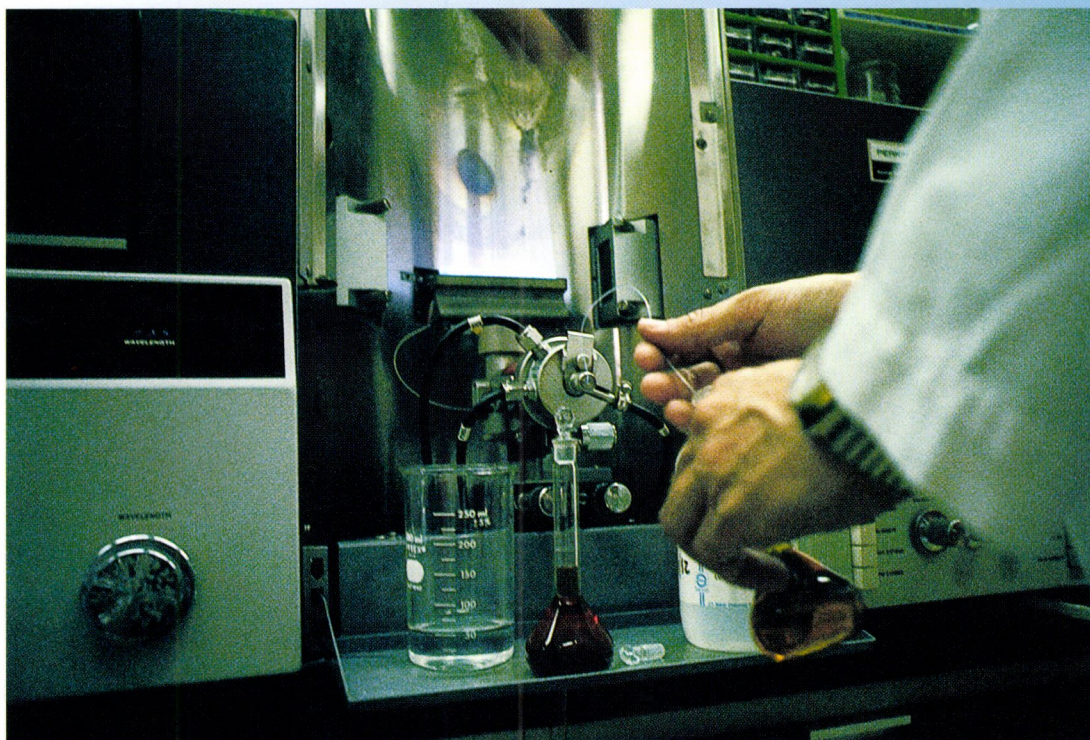
De nos jours, grâce à des appareils sophistiqués tels que le spectrophotomètre infra-rouge ou

ultra-violet, le spectrophotomètre d'émission ou d'absorption atomique, le chromatographe, l'auto-analyseur, le lecteur optique de microplaque et le diluteur robotisé, on parvient à effectuer plusieurs centaines d'analyses en une seule journée. Un autre appareil, le cytomètre en flux, parvient à lui seul à analyser simultanément six paramètres dans une même cellule!

Mais tous ces instruments destinés à détecter la présence des contaminants, à les quantifier ou à mesurer leurs effets sur des organismes ne constituent qu'une partie de l'arsenal analytique. Toutes les étapes de préparation de l'échantillon, soit le mélange (homogénéisation), la filtration, la purification, le séchage (lyophilisation) et la digestion, nécessitent elles aussi une panoplie d'instruments de laboratoire. Micro-ondes, plaques chauffantes, générateur d'hydrures, distillateurs et extracteurs sont également mis à contribution.

HISTOIRES DE VOCATIONS TARDIVES

Au cours des années 1950, un chercheur australien met au point le «spectrophotomètre à absorption atomique». À l'époque, son objectif était de résoudre un problème d'intoxication aux métaux chez un enfant. Aujourd'hui, les techniciens de la Section Services analytiques utilisent cet appareil à des fins bien différentes. Le spectrophotomètre à absorption atomique sert à détecter et à quantifier les métaux ou d'autres substances inorganiques présents dans les échantillons.



CENTRE SAINT-LAURENT

Un autre appareil, le «chromatographe à phase gazeuse» a aussi changé de vocation avec le temps. Commercialisé en Californie, on l'a d'abord utilisé pour les analyses...de vin! Aujourd'hui, cet instrument joue un rôle important en détection environnementale. On l'utilise pour quantifier les substances organiques comme les pesticides, les substances organochlorées, organophosphorées et les herbicides. Il décèle aussi d'autres contaminants, par exemple les HAP, les BPC, les phénols présents dans les échantillons.

POUR ÉVITER QUE DE PETITES ERREURS ANALYTIQUES ENTRAÎNENT DE GRANDES CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES

L'analyse d'un échantillon est un processus délicat qui inclut plusieurs étapes, du lavage des récipients qui servent à son prélèvement jusqu'à l'interprétation des résultats d'analyse. Il est donc primordial que chacune des étapes du processus analytique soit effectuée de façon rigoureuse suivant les meilleurs critères de qualité.

Veiller à ce que chacune des étapes du processus analytique soit effectuée selon les meilleurs critères de qualité.

Une erreur survenant en cours d'analyse – par exemple, lire une valeur de 4 mg/L d'un métal lourd dans un échantillon au lieu de 2 mg/L – pourrait avoir des conséquences fâcheuses selon l'utilisation que l'on compte faire de ce résultat. Prenons un résultat destiné à fixer des objectifs de rejets industriels : dans ce cas, les scientifiques doivent rapporter la concentration trouvée dans l'échantillon à une valeur de débit réel, c'est-à-dire en milliers de litres par seconde. Dans le présent exemple, l'excédent de 2 mg/L, qui semble bien modeste dans l'échantillon analysé au départ, se transformerait alors en un excédent de plusieurs tonnes de métal lourd dans le milieu! Une erreur introduite au cours d'une étape du processus analytique peut donc prendre beaucoup d'ampleur et fausser complètement l'interprétation des résultats. De là toute l'importance d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité.

Au Centre Saint-Laurent, les scientifiques et les techniciens comprennent la nécessité d'accorder une attention particulière à toutes les étapes de leur travail. Ils appliquent de façon systématique des mesures d'assurance et de contrôle de la qualité dans leurs activités d'échantillonnage et dans leurs travaux d'analyse au laboratoire.

AQ-CQ

En plus, au sein de la Section Services analytiques, des mesures spécifiques sont mises en place afin d'évaluer la qualité des résultats d'analyses réalisées par divers laboratoires externes, partenaires du Centre Saint-Laurent. De cette manière, il est possible de valider les données (et leur interprétation) de toutes les analyses effectuées dans le cadre des programmes de recherche ou des programmes de surveillance environnementale proprement dits.



CENTRE SAINT-LAURENT – DOMINIQUE DUVAL

Le «fil d'Ariane» des services analytiques : des analyses documentées

C'est à l'aide du fil que lui donna Ariane que Thésée, venu en Crète pour combattre le Minotaure, put retrouver son chemin à travers le labyrinthe... Pour s'y retrouver dans le dédale d'échantillons et d'analyses, la Section Services analytiques déroule elle aussi son fil d'Ariane : elle documente les nombreuses activités analytiques et constitue ainsi une banque de renseignements sur chacune des analyses, une des mesures du **Programme d'assurance et de contrôle de la qualité**. Provenance de l'échantillon, date de réception, date d'analyse, procédure utilisée, limite de détection, etc., toutes ces informations sont soigneusement répertoriées. Cette documentation permet du même coup de connaître les limites d'interprétation et d'utilisation des résultats d'analyse.

LE FANTÔME DU LABORATOIRE

Le Programme d'assurance et de contrôle de la qualité permet également d'évaluer les analyses réalisées par des laboratoires externes, partenaires du Centre Saint-Laurent. À cet égard, l'une des mesures prises par la Section consiste à inclure des «échantillons fantômes» parmi les échantillons réguliers acheminés vers ces laboratoires. Analysés de la même façon que les échantillons réguliers, ces échantillons de contrôle permettent d'évaluer la précision et l'exactitude des résultats transmis. Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, l'application soutenue de ces mesures a permis, entre autres, de fixer des objectifs de qualité des résultats pour la caractérisation des effluents industriels, réalisée par les laboratoires partenaires.

Au Laboratoire de chimie inorganique, François Dumouchel est en mesure d'apprécier le travail de documentation. Mais il y a toujours des cas exceptionnels! Exhibant un sac de plastique au travers duquel transparait une substance verdâtre, le chimiste précise : «Dans ce cas-ci, on ne possède pratiquement aucune information sur l'échantillon à analyser. On ne connaît même pas la nature de la matrice à laquelle le contaminant recherché est associé. Cela se présente parfois pour des échantillons prélevés dans des situations d'urgence environnementale ou lors d'inspections particulières effectuées en vertu d'une réglementation.»

Miroir ô miroir,...

Un des éléments du Programme d'assurance et de contrôle de la qualité consiste à évaluer la performance analytique des laboratoires et à intervenir pour corriger les lacunes décelées. Cette évaluation a d'abord lieu au Centre Saint-Laurent même. Les «matériaux de référence certifiés» (MRC), «les blancs», les «contrôles internes», les «sous-échantillons» sont des mesures appliquées systématiquement lors d'analyses routinières. De plus, chaque année, la participation à une vingtaine d'études interlaboratoires à l'échelle nationale concourt directement à situer la performance des laboratoires parmi les laboratoires participants. «Ces activités constituent une sorte de miroir de notre performance», explique Raymond Vezeau. «À partir de cette image, nous sommes en mesure d'améliorer constamment la fiabilité des résultats.» Ce chimiste de carrière fait également remarquer que depuis l'implantation du programme, la Section a graduellement amélioré sa performance en ce qui a trait aux analyses de faibles concentrations de substances inorganiques (0,1-5 mg/L) dans les eaux de surface.

PROGRAMME D'ASSURANCE ET DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

CERTAINES MESURES APPLIQUÉES AU PROCESSUS ANALYTIQUE

- *Le conditionnement des récipients d'échantillonnage et de la verrerie de laboratoire* : adapté au type d'échantillon à prélever et aux substances à analyser, ce procédé de lavage est capital afin de prévenir toute contamination en provenance des parois.
- *L'utilisation de techniques d'échantillonnage appropriées* à la nature des échantillons et des analyses à réaliser est primordiale.
- *Le plan d'entretien des appareils et des instruments de laboratoire* : ce suivi régulier, spécifique à chaque appareil, assure que le nettoyage et la calibration sont effectués lorsque requis.
- *L'application de procédures opérationnelles normalisées (PON)* : permet de reproduire la même suite d'opérations lors de l'analyse d'une même substance dans le même type d'échantillon.
- *La séquence analytique* pour une série d'échantillons intègre une suite ordonnée de mesures de contrôle telles que les matériaux de référence certifiés (MRC), les blancs, les échantillons de contrôle interne et les sous-échantillons.

