



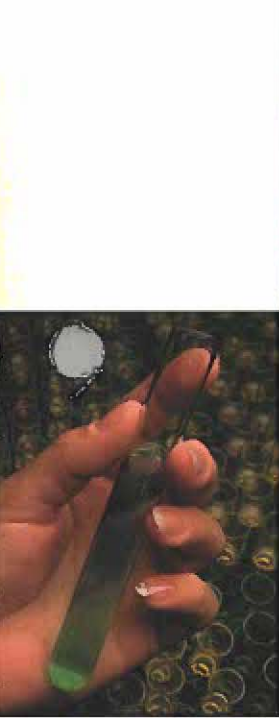
Tracking contaminants in the St. Lawrence River

What quantity of contaminants is exported annually from the Great Lakes to the St. Lawrence River? What quantity of contaminants is exported, in turn, by the St. Lawrence to its estuary?

A team of scientific researchers at the St. Lawrence Centre (SLC) set out to answer these two important questions as part of a project known as the "St. Lawrence River Mass Balance Study."

Under this project, the annual contaminant load (that is, the total quantity of contaminants transported) in the St. Lawrence River during the 1995-96 hydrological year was estimated. These calculations were performed from measurements taken at the two main inlets to the St. Lawrence (at Cornwall, Ontario and Carillon, Quebec) and at the outlet (Quebec City), in the Fluvial Section of the river (that is, that stretch of the river running from Cornwall to Quebec City). Cornwall is characterized by inflows from Lake Ontario to the St. Lawrence, whereas Carillon marks the inflow of water from the Ottawa River. The mouth, or outlet, of the St. Lawrence River is located at Quebec City. The study targeted 85 chemical contaminants divided into six classes: metals, polychlorinated biphenyls (PCBs), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), organochlorine and organophosphorus pesticides, and triazines (see Table 1).

The accuracy of this type of mass balance study depends, first and foremost, on the quality and quantity of data available to calculate the chemical loads. The concentrations of contaminants found in the St. Lawrence River were so low that scientists had to employ sampling techniques normally adapted to the analysis of trace levels of chemicals. These levels corresponded to less than one billionth of one gram (and often to one thousandth of one billionth of one gram) of a contaminant contained in one litre of water. This is equal to one-half teaspoon in 2000 Olympic-size swimming pools! In order to obtain reliable and precise data, rigorous sampling and analysis techniques were employed.



Sur la trace des contaminants du Saint-Laurent

Quelle quantité de contaminants les Grands Lacs exportent-ils annuellement vers le fleuve Saint-Laurent et quelle quantité de contaminants le fleuve exporte-t-il à son tour vers son estuaire ?

Voilà les deux questions principales auxquelles une équipe scientifique du Centre Saint-Laurent (CSL) a tenté de répondre dans le cadre du projet « Bilan massique des contaminants du Saint-Laurent ».

Ce projet a permis d'estimer les charges annuelles de contaminants, soit la quantité de contaminants transportée au cours de l'année hydrologique 1995-1996, aux deux entrées principales et à la sortie du tronçon fluvial Cornwall-Québec. Les deux entrées sont constituées l'une par l'arrivée des eaux en provenance du lac Ontario (à Cornwall) et l'autre par l'arrivée des eaux de la rivière des Outaouais (à Carillon) ; la sortie réfère à l'embouchure du Saint-Laurent à la hauteur de Québec. Quarante-cinq contaminants chimiques regroupés en six classes (métaux, BPC, HAP, pesticides organochlorés, organophosphorés et triazines) étaient visés par l'étude (voir encadré 1).

La validité de ce type de bilan massique dépend en tout premier lieu de la qualité et de la quantité de données disponibles pour évaluer les charges. Les contaminants retrouvés dans le fleuve étant en très faibles concentrations, il a fallu recourir à des techniques de prélèvement et de dosage adaptées aux produits présents à l'état de traces. Les niveaux dont il est question ici correspondent à moins d'un milliardième de gramme (souvent au millième de milliardième de gramme) d'un contaminant contenu dans un litre d'eau, ce qui équivaudrait à une demi cuillère à thé pour 2000 piscines olympiques. Afin d'obtenir des données fiables et précises, des techniques rigoureuses de prélèvement et d'analyse ont été appliquées.

SOME BASIC CONCEPTS

To better appreciate the perspective of this study, a distinction should be made between two terms being used here: contaminant concentration and contaminant load. A contaminant concentration is the quantity of a contaminant found in a given volume of water (e.g. one litre), whereas the load (or flux) of a contaminant refers to the quantity found in the entire water mass being considered at any given time (in tonnes per year, for example). When we analyse a contaminant, we determine its concentration; the contaminant load, on the other hand, is the product of the concentration by the discharge (or flow) rate of a watercourse. The annual load therefore corresponds to the quantity of a contaminant that has moved through a section of the river during a single year. Thus, when the concentration of a contaminant is equal at two different sampling stations (e.g. Quebec City and Cornwall), the load of said contaminant will be higher at Quebec City because the volume of water transported by the river per unit of time is higher.