LE SAINT-LAURENT SOUS LE MICROSCOPE

Participer aux projets du Plan d'action Saint-Laurent liés à la caractérisation des effluents liquides des établissements industriels prioritaires, à la restauration des sites contaminés ainsi qu'à la recherche et développement.

Dis-moi ce que tu rejettes, je te dirai qui tu es!

L'objectif majeur du Plan d'action Saint-Laurent était de réduire de 90 % les rejets liquides toxiques de 50 établissements industriels prioritaires. En collaboration avec la Direction des laboratoires du ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) – qui a participé à la réalisation d'analyses et au contrôle de la qualité des analyses de substances organiques effectuées par des laboratoires privés – la Section Services analytiques avait pour tâche la **caractérisation écotoxicologique** de ces rejets. Cette activité consistait à identifier et à quantifier les contaminants organiques et inorganiques des rejets industriels et à évaluer leur toxicité.

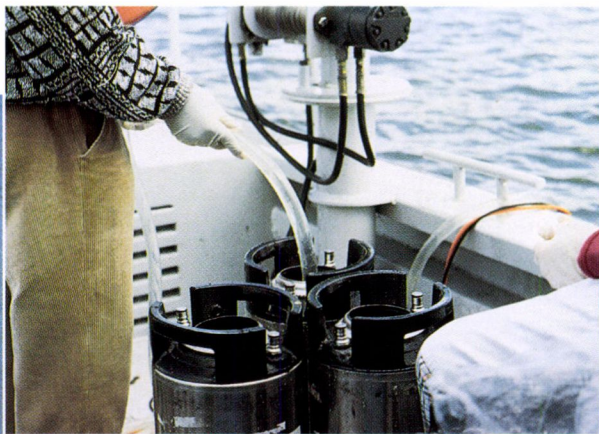
Ce mandat a exigé un engagement de la Section à tous les niveaux de l'activité analytique. Par

exemple, lors de l'élaboration des devis, l'équipe a suggéré des règles méthodologiques conformes à l'objectif de qualité fixé a priori. L'analyse des échantillons a été réalisée dans des laboratoires du Centre Saint-Laurent, du MENVIQ ou du secteur privé.

«Notre rôle posait tout un défi», précise Raymond Vezeau. «Nous devons faire connaître avec clarté nos objectifs de qualité de façon à obtenir l'entière collaboration des laboratoires du secteur privé.» La responsabilité de la Section a été de faire en sorte que le processus analytique produise des résultats de qualité.

Mettre des gants blancs pour effectuer des analyses de boues

Les équipes engagées dans des projets de dragage, les firmes d'experts-conseils en environnement, les laboratoires et les chercheurs dont les projets comprennent l'analyse de sédiments,



CENTRE SAINT-LAURENT – ALYNE SYLVESTRE



CENTRE SAINT-LAURENT – ANNE-MARIE PRUD'HOMME

CENTRE SAINT-LAURENT – CHRISTIANE HUDON

La Section a effectué, en collaboration avec l'Équipe d'intervention Saint-Laurent et le MENVIQ, la caractérisation écotoxicologique des effluents liquides des établissements industriels prioritaires. On établit à environ 40 000 le nombre d'analyses chimiques et de tests biologiques effectués.

disposent maintenant d'un nouvel outil. Il s'agit d'un guide méthodologique qui permet désormais à tous ces intervenants d'effectuer des analyses de boues... proprement!

Le *Guide méthodologique de caractérisation des sédiments* a été conçu en collaboration avec la Direction Développement technologique du Centre Saint-Laurent et la Direction des laboratoires du MENVIQ. Il décrit la marche à suivre pour caractériser des sédiments, de la réception des échantillons au laboratoire jusqu'à la présentation des résultats d'analyses.

Accueilli favorablement par l'entreprise privée, ce guide a été élaboré en tenant compte de l'expertise disponible dans la plupart des laboratoires. Il sert également de document de référence relativement à l'application de règlements (*Loi sur l'immersion des déchets en mer*).

Recherche et développement : sortir des sentiers battus!

Un des rôles des Services analytiques a été d'agir comme **expert-conseil** dans la mise en

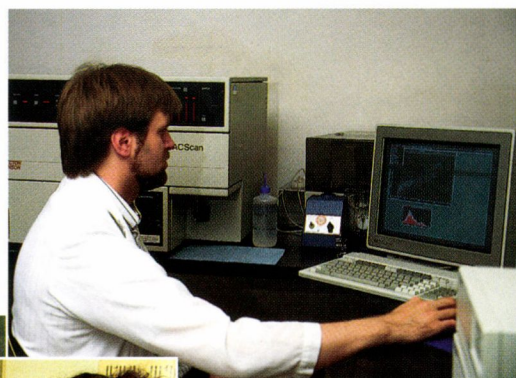
oeuvre de la partie analytique des projets de recherche et développement élaborés par la Direction Écotoxicologie et écosystèmes.

Au cours du Plan d'action Saint-Laurent, la Section a collaboré à une étude menée par le Ministère dans la région Pacifique-Yukon. Cette étude avait pour objectif d'appliquer une série de tests de toxicité aux effluents liquides d'industries de la rivière Fraser.

D'autres projets ont nécessité l'expertise analytique de la Section. Ce fut le cas pour le projet «Seston», lié au transport des contaminants par le plancton, le projet «MFO-MT» qui a trait à la conception d'indicateurs biochimiques dans le milieu, le projet «Évaluation de la contamination des moules» et le projet «Hydrodynamique et transport des contaminants». Dans ce dernier cas, on a mis au point, en collaboration avec la Section Apports toxiques, une nouvelle méthode de détection des «métaux-traces», métaux qu'on retrouve en quantités infimes.



CENTRE SAINT-LAURENT – JACQUES BUREAU



CENTRE SAINT-LAURENT – ANNE-MARIE PRUD'HOMME



CENTRE SAINT-LAURENT – CHRISTIAN BLAISE

La Section a conçu un Guide méthodologique de caractérisation des sédiments. Ce document de référence recommande des méthodes d'analyse pour 25 paramètres ou groupes de paramètres physiques et chimiques.



COMMENT DÉTECTER UN GRAIN DE SEL DISSOUS DANS UNE BAIGNOIRE...

Grâce à un tout nouvel instrument d'analyse récemment mis en marché, le spectrophotomètre à absorption atomique combiné à un four au graphite, des chimistes de la Section Services analytiques et de la Section Apports toxiques sont parvenus à détecter 40 nanogrammes par litre de métaux lourds dans un échantillon. Cette concentration équivaut à 0,000 000 040 gramme par litre! Disons que c'est à peu près comme détecter un grain de sel dissous dans une baignoire pleine d'eau... Cette nouvelle méthode analytique a été mise au point pour répondre aux besoins d'un projet de la Section Apports toxiques sur le transport des contaminants. La technique visait à détecter des traces infinitésimales de plomb et de cadmium dans l'eau.



CENTRE SAINT-LAURENT – STÉPHANE LORRAIN

L'ART D'EXTRAIRE LES CONTAMINANTS

Participer aux projets de développement technologique liés aux activités d'assainissement industriel.

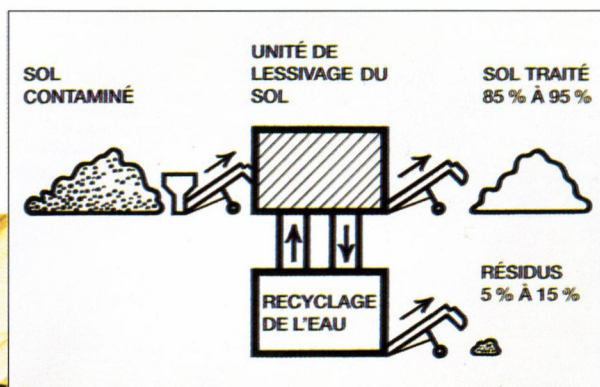
En collaboration avec la Direction Développement technologique du Centre Saint-Laurent, le personnel de la Section Services analytiques a participé au Programme d'assainissement industriel en affectant des experts-conseils sur certains projets.

«La partie analytique est souvent l'outil de décision qui nous dit si une nouvelle technologie d'assainissement est efficace ou non», précise André Fouquet, spécialisé en chimie organique. «Par exemple, lorsqu'on invente un nouveau procédé de décontamination des sols, l'analyse du sol faite après l'application de ce procédé nous dit si la technique utilisée fonctionne ou pas.»

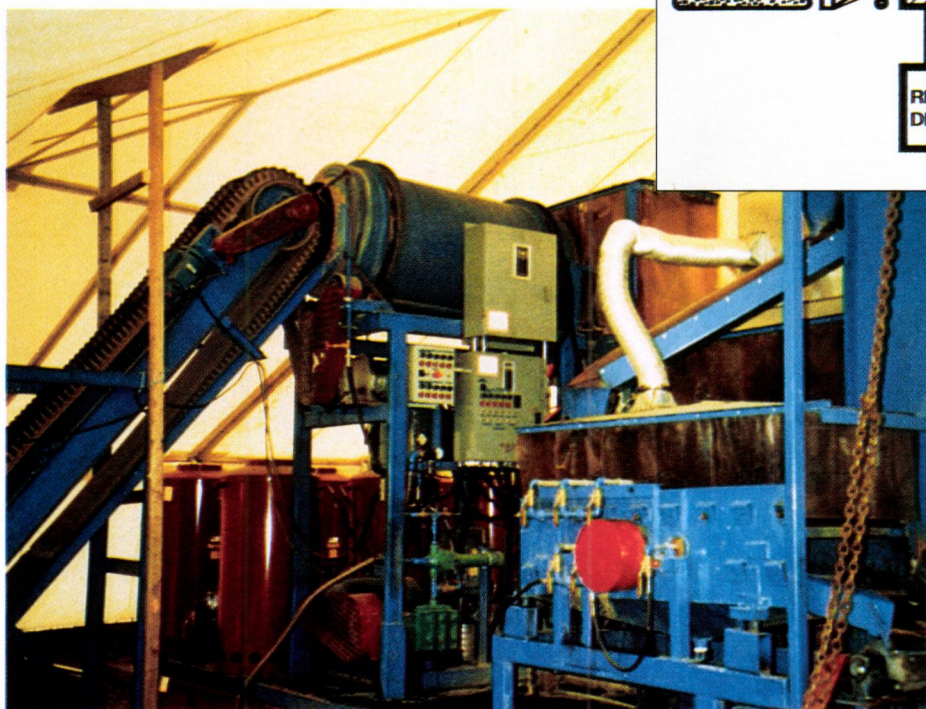
C'est donc ainsi qu'on a procédé lors de la démonstration d'une technologie de décontamination des sols par lessivage à haute pression

en continu. L'utilisation de cette technologie visait à éliminer les hydrocarbures et les pentachlorophénols.

Or, l'un des volets de l'application de cette technologie mise au point par la firme Géocycle, l'analyse des huiles et graisses, posait des problèmes. Les résultats obtenus pour certains échantillons comportaient des variabilités. «L'une des difficultés venait du fait que les méthodes d'analyse n'étaient pas adaptées au type d'échantillons prélevés», précise André Fouquet. «Notre rôle a donc été d'aider les responsables du projet à comprendre ces variabilités dans les résultats et de vérifier l'application des méthodes analytiques en fonction du genre d'échantillons.»



GÉOCYCLE INC.



ENVIRONNEMENT CANADA – FRANCINE FORTIN

Unité de démonstration du procédé «Hydromet» pour la décontamination des sols, une technologie de lessivage à haute pression en continu.

La collaboration d'un expert-conseil au projet «Hydromet» a permis d'adapter l'échantillonnage et le processus analytique permettant d'évaluer ce nouveau procédé de décontamination des sols.

SURVEILLANCE DES EAUX DE SURFACE : MAINTENIR DES RÉSULTATS FIABLES EN DÉPIT DE L'ÉPREUVE DU TEMPS

Réaliser un programme analytique rigoureux et maintenir un niveau de qualité constant pour le Programme de surveillance des eaux de surface.

Le **Programme de surveillance des eaux de surface** consiste à prélever des échantillons d'eau du Saint-Laurent et de certains lacs du Québec pour effectuer un suivi temporel de la qualité de l'eau de surface. L'analyse des échantillons provenant des différents réseaux de surveillance pose deux défis. D'abord, les polluants des eaux de surface sont fortement dilués. Ils se retrouvent donc souvent en faibles concentrations et ne peuvent être quantifiés qu'avec des méthodes analytiques de pointe ayant des niveaux de détection très bas. Ensuite, la régularité avec laquelle les échantillons parviennent au Centre Saint-Laurent nécessite la même régularité et une égale rigueur dans la production des résultats analytiques. «Le vrai test pour évaluer la rigueur et la performance analytique d'un laboratoire, c'est de voir s'il est capable de maintenir des résultats fiables à long terme», souligne le chimiste François Dumouchel. Il précise : «À court terme, un laboratoire peut avoir

une performance impressionnante dans la production de résultats analytiques. Il n'a qu'à concentrer toute son énergie dans la production de résultats fiables. Le vrai défi consiste à maintenir cette performance dans le temps. Dans le cas d'analyses nécessitant un suivi temporel, l'équipe doit faire preuve de rigueur et de régularité permanentes. C'est pourquoi l'analyse des échantillons provenant du Programme de surveillance s'est toujours faite dans nos laboratoires.»

Les échantillons analysés au Laboratoire de chimie inorganique du Centre Saint-Laurent proviennent du réseau de surveillance TADPA (transport à distance des polluants atmosphériques), du lac Laflamme (bassin expérimental sur l'acidification) et du réseau Fleuve Saint-Laurent (réseau de suivi de la qualité de l'eau). En tout, 12 000 analyses portant sur 15 paramètres (acidité, ions majeurs, etc.) ont été effectuées annuellement.



CENTRE SAINT-LAURENT – JACQUES BUREAU

Dans le cadre du Programme de surveillance des eaux de surface, 12 000 analyses chimiques portant sur 15 paramètres ont été effectuées annuellement.

LA VÉRITÉ, TOUTE LA VÉRITÉ!

Quand les «hommes de loi» doivent rendre une décision sur les actions illégales d'une industrie, ils se réfèrent aux «hommes de lab» pour éclairer leur décision.

Participer au programme d'application de règlements nationaux destinés à différents secteurs industriels tels que les raffineries, les mines et les pâtes et papiers.

Des membres de la Section Services analytiques sont occasionnellement appelés à la barre en tant que **témoins experts**. Ils doivent alors défendre les résultats d'analyses ou encore se prononcer sur les conséquences potentielles de tel ou tel contaminant sur l'environnement. «Par exemple, on a fait appel à nous pour émettre un avis scientifique concernant les effets potentiels des BPC sur l'environnement», raconte Raymond Vezeau. «Dans ce cas, notre avis n'avait pas pour but d'incriminer l'industrie, elle l'était déjà. Il visait plutôt à éclairer le juge qui devait rendre sa sentence.»

Dans le cas des règlements touchant les effluents des industries de pâtes et papiers, la *Loi sur les pêches* oblige les entreprises à respecter des normes précises et à effectuer des bioessais sur leurs effluents. Par contre, lorsque la loi ne

donne pas de normes quantitatives mais plutôt une disposition générale, et lorsque la preuve (que les substances rejetées sont effectivement nocives) reste à faire, les tests chimiques et biologiques effectués par la Section revêtent une importance capitale. C'est grâce à l'application d'une panoplie de tests qu'on est parvenu à démontrer que des établissements enfreignaient la loi.

Dans le cadre de l'application de la réglementation, des membres de la Section se chargent aussi d'effectuer les analyses. Leur rôle consiste alors à mettre en relief la contamination d'un produit, d'un milieu ou d'un rejet à partir d'une série de tests. Ils effectuent donc des tests chimiques, mais aussi de nombreux bioessais écotoxicologiques, dont le test de létalité avec Truites arc-en-ciel.

À l'automne 1991 et au printemps 1992, lors de «relevés légaux», des membres officiellement mandatés de la Section ont procédé à des analyses d'un type particulier. Les «relevés légaux» sont des relevés ou des prélèvements d'échantillons effectués lorsqu'on soupçonne une entreprise d'enfreindre les règlements en matière d'environnement. Ils permettent de développer des éléments de preuve. Dans le cas des établissements industriels Tioxide Canada de Tracy et Kronos Canada de Varennes, la tâche de la Section consistait à élaborer une approche analytique allant de l'échantillonnage des effluents de ces deux établissements industriels prioritaires du Plan d'action Saint-Laurent jusqu'aux analyses en laboratoire.



CENTRE SAINT-LAURENT – IMAGE DE TÉLÉDETECTION EN FAUSSES COULEURS DE LA RÉGION DE SOREL DU 30 OCTOBRE 1989

La Section a réalisé 1600 analyses, comprenant des analyses chimiques et des mesures des effets toxiques, dont certaines ont permis d'alimenter la preuve dans des causes de poursuite légale.

URGENCES... URGENCES...

le laboratoire dans une course contre la montre

Répondre aux situations d'urgence environnementale : coordonner les activités analytiques, de l'échantillonnage à la production et à l'interprétation des résultats d'analyses dans de courts délais.

L'incendie de BPC de Saint-Basile-le-Grand, celui du dépôt de pneus de Saint-Amable, l'affaire des carburants contaminés : toutes ces situations d'urgence ont profité de l'expertise de la Section. L'intervention rapide, en moins de 24 heures, la coordination des activités analytiques en vue d'assurer la livraison des analyses dans un court délai, la prise de décision rapide sur la nature et le niveau de sensibilité des analyses qu'il convient d'adopter dans ces situations d'urgence, et enfin, la coordination des activités d'échantillonnage sur le terrain : voilà qui illustre le rôle stratégique que sont régulièrement appelés à jouer les membres de la Section.



ENVIRONNEMENT CANADA – CAROLE PINSONNEAULT

L'INCENDIE DE BPC À SAINT-BASILE-LE-GRAND



ENVIRONNEMENT CANADA

JOUR 1 Le 23 août 1988, à 21 h 25, la Division des urgences environnementales d'Environnement Canada est avisée qu'un entrepôt de BPC à Saint-Basile-le-Grand est la proie des flammes. À la demande du MENVIQ, des responsables sont sur les lieux en moins de 45 minutes.

JOUR 2 Dès le matin, des équipes du Centre de technologies environnementales (CTE) et de la Section Services analytiques arrivent sur place. Leur rôle est stratégique. En collaboration avec les équipes d'urgence, ils coordonnent les activités d'échantillonnage, ils tiennent les registres de prélèvements et gèrent l'envoi des

échantillons vers les différents laboratoires, mobilisés à la suite du sinistre. Des analyses de BPC sont aussi réalisées dans un laboratoire aménagé à proximité des lieux. Les résultats orientent la sélection des sites d'échantillonnage.

JOUR 3 Depuis le début de l'incendie, l'expédition des échantillons vers les laboratoires se fait sur une base régulière. Moins de 12 heures après leur envoi, des résultats reviennent. De concert avec les autres intervenants, les cartographes interprètent alors ces résultats pour déceler, localiser et suivre la progression de la contamination dans l'espace. C'est à partir de ce portrait que les décisions relatives à l'évacuation de différents secteurs sont prises.

LES JOURS SUIVANTS... Pendant les interventions sur le terrain et tout en continuant à participer à la coordination des activités d'échantillonnage, les membres de la Section restent disponibles pour répondre aux questions des intervenants, des journalistes et de la population touchée par l'événement. Par la suite, ils collaborent avec un comité d'experts en toxicologie à l'interprétation des résultats finaux.

Les équipes de la Section Services analytiques sont intervenues rapidement lors de diverses situations d'urgence environnementale.

TRANSFERT TECHNOLOGIQUE DE L'EXPERTISE ANALYTIQUE

La Section Services analytiques répond régulièrement aux demandes de formation faites par d'autres laboratoires du Ministère, par des laboratoires du secteur privé, par des institutions d'enseignement (universités et collèges) et par l'industrie.



CENTRE SAINT-LAURENT

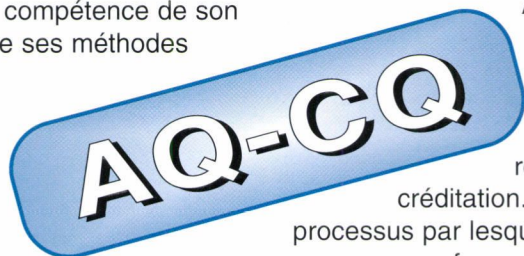
L'expertise de la Section est reconnue, notamment en écotoxicologie où elle se démarque par sa gamme de microbioessais de pointe. Depuis le début du Plan d'action Saint-Laurent, la Section a fourni un encadrement technique à trois stagiaires par année, en moyenne.

L'ACCRÉDITATION DES LABORATOIRES DU CENTRE SAINT-LAURENT :

une compétence en analyse environnementale à l'échelle nationale

Pour être accrédité, un laboratoire doit d'abord satisfaire aux exigences de la certification : deux fois l'an, le laboratoire doit se soumettre à un exercice qui vise à évaluer sa performance analytique. Il doit en plus démontrer la qualité de son organisation interne, établir la compétence de son personnel, prouver la valeur de ses méthodes d'analyse, etc.

Depuis longtemps, les laboratoires de la Section Services analytiques participent au programme d'évaluation de l'Association canadienne des laboratoires d'analyse environnementale (ACLAE) touchant la certification des analyses. Pour chacun des types d'analyses pour lequel un besoin de certification a été identifié, la Section dépose une demande auprès de l'ACLAE. Lorsque la demande est déclarée recevable, l'ACLAE achemine à tous les six mois au Centre Saint-Laurent des échantillons destinés à l'évaluation de la performance.



La Section Services analytiques participe depuis 1991 au programme de certification pour l'analyse de 22 paramètres physiques et chimiques et un test biologique.

Au cours de l'année 1993, elle a reçu la visite de l'ACLAE. Ses inspecteurs ont «ausculté» les laboratoires du Centre Saint-Laurent afin de répondre à une demande d'accréditation. Étape ultime des différents processus par lesquels la Section arrive à évaluer sa propre performance, l'accréditation permet en outre d'établir la réputation des laboratoires à l'échelle nationale.

La Section Services analytiques du Centre Saint-Laurent fait maintenant partie des laboratoires accrédités de l'ACLAE. On en dénombre environ 70 au Canada. C'est en quelque sorte une reconnaissance officielle de la compétence de l'organisation en matière d'analyse environnementale.

LISTE DES PARAMÈTRES CERTIFIÉS POUR L'ANALYSE DES EAUX DE SURFACE

Tests physiques

- pH
- Conductivité
- Matières en suspension

Éléments nutritifs

- Chlorures
- Sulfates
- Nitrates
- Nitrites-nitrates
- Phosphore total

Ions majeurs

- Calcium
- Magnésium
- Sodium
- Potassium



CENTRE SAINT-LAURENT - ALEX GRECOFF

Métaux

- Cadmium
- Cobalt
- Chrome
- Cuivre
- Fer
- Manganèse
- Nickel
- Plomb
- Vanadium
- Zinc

Paramètre biologique

- Test de toxicité : Microtox CI_{50} (bactérie)

L'ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE

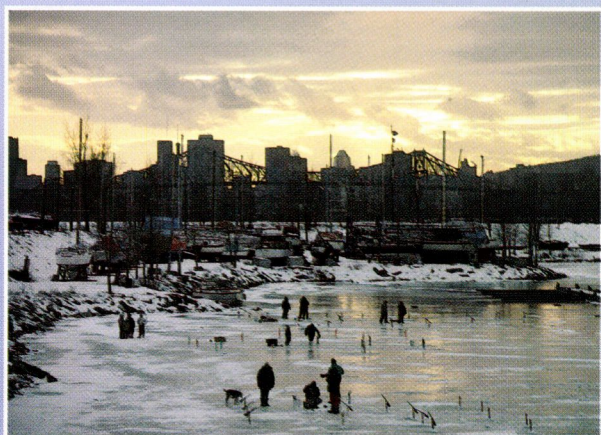


TABLE DES MATIÈRES

L'ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE

page

- 91** UNE TRANSITION BIEN AMORCÉE
- 92** UNE RECONNAISSANCE DES MEILLEURS ACQUIS ET
 QUELQUES NOUVEAUTÉS
- 93** UN EXAMEN DES MARQUES CAUSÉES PAR LA «BULLE
 URBAINE»
- 94** UNE PROGRESSION DES TESTS DE DÉPISTAGE
 DE LA TOXICITÉ
- 95** DES PASSIONNÉS DU MÉTIER

L'ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE



L'IMAGIER – PIERRE TERRIEN

UNE TRANSITION BIEN AMORCÉE

Les connaissances accumulées au cours des cinq années du Plan d'action Saint-Laurent ont tracé progressivement les orientations actuelles de recherche du Centre Saint-Laurent. C'est dorénavant dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000, le nouveau plan d'action, que les travaux sont poursuivis. La problématique de contamination du fleuve est toujours le thème central. Les programmes et les projets de recherche se relient à trois principaux objectifs, et le partenariat avec le secteur privé s'accroît.

Grâce aux données déjà récoltées, un suivi de l'état du fleuve est possible. Les futures informations renseigneront notamment sur l'évolution des apports en contaminants. Bâti sur les meilleurs acquis, le Réseau de suivi est enrichi d'un certain nombre d'indicateurs de la contamination et d'indicateurs de la diversité biologique. Divers endroits du fleuve seront visités ou revisités.

L'évaluation de l'impact de l'industrialisation de la région de Montréal sur la condition du fleuve est un des grands sujets auquel se rattachent

maintenant plusieurs projets réalisés de concert avec la Communauté urbaine de Montréal. Le fleuve dans cette région est entouré par la zone la plus industrialisée et la plus peuplée du Saint-Laurent. Les scientifiques cherchent à mieux connaître quels sont les effets potentiels de cette situation urbaine particulière sur l'état du fleuve.

En écotoxicologie, la recherche s'ouvre à d'autres avenues. On ajoute de nouveaux tests aux microbioessais utilisés depuis quelques années pour déterminer le potentiel toxique des effluents industriels. L'adaptation de tests aux sédiments et le dépistage de substances dites génotoxiques sont les deux pistes de recherche privilégiées.

Les scientifiques du Centre Saint-Laurent s'activent à leur mission. Les nouvelles activités sont bien amorcées. Les futurs résultats de leurs travaux dévoileront d'autres aspects de la condition du fleuve. Sans doute, leurs réalisations ouvriront-elles aux gestionnaires de l'environnement des perspectives qu'ils ne soupçonnaient pas encore...

UNE RECONNAISSANCE DES MEILLEURS ACQUIS ET QUELQUES NOUVEAUTÉS

Mettre en place un réseau de suivi de l'état du fleuve entre Cornwall et Québec.

Plusieurs indicateurs créés ou adaptés au Centre Saint-Laurent ont servi de balises à la mise en place du réseau de suivi de la condition du fleuve. Les travaux des cinq années du Plan d'action Saint-Laurent établissent le «point 1» du réseau dans le temps.

On y ajoute maintenant des points pour suivre l'évolution des apports de contaminants, de la contamination des poissons adultes, mais aussi celle des sédiments, etc. Le potentiel toxique des effluents industriels liquides est mesuré une première fois pour 56 usines situées le long du fleuve ou de ses tributaires. La mesure est reprise pour les 50 premières. Afin de suivre l'évolution de la qualité de l'eau, dix stations localisées entre Varennes et Québec sont visitées régulièrement.

La Moule zébrée, ce petit mollusque qui a une courte durée de vie et qui se reproduit rapidement, est présentement utilisée pour nous en apprendre davantage sur l'exposition récente d'un organisme à la contamination. Pour sa part, l'analyse des concentrations de contaminants chez les poissons adultes continue à nous fournir une image de la contamination qui remonte au passé.

Québec a été choisi comme site de référence pour réaliser un inventaire des maladies des poissons. Les scientifiques veulent en savoir plus sur la fréquence et les causes potentielles des maladies et sur le pourcentage de poissons affectés.

Les chercheurs entreprennent un suivi spécifique au lac Saint-François afin d'évaluer l'impact à long terme du dragage de sédiments à Massena. Leurs résultats vont sans doute soulever quelques coins du voile sur cette grande question. On sait que des quantités importantes de sédiments sont déplacées chaque année dans le chenal maritime et à proximité des installations portuaires pour maintenir la navigation commerciale dans le Saint-Laurent. On sait encore peu de choses sur les conséquences directes et indirectes de ces activités sur l'écosystème fluvial.

La diversité biologique est aussi un élément important du réseau de suivi. En plus d'observer les effets de la Moule zébrée sur la diversité biologique, les communautés de phytoplancton et de périphyton de même que la diversité des espèces de poissons sont à présent examinées de plus près dans certains secteurs du fleuve.

RÉSEAU DE SUIVI DE L'ÉTAT DU FLEUVE SAINT-LAURENT VISION 2000

Indicateurs sélectionnés

Contamination

- Quantification des apports de contaminants
- Quantification des apports de matières en suspension
- Moules zébrées*
- Sédiments
- Poissons adultes (tissus)
- Qualité de l'eau (contaminants et bactéries)*
- BEEP – effluents industriels
- Maladies (poissons)*
- Évaluation de l'impact du dragage de sédiments à Massena*

Biodiversité

- Ampleur de la colonisation par la Moule zébrée
- Recrutement larvaire de la Moule zébrée*
- Composition spécifique des communautés de phytoplancton et de périphyton*
- Diversité des espèces de poissons*

* Nouveaux projets

Couverture spatiale dans le fleuve

- Grands Lacs, effluents industriels (106), embouchure de 10 tributaires, site de référence : Québec
- Grands Lacs, effluents industriels (106), embouchure de 10 tributaires, site de référence : Québec
- Les trois lacs fluviaux et Québec
- Les trois lacs fluviaux et Québec
- Les trois lacs fluviaux et Québec
- Varennes-Québec (10 stations)
- 106 établissements industriels
- Site de référence : Québec
- Lac Saint-François
- Bouées de navigation dans le fleuve
- Divers sites dans le fleuve
- Région de Montréal
- Site de référence : Québec

UN EXAMEN DES MARQUES CAUSÉES PAR LA «BULLE URBAINE»

Évaluer l'impact de l'industrialisation de la région de Montréal sur la condition du fleuve.

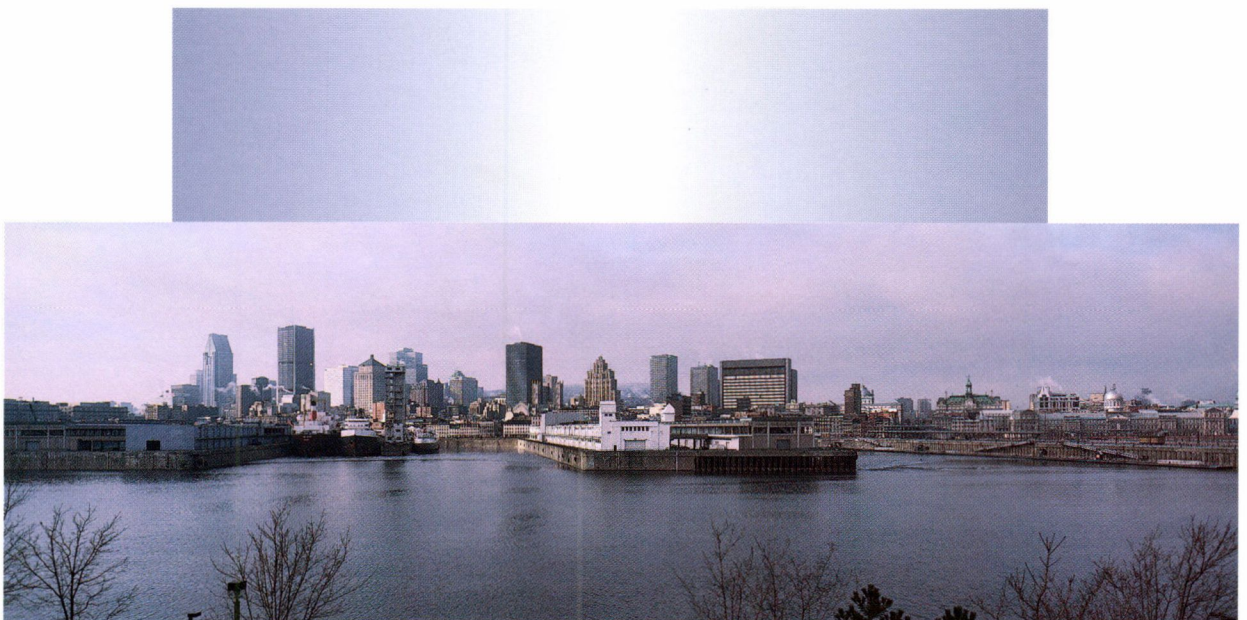
La région de Montréal est un des pôles majeurs de développement de l'est du continent nord-américain. C'est la partie la plus industrialisée et la plus peuplée le long du Saint-Laurent. Une sorte d'enceinte que l'on pourrait qualifier de «bulle urbaine».

Dans cette région, le fleuve a subi et subit encore aujourd'hui plusieurs perturbations : chenal maritime, empiètement par des installations portuaires et des routes, aménagement d'îles, rejets d'eaux usées industrielles et domestiques, apports atmosphériques de contaminants en provenance des automobiles, des industries, sources non identifiées de pollution diffuse.

Quels sont les impacts potentiels des activités humaines de cette région industrialisée sur la condition du fleuve? On sait par exemple que la consommation de l'eau, la pêche, la baignade et les sports nautiques peuvent être compromis en raison de l'état du milieu. On sait également que la condition des ressources biologiques peut être affectée grandement par les modifications

physiques, chimiques ou biologiques de leur environnement. Qu'en est-il pour la région de Montréal? Les chercheurs du Centre Saint-Laurent s'intéressent particulièrement à cette problématique.

En collaboration avec des partenaires, dont la Communauté urbaine de Montréal, ils souhaitent pouvoir se prononcer sur la condition du fleuve soumis aux stress urbains, très différents de ceux des régions rurales où l'agriculture domine. Plusieurs activités scientifiques sont à l'agenda : l'échantillonnage de l'effluent de la station d'épuration de la CUM se poursuit afin de mesurer les concentrations de divers contaminants et leur potentiel toxique. On vérifie l'étendue de l'emprise du panache de l'effluent dans le fleuve. La qualité physico-chimique et bactérienne de l'eau est suivie. La caractérisation des sédiments est effectuée pour connaître la chronologie de la contamination, et des travaux sur les apports atmosphériques de contaminants s'ajoutent à tout cela. Au cours des prochaines années, d'autres projets devraient se greffer à ce programme prometteur.



L'IMAGIER - PIERRE TERRIEN

UNE PROGRESSION DES TESTS DE DÉPISTAGE DE LA TOXICITÉ

Élaborer, adapter et valider des tests de dépistage de la toxicité.

Les microbioessais destinés à évaluer le potentiel toxique des effluents industriels liquides sont là pour rester. L'expérience du Plan d'action Saint-Laurent dans ce domaine s'est avérée très utile. Ces tests sont en fait complémentaires à la caractérisation chimique des effluents. Ils ont permis de comparer le potentiel de toxicité des établissements industriels prioritaires et d'orienter les actions correctives. Présentés et discutés avec les industries, ces outils de diagnostic ont reçu de leur part un accueil favorable.

Il y a aussi de nouvelles pistes, dont l'adaptation de microbioessais aux sédiments. On entend mesurer le potentiel toxique des sédiments dragués ou encore vérifier l'efficacité des procédés de décontamination des sédiments.

Afin de compléter la panoplie, les scientifiques augmentent la mise au point et l'adaptation de tests pour les substances génotoxiques. On veut aller au fond des choses, car on soupçonne que ces substances pourraient avoir des répercussions sur les organismes et l'écosystème même s'il n'y avait plus de rejets.

La miniaturisation des tests fait partie de la continuité au Centre Saint-Laurent et de la tendance mondiale. L'avantage en termes qualité-coûts est indéniable. On n'a pas fini d'entendre parler de ces modèles réduits!



UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL – RICHARD CARIGNAN

UN PARTAGE À PLUS GRANDE ÉCHELLE AVEC LE SECTEUR PRIVÉ

Pour la réalisation de ses activités de recherche, le Centre Saint-Laurent a toujours interagi avec le secteur privé. La recherche et le développement s'adaptent à la réalité économique. Transfert technologique, partage et prêt d'expertise technique, d'espace de laboratoire et d'équipement font maintenant partie des ententes récentes (gouvernement fédéral, gouvernement provincial et entreprise privée, par exemple).

Ces nouvelles façons de faire permettent de réaliser des travaux de recherche et de surveillance environnementale à meilleur coût en reconnaissant les domaines de spécialités respectifs. Une approche qui colle bien à la notion de «valeur ajoutée» intégrée dans les principes de toute entreprise moderne qui se démarque.

DES PASSIONNÉS DU MÉTIER

La recherche commence toujours par une question. Les connaissances scientifiques dissipent un peu les mystères. Elles sont le fondement de l'action. Les scientifiques y sont au coeur...



CENTRE SAINT-LAURENT – MICHEL ARSENAULT

«Merci à tous les scientifiques qui ont dédié leurs efforts à l'étude du Saint-Laurent. Grâce à votre curiosité et à votre persévérance, vous avez su venir à bout de travaux de recherche souvent laborieux. Vos réalisations ajoutent à la connaissance de l'état du fleuve. Elles orientent les actions futures de protection et de conservation de ce remarquable écosystème naturel.»

*Lynn Cleary
Directeur du Centre Saint-Laurent*

***ANNEXES ET
GLOSSAIRE***

TABLE DES MATIÈRES

ANNEXES ET GLOSSAIRE

page

99	ANNEXE 1 OBJECTIFS – PLAN D’ACTION SAINT-LAURENT – SAINT-LAURENT VISION 2000
100	ANNEXE 2 LES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS PRIORITAIRES
102	ANNEXE 3 PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES APPORTS TOXIQUES – LISTE DES SUBSTANCES ANALYSÉES
104	ANNEXE 4 SUIVI DE L’ÉTAT DU SAINT-LAURENT – UTILITÉ DES INDICATEURS
107	GLOSSAIRE DE TERMES CHOISIS

OBJECTIFS – PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT – SAINT-LAURENT VISION 2000

PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT 1988-1993

Objectifs

Protection et restauration de l'environnement

- Réduire de 90 p. 100 les rejets liquides toxiques des 50 établissements industriels prioritaires.
- Préparer des plans de restauration de sites fédéraux contaminés et la restauration de milieux humides.
- Conserver 5000 hectares d'habitats fauniques et créer un parc marin à l'embouchure du Saguenay.
- Élaborer et mettre en application des plans de survie pour certaines espèces menacées.

Conservation des écosystèmes et prévention

- Réaliser un bilan de l'état de l'environnement du fleuve.

SAINT-LAURENT VISION 2000 1993-1998

Objectifs à long terme

Protection et restauration de l'environnement

- Réduire les rejets liquides toxiques et éliminer virtuellement les rejets de substances toxiques persistantes.
- Restaurer des sites dégradés de l'écosystème du Saint-Laurent.

Conservation des écosystèmes et prévention

Biodiversité

- Préserver la biodiversité de l'écosystème du Saint-Laurent.

Agriculture

- Prévenir et réduire les effets de la pollution sur l'écosystème du Saint-Laurent.

Implication communautaire

- Assurer la participation de la population à la protection et à la restauration du Saint-Laurent.

Aide à la prise de décision

- Améliorer les connaissances sur l'écosystème et diffuser cette information aux décideurs.

Santé

- Protéger la santé des populations riveraines.

LES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS PRIORITAIRES

PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT

Métallurgie

Aciers Inoxydables Atlas inc., division de Sammi-Atlas inc.

Aluminerie de Bécancour inc.

Elkem Métal Canada inc.

Métallurgie du cuivre Noranda inc., raffinerie CCR

QIT - Fer et Titane inc.

Sidbec-Dosco inc.

Société canadienne de métaux Reynolds Itée, usine de Baie-Comeau

Société d'aluminium Reynolds du Canada Itée, usine du Cap-de-la-Madeleine

Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée, usine Beauharnois

Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée, usines Arvida, Vaudreuil et Saguenay

Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée, usine Grande-Baie

Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée, usine Isle-Maligne

Zinc Électrolytique du Canada Itée

Mines

Les Services T.M.G. inc, mine Niobec

Pâtes et papiers

Abitibi-Price inc., papeterie Alma

Abitibi-Price inc., papeterie Beaupré

Abitibi-Price inc., papeterie Kénogami

Cascades inc., Jonquièrre

Corporation QUNO

Daishowa inc.

Domtar inc., papeterie de Beauharnois

Domtar inc., papeterie Donnacona

Donohue inc., papeterie de Clermont

F. F. Soucy inc.

Kruger inc., papeterie de Trois-Rivières

Les Papiers Perkins Itée

Produits forestiers Canadien Pacifique Itée

Stone-Consolidated inc., division Port-Alfred

Stone-Consolidated inc., division Wayagamack

Chimie inorganique

Albright & Wilson Amérique, division de Tenneco Canada inc.

Dominion Textile inc., usine de finition Beauharnois

Héroux inc.

ICI Canada inc.

Kronos Canada inc.

Locweld inc.

PPG Canada inc.

Pratt & Whitney Canada inc.

Produits chimiques Expro inc.

Produits Nacan Itée

Produits Nacan Itée (Varenes)

Tioxide Canada inc.

Chimie organique

Les Alcools de Commerce Itée

Les Industries de Préservation du Bois Itée

Monsanto Canada inc.

Pétromont inc. (Varenes)

Pétromont Société en commandite

Produits Pétro-Canada inc.

Produits Shell Canada Itée

Société pétrochimique Kemtec inc.

Ultramar Canada inc.

Cinquante établissements industriels ont été ciblés par le Plan d'action Saint-Laurent, de 1988 à 1993. Cinquante-six autres établissements industriels ont été ajoutés en 1993 à la liste initiale, portant ainsi à 106 le nombre d'usines visées par les mesures de réduction des rejets liquides toxiques.

SAINT-LAURENT VISION 2000

Métallurgie

Aluminerie Alouette inc.
 Aluminerie Luralco inc.
 Câbles Phillips Itée, division BICC Phillips
 Infasco, division de la société en commandite Ifastgroupe
 Montupet Itée
 Norsk Hydro Canada inc.
 Norton Canada inc., division Norton céramiques avancées du Canada
 Société canadienne de métaux Reynolds, division Usine de tiges Reynolds
 Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée (SECAL), usine Laterrière
 Société d'électrolyse et de chimie Alcan Itée (SECAL), usine de Shawinigan
 SKW Canada inc.
 SNW Québec
 Stelco-McMaster Itée

Mines

La Compagnie minière Québec Cartier
 Mine Wabush

Pâtes et papiers

Avenor inc., usine de Gatineau
 Avenor inc., usine de Matane
 BPCO, division d'EMCO Itée
 Cartons Saint-Laurent inc., usine de La Tuque
 Cascades East Angus inc.
 Cascades inc., division Joliette
 Compagnie de pâte à papier St-Raymond Itée
 Corporation Stone-Consolidated inc., division Belgo
 Corporation Stone-Consolidated inc., division Laurentides
 Désencrage Cascades (1988) inc.
 Désencrage C.M.D. inc.
 Division de papiers de communication Domtar

Emballages Stone (Canada) inc., division Pontiac
 Industries James MacLaren inc., division papier-journal
 Industries James MacLaren inc., division pâte kraft
 Kruger inc.
 La Compagnie J. Ford Itée
 Matériaux Cascades inc.
 Papier Kingsey Falls, division de Cascades inc.
 Papiers Scott Itée
 Produits forestiers E.B. Eddy Itée
 Produits forestiers Malette Québec inc.
 Tembec inc.

Chimie Inorganique

Albright & Wilson Amérique, division de Tenneco Canada inc.
 Chemprox chimie inc.
 Duchesne & Fils Itée
 Eka-Nobel Canada inc.
 General Motors du Canada Itée
 Hyundai Auto Canada inc.
 IBM Canada Itée
 ICI Canada inc.
 ICI Canada inc., division Explosifs
 Les Cuirs Sal-Tan inc.
 Le Manufacturier Granford inc.
 Les Technologies industrielles SNC inc.
 Nova Pb inc.
 Produits chimiques Sterling

Chimie organique

Emballages Knowlton
 Goodfellow inc.
 Raffinerie de Napierville inc.
 Stella-Jones inc.

PROGRAMME DE RECHERCHE SUR LES APPORTS TOXIQUES – LISTE DES SUBSTANCES ET PARAMÈTRES ANALYSÉS

Le choix des substances et paramètres à analyser dans le Saint-Laurent a été d'abord fondé sur la consultation de listes* de substances déjà établies par divers organismes, notamment :

- la liste des substances prioritaires incluse dans la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* en 1988;
- la liste des substances au sujet desquelles le Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement a établi une recommandation pour la qualité de l'eau au Canada en 1987;
- la liste des pesticides prioritaires, préparée pour Environnement Canada en 1988;
- la liste des 11 contaminants considérés hautement prioritaires par le Comité sur la qualité de l'eau des Grands Lacs en 1985;
- la liste de 129 substances prioritaires produite pour l'Environmental Protection Agency des États-Unis en 1979.

Les substances retenues répondent à cinq critères principaux :

- leur présence (ou la possibilité de les retrouver) dans le fleuve;
- leur toxicité;
- leur persistance dans le milieu;
- le nombre de fois qu'elles apparaissent sur les différentes listes de substances prioritaires consultées;
- la capacité analytique actuelle.

*Source : Louise Champoux, 1989. *Choix des sources et des substances*. Environnement Canada, Conservation et Protection – région du Québec, Centre Saint-Laurent. Document de travail, 2^e édition.

CONTAMINANTS ORGANIQUES**SUBSTANCES ORGANOCHLORÉES**

BPC : congénères

Classement selon leur toxicité

Groupe 1A

(les plus toxiques) 77 126 169

Groupe 1B 105 118 128 138 170

Groupe 2 101 153 180 183 194

cis-Chlordane*trans*-Chlordane*o,p'*-DDD*o,p'*-DDT*p,p'*-DDD*p,p'*-DDE*p,p'*-DDT

Dieldrine

alpha-Endosulfan

bêta-Endosulfan

Endrine

alpha-HCH

bêta-HCH

Heptachlore

Heptachlore oxyde

Hexachlorobenzène

Lindane

Méthoxychlore

Mirex

HAP

Acénaphène

Acénaphylène

Anthracène

Benzo (a) anthracène

Dibenzo (a,h) anthracène

Chrysène

Fluoranthène

Benzo (b) fluoranthène

Benzo (k) fluoranthène

Fluorène

Naphtalène

Phénanthrène

Benzo (ghi) pérylène

Pyrène

Benzo (a) pyrène

Indéno (1,2,3-cd) pyrène

TRIAZINES

Atrazine

PESTICIDES ORGANOPHOSPHORÉS

Diazinon

CHLOROPHÉNOLS et CHLOROGAÏACOLS*

Dichloro-2,4 phénol

Dichloro-3,4 phénol

Trichloro-2,4,6 phénol

Trichloro-2,3,5 phénol

Trichloro-2,3,4 phénol

Tétrachloro-2,3,4,6 phénol

Trichloro-3,4,5 gaïacol

Trichloro-4,5,6 gaïacol

Pentachlorophénol

Tétrachlorogaïacol

SUBSTANCES INORGANIQUES**MÉTAUX**

Aluminium

Cadmium

Chrome

Cuivre

Fer

Manganèse

Nickel

Plomb

Zinc

PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Conductivité (de surface)

pH (de surface)

Température (de surface)

Conductivité (selon la profondeur)

Oxygène dissous (selon la profondeur)

Température (selon la profondeur)

Turbidité (selon la profondeur)

Profondeur

Débit (0,2 et 0,8 de la profondeur totale)

Concentration de matières en suspension

SUBSTANCES NUTRITIVES

Carbone organique dissous

Carbone organique particulaire

Carbone organique particulaire/azote particulaire

*Toutes les analyses de substances organiques et de substances inorganiques ont été effectuées sur la phase dissoute et sur la phase particulaire des échantillons d'eau sauf dans le cas des chlorophénols et chlorogaïacols pour lesquels seule la phase particulaire a été analysée.

SUIVI DE L'ÉTAT DU SAINT-LAURENT UTILITÉ DES INDICATEURS

LES AGENTS STRESSEURS

Apports de contaminants : La quantification des apports permet, entre autres, d'évaluer la contribution relative des différentes sources de contamination que sont par exemple les Grands Lacs, les tributaires du fleuve, les effluents industriels, etc. Ainsi, le bilan des sources (1990-1991) entre Cornwall et Québec a permis d'estimer qu'à l'automne, plus de la moitié de la contamination par les HAP dans le fleuve était d'origine atmosphérique. Le bilan des sources suggère donc aux gestionnaires d'orienter des programmes de recherche vers la pollution atmosphérique.

Moule zébrée : La Moule zébrée est considérée comme un agent stresser parce que, lorsqu'elle envahit un milieu, elle peut modifier assez rapidement l'équilibre dynamique existant entre les différentes espèces. Jusqu'à présent, les travaux de recherche ont porté sur l'ampleur de la colonisation et l'identification des zones à risque dans le fleuve.

LES INDICATEURS D'EXPOSITION

Moule zébrée : Cet agent stresser ou perturbateur a l'avantage de bioaccumuler les contaminants. Organisme filtreur, ce mollusque absorbe les contaminants en phase dissoute et en phase particulaire (c'est-à-dire des particules en suspension). La Moule zébrée est utilisée comme agent intégrateur des contaminants.

Oxydases à fonctions multiples (OFM) : Les OFM représentent un système enzymatique complexe particulièrement actif dans le foie. Elles contribuent à métaboliser les substances organiques, par exemple les HAP et les BPC, dans le but de faciliter leur élimination. Aussi, il est possible d'analyser les OFM dans le foie du poisson pour obtenir de l'information, entre autres, sur l'exposition de ce poisson à certains contaminants organiques.

Poissons adultes : La bioaccumulation des substances toxiques chez les poissons est un indicateur souvent utilisé – un des premiers bioindicateurs retenus pour évaluer l'état du Saint-Laurent. En mesurant la concentration des substances dans un ou plusieurs tissus d'un poisson, on a une bonne idée du degré de contamination des différents secteurs du fleuve. Par exemple, cet indicateur a permis aux chercheurs du Centre Saint-Laurent de constater que cinq espèces de poissons vivant en amont de Montréal sont plus contaminées que celles vivant en aval.

Sédiments : Les sédiments sont en quelque sorte la mémoire du fleuve. L'étude de la concentration des contaminants dans les sédiments aide

à percevoir des changements à très long terme. À titre d'exemple, une baisse des concentrations de plomb mesurées dans les strates de sédiments plus récents a amené les chercheurs du Centre Saint-Laurent à conclure que le programme de réduction du plomb dans l'essence (déployé dans les années 1970) a porté fruit.

Macrophytes : Localisées dans des secteurs spécifiques et renouvelées annuellement, ces plantes aquatiques sont des bioaccumulateurs qui révèlent une contamination à l'échelle locale et récente. Les macrophytes bioaccumulent les contaminants qui sont en phase dissoute. L'analyse de ces contaminants dans l'eau nécessite une procédure complexe – les concentrations dans le milieu se situent souvent en dessous des seuils de détection des appareils d'analyse chimique. En agissant comme intégrateurs et concentrateurs de contaminants, les macrophytes accomplissent déjà une partie du travail du personnel de laboratoire.

Jeunes poissons : La bioaccumulation de substances toxiques chez les poissons de moins d'un an est semblable à celle observée chez les poissons adultes. Cependant, elle peut être interprétée comme une évidence d'exposition plus récente à des contaminants. Peu mobiles et limités à un territoire circonscrit, les jeunes poissons capturés dans le panache d'un effluent pourront, par exemple, donner une meilleure idée du degré de contamination auquel sont exposés les organismes qui vivent à proximité de la source de pollution.

LES INDICATEURS D'EFFETS

BEEP effluents industriels : Circonscrit à l'effluent industriel, le BEEP (Barème d'effets écotoxiques potentiels) utilise des microorganismes de laboratoire pour nous informer des effets toxiques potentiels à court terme et à l'échelle locale. Outil de décision rapide donnant une réponse claire, le BEEP a permis de classer les établissements industriels prioritaires du Plan d'action Saint-Laurent selon leur potentiel toxique. Les chercheurs du Centre Saint-Laurent recommandent d'appliquer le BEEP dans le milieu récepteur de l'effluent, en combinaison avec d'autres outils qui reflètent davantage les effets sur les écosystèmes ou sur les organismes indigènes.

Pathologie : Fondée sur une approche épidémiologique, la pathologie peut cerner les causes des diverses maladies observées chez les poissons du fleuve. Elle permet aussi de déterminer quelle proportion de poissons est atteinte par ces maladies. Associé à une expertise vétérinaire, cet indicateur permet de faire une distinction entre les affections attribuables à la contamination et les affections plus courantes, comparables, par exemple, à un rhume chez l'être humain.

Spectre de tailles : Le spectre de tailles, ou fréquence de la taille des algues périphytiques, est utilisé comme indicateur d'effets précoces d'un stress environnemental. Les chercheurs ont constaté que la taille des algues périphytiques

variait, en proportions à peu près équivalentes, en fonction de la contamination du milieu et des facteurs écologiques (température de l'eau, éléments nutritifs, etc.). Cet indicateur permet d'éviter les traditionnelles analyses taxinomiques, plus laborieuses.

ICI : L'Indice des communautés d'invertébrés (ICI) est un indicateur qui permet avant tout de se faire une idée générale de l'état du milieu. Les biologistes utilisent l'ICI pour évaluer le degré de perturbation des communautés benthiques avant de s'attarder aux différentes causes provoquant les perturbations. Cet indicateur se révèle fort utile dans un contexte de gestion écosystémique.

Communautés de seston : Cet indicateur révèle des changements à l'échelle globale et à court terme. Une étude entreprise par des chercheurs de la Section Apports toxiques, au cours du Plan d'action Saint-Laurent, a montré qu'il s'est produit des bouleversements dans la structure des communautés d'algues au cours des dernières années. Par exemple, on observe aujourd'hui que beaucoup plus d'algues nutritives sont disponibles pour les organismes consommateurs. Il s'agit d'un revirement de situation par rapport aux observations scientifiques du Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent faites au cours des années 1970.

GLOSSAIRE DE TERMES CHOISIS

Absorption

Ensemble des phénomènes accompagnant la pénétration d'une substance venant de l'extérieur à l'intérieur d'un organisme vivant.

Amont

Le côté d'où descend un cours d'eau.

Anthropique

Se dit des phénomènes qui sont provoqués ou entretenus par l'action de l'homme.

Aval

Le côté vers lequel descend un cours d'eau.

Batillage

Remous provoqué par le déplacement d'un bateau ou par le vent et dont les ondes de choc entraînent la dégradation des berges.

Benthos ou communauté benthique

Ensemble des organismes animaux (zoobenthos) et végétaux (phytobenthos) qui vivent dans le fond d'une mer, d'un lac ou d'un cours d'eau et en dépendent pour leur subsistance.

Bioaccumulation

Terme général désignant un processus par lequel des substances chimiques sont ingérées et accumulées par des organismes, soit directement de l'environnement, soit par la consommation d'aliments contenant ces substances chimiques.

Bioamplification

Augmentation cumulative de la concentration d'une substance (par exemple un contaminant) au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la *chaîne alimentaire*.

Biocénose

Ensemble des organismes vivants, animaux et végétaux, qui vivent en équilibre dans un même milieu.

Biodégradation

Décomposition plus ou moins rapide de certaines substances (par exemple une substance organique), due à l'action d'organismes vivants comme des bactéries, des champignons, etc., et transformation en substances *inorganiques*.

Remarque. – Les termes en italique dans les définitions sont des descripteurs dont la définition est donnée dans le glossaire.

Biodiversité

Voir *Diversité biologique*.

Bioessai

Expérience contrôlée en laboratoire, destinée à mesurer l'influence d'un stimulus (par exemple un effluent industriel potentiellement toxique) sur des organismes vivants.

Bio-indicateur

Organisme vivant utilisé pour détecter la présence de contaminants ou mesurer l'effet d'une *contamination* sur la qualité d'un milieu.

Bioluminescence

Phénomène d'émission de lumière (luminescence chimique) par des organismes vivants tels que la luciole, le ver luisant, les bactéries, dû généralement à des réactions enzymatiques.

Biomasse

Masse totale de matière vivante, végétale, animale et microbienne, présente dans un milieu à un moment donné. La biomasse est une mesure caractéristique qu'on rapporte à une surface (en hectares) pour les milieux terrestres et à un volume (en mètres cubes) pour les milieux aquatiques. Cette mesure s'exprime en poids frais, en poids sec, en tonnes équivalent pétrole (tep) ou en calories.

Biosurveillance

Processus consistant à vérifier, à observer et à suivre le phénomène de la *contamination* du milieu à l'aide d'organismes, pendant une période déterminée ou à des intervalles donnés.

Biote

Ensemble des êtres vivants (animaux et végétaux) d'un endroit donné.

Biotope

Aire géographique bien délimitée, caractérisée par des conditions écologiques particulières (sol, climat, etc.), servant de support physique aux organismes qui y vivent.

Biotransformation

Ensemble des processus biologiques et chimiques qui, chez un organisme, contribuent principalement à convertir les composés lipophiles (qui retiennent les substances grasses) en composés hydrophiles (qui absorbent l'eau).

Bivalve

Se dit des coquilles composées de deux valves jointes par un muscle charnière. Par ext., coquillage bivalve (par exemple la moule).

BPC (biphényles polychlorés)

Groupe de 209 substances organiques d'origine synthétique qui ont été utilisées dans le matériel électrique et hydraulique, dans les lubrifiants et dans d'autres fluides en raison de leur stabilité chimique et de leur résistance à la chaleur. Les producteurs industriels de BPC ont volontairement réduit la production de BPC en 1972. Au Canada, les utilisations des BPC ont été réglementées en 1977, et l'importation de tout équipement électrique renfermant des BPC a été interdite après 1980. Les BPC continueront de circuler dans l'environnement bien qu'on ait cessé leur fabrication et que toute nouvelle utilisation soit restreinte. Parmi les 209 substances, un certain nombre sont très toxiques et persistantes dans l'environnement.

Cancérogène

Se dit de tout facteur susceptible de provoquer ou de favoriser l'apparition d'un cancer.

Caractérisation (rejets liquides industriels)

Ensemble d'analyses permettant d'établir distinctement le bilan des contaminants rejetés par une industrie : matières en suspension (MES), demande biochimique en oxygène (DBO₅), métaux lourds, autres métaux, substances organiques, etc.

Carbone

Corps simple existant à l'état plus ou moins pur dans la nature et qui entre dans la composition de presque tous les tissus vivants.

Chaîne alimentaire

Ensemble ordonné d'éléments nutritifs et de transferts d'énergie dans les *écosystèmes*, allant des producteurs aux consommateurs. Tout au long de la chaîne, les organismes sont liés les uns aux autres : les organismes des *niveaux trophiques* supérieurs obtiennent énergie et éléments nutritifs en consommant les organismes des niveaux trophiques inférieurs.

Charge

Masse totale de contaminants transportée par unité de temps dans un cours d'eau (fleuve, rivière, effluent, etc.) à un endroit donné. La charge s'exprime en kilogrammes par seconde, en kilogrammes par jour, en tonnes métriques par année.

Chlorophénols

Groupe de produits chimiques toxiques obtenus par la chloration des *phénols*. Utilisés comme agents de préservation dans les peintures, les boues de forage, les solutions photographiques, les peaux et les cuirs ainsi que les textiles. Également utilisés comme herbicides et insecticides et, le plus couramment, pour la préservation du bois. Un exemple de chlorophénol est le pentachlorophénol.

Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (1973-1977)

En 1973, les gouvernements fédéral et québécois signaient une entente dans le but de réaliser l'inventaire biophysique du fleuve et de préparer un plan d'action pour remédier à ses détériorations (augmentation des rejets municipaux, industriels et agricoles). Le Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent a été mis sur pied à la suite de cette entente afin d'assurer la réalisation du programme. Le Comité a soumis son rapport final et ses recommandations en 1977.

Compartiment

Division des éléments composant un *écosystème* aquatique (par exemple l'eau, les matières en suspension, les sédiments, le *biote*).

Composé organique

Substance organique d'origine *anthropique*.

Contamination

Introduction de toute substance chimique ou biologique ou de tout agent physique étrangers dans le milieu et dont la présence est indésirable. Ne sous-entend pas d'effet (voir aussi *pollution*). Désigne généralement l'introduction de substances d'origine *anthropique*.

Couche active (ou couche superficielle)

Couche supérieure de sédiments affectée par différentes perturbations d'origine physique ou biologique et susceptible d'être *remise en suspension*.

Débit

Volume d'eau, exprimé en mètres cubes par seconde, s'écoulant dans un cours d'eau par unité de temps.

Diversité biologique

Comprend la variété des différentes espèces, la variabilité génétique de chaque espèce et la variété des différents *écosystèmes* formés par ces espèces.

Échantillonnage

Ensemble des opérations de prélèvement des échantillons (fraction représentative d'un milieu) effectuées dans un but d'analyse.

Écologie

Science ayant pour objet l'étude des rapports des organismes vivants entre eux et avec leur milieu.

Écosystème

Unité écologique de base formée par le milieu vivant (*biotope*) et les organismes animaux et végétaux qui y vivent (*biocénose*).

Écotoxicité

Caractère toxique d'un ou de plusieurs agents physiques, chimiques ou biologiques pour des organismes vivants et leur milieu.

Écotoxicologie

Étude de la *contamination* de l'environnement par les agents polluants résultant de l'activité humaine, de leurs mécanismes d'action et de leurs effets sur la santé des organismes.

Effluent (industriel ou urbain)

Désigne ici, les eaux usées traitées ou non traitées d'origine industrielle ou urbaine rejetées dans le milieu naturel. En assainissement de l'air, désigne les gaz, poussières et aérosols rejetés dans l'atmosphère par un système.

Enzyme

Protéine qui facilite, accroît les réactions chimiques dans un organisme.

Epidémiologie

Étude de la prévalence et de la propagation d'une maladie au sein d'une communauté.

Équipe d'intervention Saint-Laurent

Équipe fédérale-provinciale mise sur pied en 1989, à la suite d'une entente liée à un des objectifs principaux du Plan d'action Saint-Laurent : la réduction de 90 p. 100 des rejets toxiques liquides de 50 établissements industriels établis le long du Saint-Laurent et du Saguenay.

Eutrophisation (ou enrichissement en éléments nutritifs)

Processus de surfertilisation d'une masse d'eau par des éléments nutritifs entraînant une production de matières organiques supérieure à la capacité d'auto-épuration de la masse d'eau. L'eutrophisation peut se produire naturellement ou être accélérée par une augmentation de la charge d'éléments nutritifs de la masse d'eau causée par des activités humaines.

Furannes

Groupe de 135 substances organiques hautement toxiques, sous-produits de différents procédés industriels, principalement de la combustion des *BPC*.

Génotoxique

Se dit d'une substance capable d'endommager de différentes façons le matériel génétique (ADN) d'un organisme.

HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)

Composés résultant de la combustion incomplète de matières organiques (incendie de forêt, activité volcanique), de la diagenèse (processus par lequel un dépôt de sédiments se transforme lentement en roche) ou de la biosynthèse (formation d'une substance organique dans un être vivant). Une part importante des HAP présents dans l'environnement est toutefois d'origine *anthropique* (aluminerie et brûlage du bois).

HCB (hexachlorobenzène)

Substance utilisée dans la synthèse des *composés organiques* et comme fongicide. Également appelée perchlorobenzène.

Homogénat

Ici, mélange homogénéisé de tissus prélevés sur un ou plusieurs animaux.

Hydrocarbure

Substance ne contenant que du *carbone* et de l'hydrogène. Le pétrole et ses dérivés sont des hydrocarbures.

Induction (des enzymes OFM)

Déclenchement d'un phénomène dont la manifestation se produit avec un certain retard par rapport à l'intervention de la cause responsable.

Inorganique

Qui n'est pas constitué de matière végétale ou animale et qui ne présente pas une combinaison de carbone, d'hydrogène et d'oxygène comme chez les êtres vivants.

Létal

Se dit de ce qui peut provoquer la mort par action directe.

Létalité aiguë

Mortalité par suite d'une exposition de courte durée à des *substances toxiques*.

Létalité chronique

Mortalité par suite d'une exposition de longue durée à des *substances toxiques*.

Limite de détection

Quantité minimale d'une substance qu'une méthode analytique peut mesurer.

Lixiviation

Passage lent d'un solvant à travers une couche de substance pulvérisée pour en extraire les constituants solubles.

Macrocosme

En écotoxicologie, *écosystème* naturel.

Macrophyte

Se dit des plantes visibles à l'oeil nu, en particulier des plantes aquatiques.

Mésocosme

En écotoxicologie, partie d'écosystème (> 10 m³) isolée de telle sorte qu'il soit possible d'étudier les comportements, les réactions et les interactions des différentes espèces qui y vivent. Le mésocosme permet d'étudier les effets des contaminants sur les organismes dans des conditions plus naturelles que celles d'études effectuées en laboratoire.

Métal lourd

Élément métallique de masse atomique relativement élevée comme le plomb, le cadmium et le mercure. Généralement toxique pour la vie végétale et animale, même à des concentrations relativement faibles.

Métaux-traces

Métaux lourds trouvés dans l'environnement à des concentrations relativement faibles.

Microorganisme

Organisme vivant unicellulaire (constitué d'une seule cellule) ou pluricellulaire (constitué de plusieurs cellules), visible seulement au microscope.

mg/L

Milligrammes par litre.

Mutagène

Se dit d'un agent chimique ou physique susceptible de provoquer des *mutations* chez une espèce.

Mutation

Changement soudain et définitif de caractères héréditaires, par changement «dans le nombre et dans la qualité des gènes» (J. Rostand).

Neuston

Ensemble des insectes patineurs vivant à la surface de l'eau.

Niveau trophique

Classification fonctionnelle des organismes d'une communauté selon les relations de nutrition; le premier niveau trophique comprend les plantes vertes, le deuxième niveau comprend les herbivores, etc.

OFM (oxygénases à fonctions multiples)

Groupe d'*enzymes* particulièrement actives au niveau du foie des organismes supérieurs et qui a pour rôle, entre autres, de prendre en charge la transformation et l'élimination des substances étrangères à l'organisme, comme les substances *xénobiotiques*.

Périphyton (ou algues périphytiques)

Ensemble des organismes aquatiques qui vivent fixés à la surface des objets ou des plantes immergés dans les cours d'eau ou dans les lacs.

Pesticide

Substance, généralement chimique, utilisée pour détruire des organismes végétaux et animaux indésirables. Les pesticides englobent les herbicides, les insecticides, les algicides et les fongicides.

pH

Expression numérique de la concentration des ions hydrogène dans une solution. La solution est acide lorsque le pH se situe entre 0 et 7, neutre lorsque le pH est de 7, et basique ou alcaline lorsque le pH se situe entre 7 et 14.

Phénol

Composé acide cristallin, corrosif et toxique, présent dans les goudrons de houille et de bois.

Phytoplancton

Ensemble des organismes du *plancton* qui appartiennent au règne végétal, de taille très petite ou microscopique, et qui vivent en suspension dans l'eau.

Plancton

Ensemble des organismes animaux (zooplancton) et végétaux (phytoplancton) qui vivent en suspension dans les océans et les eaux douces, et qui dérivent dans les eaux en raison de leur faible capacité natatoire dans les courants.

Pleuston

Ensemble des organismes aquatiques qui vivent dans l'interface air-eau et dont les déplacements sont régis par le vent.

Pollution

Introduction directe ou indirecte, par l'être humain, de substances ou d'énergie dans l'environnement, qui entraîne ou est susceptible d'entraîner des effets néfastes de nature à endommager les ressources vivantes et les formes de vie, à mettre en danger la santé humaine, à entraver les activités humaines ou à altérer la qualité des ressources environnementales et à réduire les avantages tirés du milieu naturel.

Population

Ensemble des individus d'une même espèce, vivant dans un endroit commun et composant un groupe reproducteur.

Protozoaire

Organisme animal unicellulaire. Les protozoaires constituent un embranchement du règne animal.

Régime hydrologique

Ensemble des variations du débit d'un cours d'eau en fonction du temps.

Remise en suspension

Réintégration de particules de sédiments et de polluants dans l'eau en raison des tempêtes, des courants, des organismes et des activités humaines telles que le dragage.

Répliquabilité

Étroitesse de l'accord entre les résultats successifs obtenus à partir du même échantillon soumis à l'essai dans le même laboratoire et dans les mêmes conditions, c'est-à-dire par le même opérateur, avec le même appareil, le même jour.

Répétabilité

Étroitesse de l'accord entre les résultats individuels obtenus à partir du même échantillon soumis à l'essai dans le même laboratoire mais dont au moins une des conditions d'essai diffère, qu'il s'agisse de l'opérateur, de l'appareil ou du jour où l'analyse est effectuée.

Reproductibilité

Étroitesse de l'accord entre les résultats individuels obtenus à partir du même échantillon soumis à l'essai dans des laboratoires différents et dans des conditions différentes, c'est-à-dire par un opérateur et à l'aide d'un appareil différent.

Sénescence

Processus de vieillissement ou de mort naturelle des organismes (par exemple la sénescence automnale des *macrophytes*).

Seston

Ensemble des organismes vivants et des particules en suspension dans l'eau comprenant le *plancton*, le *pleuston*, le *neuston* et le *tripton*.

Source ponctuelle

Source de pollution distincte et repérable.

Subléthalité aiguë

Tout stimulus dont l'intensité est inférieure à celle nécessaire pour entraîner la mort, suite à une exposition de courte durée à des *substances toxiques*.

Subléthalité chronique

Tout stimulus dont l'intensité est inférieure à celle nécessaire pour entraîner la mort, suite à une exposition de longue durée à des *substances toxiques*.

Substance toxique

Substance susceptible de causer la mort, la maladie, des malformations congénitales, des anomalies de comportement, des mutations génétiques ou des problèmes physiologiques ou génétiques dans un organisme ou dans sa progéniture, ou qui peut devenir poison après s'être concentrée dans le réseau trophique ou en combinaison avec d'autres substances.

Substance toxique persistante ou rémanente

Substance toxique difficile à détruire ou qui se dégrade lentement, c'est-à-dire avec une demi-vie supérieure à huit semaines dans l'eau.

Substrat

Tout sédiment ou matériau sur lequel repose quelque chose et qui sert de support à une autre existence (par exemple le sol sous les plantes).

Taxinomie

Science des lois de la classification des formes vivantes.

Temps de résidence (relié à l'étude des sédiments)

Temps de séjour nécessaire à une particule (par exemple un grain de sable) pour qu'elle traverse la première couche de sédiments, appelée *couche active*, avant d'être enfouie de manière permanente dans des couches plus profondes.

Toxicité

Capacité ou potentiel inhérent d'une substance d'engendrer des effets dommageables chez un organisme vivant.

Toxicopathologie

Science qui a pour objet l'étude des maladies et des effets qu'elles provoquent (lésions, troubles) en relation avec l'exposition à des *substances toxiques*.

Transect

Ligne imaginaire qui traverse un cours d'eau perpendiculairement au sens du courant et qui sert à déterminer l'emplacement de stations d'échantillonnage.

Triazines

Groupe d'herbicides très utilisés (surtout l'atrazine) entre autres pour la culture du maïs, les plantations de conifères et le contrôle des mauvaises herbes. Leur grande solubilité et leur dégradation lente peuvent entraîner des problèmes de contamination (de la nappe phréatique, par exemple).

Tripton

Ensemble des particules non vivantes (organismes morts, détritiques organiques, particules minérales) en suspension dans l'eau.

Usages

Diverses fonctions du fleuve liées aux activités humaines. L'adduction d'eau pour la production d'électricité, pour la consommation humaine, pour les activités industrielles et pour l'agriculture, la baignade, les sports nautiques, la pêche, la chasse sportive, le transport maritime et les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles font partie des usages du fleuve.

Xénobiotique

Se dit d'une substance chimique étrangère à l'organisme (par exemple, les produits de synthèse tels que les congénères des BPC ou le DDT sont des substances xénobiotiques).

-
- Sources : • Gouvernement du Canada, 1991. *Le Plan vert du Canada. L'état de l'environnement au Canada.*
• Gouvernement du Canada, 1991. *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes.*
• Hayes and Laws' Editors, 1991. *Handbook of Pesticide Toxicology.*
• Parent, Sylvain, 1990. *Dictionnaire des sciences de l'environnement.* Éditions Broquet.

INDEX PAR SUJET DE RECHERCHE

Apports toxiques

Bilan des contaminants dans le fleuve	8-13
Formule du bilan massique	9
Bilan des contaminants dans le fleuve (Cornwall-Québec)	10

Dynamique et contamination des sédiments

Tout pour prédire le temps d'épuration du système	17
Distribution spatiale des différences de concentrations de BPC au lac Saint-François (1979 et 1989)	20
Distribution spatiale des différences de concentrations de mercure au lac Saint-François (1979 et 1989)	21
Évolution de la concentration de plomb dans les sédiments entre 1950 et 1980 à un site	23

Rôle des plantes aquatiques dans le bilan des contaminants

Cartographie quantitative des macrophytes au lac Saint-Pierre par télédétection le 26 juillet 1990	25
Composition du seston	26

Simulation de la propagation des rejets industriels liquides

Grille d'éléments finis du lac Saint-Pierre	15
Simulation du panache cumulé de trois effluents industriels au lac Saint-Pierre	15

Écotoxicologie

Microbioessais en laboratoire

Liste des tests de la Série de méthodes d'essais biologiques, normalisés avec la participation du Centre Saint-Laurent	39
Toxicité létale d'effluents industriels non dilués pour l'algue verte <i>Selenastrum capricornutum</i>	41

Modélisation écotoxicologique

Caractéristiques des bioessais du BEEP	44
Valeurs BEEP des établissements industriels prioritaires	45

Validation des outils de laboratoire dans le milieu et biomarqueurs *in situ*

Mercure dans les homogénats de Queues à tache noire au lac Saint-Louis (1984)	50
---	----

Évaluation des écosystèmes

Batterie d'indicateurs biologiques

Les trois types d'indicateurs	57
<i>Agent stresser</i>	58-59
Densités moyennes de moules zébrées fixées sur les bouées de navigation en 1990, 1991 et 1992	59

Indicateurs d'exposition

Concentrations de mercure chez les poissons des lacs Saint-François, Saint-Louis et Saint-Pierre (1989)	61
Valeurs moyennes d'OFM chez le Grand Brochet échantillonné les 14 et 15 septembre 1990	63

Indicateurs d'effets

Répartition géographique des sources d'information sur les maladies des poissons	64
Poissons mal formés... ou histoires déformées?	65
Valeurs moyennes de l'ICI en juillet et septembre 1991 dans la région de Beauharnois	67

Réseau de suivi de l'état du fleuve

Services analytiques

Analyses environnementales et expertise-conseil

Liste des paramètres certifiés pour l'analyse des eaux de surface	88
---	----