Contaminants are transported in the water in both the dissolved and particulate form (associated with suspended matter). All the contaminants targeted by this study were therefore analysed in both phases.

SUSPENDED MATTER

Suspended matter functions as a transport vessel for many contaminants. As such, it is essential that the quantity and origin of suspended matter in the river are known. Although inputs of water from the Great Lakes and the Ottawa River made up, respectively, 61% and 16% of water flowing past Quebec City, their combined load of suspended matter represented only 11% of the load of suspended matter at Quebec City in 1995-96. The south shore tributaries of the St. Lawrence are generally thought to be responsible for the input of particles, however, research carried out at the SLC suggests that a main source is erosion of the river's banks and bed.

Depending on the metals being considered, concentrations may be from 10 to 100 times lower than levels measured in the most contaminated European rivers.

By analysing and calculating contaminant loads in both the dissolved and the particulate phase, scientists have been able to define their main pathways at each sampling station. At Cornwall, most of the chemical contaminants are transported in the dissolved phase. The situation is reversed at Carillon and Quebec City, where most contaminants are carried in the particulate phase.

TABLE 1

LIST OF COMPOUNDS STUDIED UNDER THE MASS BALANCE STUDY

Metals	PCBs	PAHs	Triazine herbicides	Organophosphorus pesticides	Organochlorine pesticides
Aluminum	PCB 18	Acenaphthylene	Ametryn	Azinphos ethyl	Lindane
Arsenic	PCB 31	Acenaphthene	Atrazine	Azinphos methyl	Heptachlor
Cadmium	PCB 40	Fluorene	Cyanazine	Chlorpyrifos	Heptachlor epoxide
Calcium	PCB 44	Phenanthrene	Prometryn	Diazinon	Aldrin
Cobalt	PCB 49	Anthracene	Propazine	Ethion	Dieldrin
Copper	PCB 52	Fluoranthene	Simazine	Fonofos	o,p'-TDE
Iron	PCB 54	Pyrene	Metribuzin	Malathion	p,p'-TDE
Lead	PCB 60	Benzo (a) anthracene	Metolachlor	Parathion	p,p'-DDT
Lithium	PCB 101	Chrysene		Phosmet	o,p'-DDE
Magnesium	PCB 105	Benzo (b,j,k) fluoranthene			o,p'-DDT
Manganese	PCB 118	Benzo (e) pyrene			alpha-HCH
Mercury	PCB 128	Benzo (a) pyrene			beta-HCH
Nickel	PCB 138	Indeno (1,2,3-cd) pyrene			Mirex
Zinc	PCB 153	Dibenzo (a,h) pyrene			Eldrin
	PCB 170	Benzo (g,h,i) perylene			alpha-Endosulfan
	PCB 180				cis-Chlordane
	PCB 183				trans-Chlordane
	PCB 194				Hexachlorobenzene
	CO-planar PCBs				
	PCB 77				
	PCB 126				
	PCB 169				

LISTE DES COMPOSÉS ÉTUDIÉS DANS LE CADRE DU PROJET BILAN MASSIQUE

ENCADRÉ 1

Métaux	BPC	HAP	Hérbicides triazines	Pesticides organophosphorés	Pesticides organochlorés
Aluminium	BPC 18	Acénaphthylène	Amétryne	Azinphos éthyl	Lindane
Arsenic	BPC 31	Acénaphthène	Atrazine	Azinphos méthyl	Heptachlor
Cadmium	BPC 40	Fluorene	Cyanazine	Chlorpyrifos	Heptachlor epoxide
Calcium	BPC 44	Phénanthrène	Prométryne	Diazinon	Aldrin
Cobalt	BPC 49	Anthracène	Propazine	Ethion	Dieldrin
Cuivre	BPC 52	Fluoranthène	Simazine	Fonofos	o,p'-TDE
Fer	BPC 54	Pyrène	Metribuzine	Malathion	p,p'-TDE
Lithium	BPC 60	Benzo (a) anthracène	Metolachlore	Parathion	p,p'-DDT
Magnésium	BPC 101	Chrysène		Phosmet	o,p'-DDE
Manganèse	BPC 105	Benzo (b,j,k) fluoranthène			o,p'-DDT
Mercur	BPC 118	Benzo (e) pyrène			alpha-HCH
Nickel	BPC 128	Benzo (a) pyrène			beta-HCH
Plomb	BPC 138	Indéno (1,2,3-cd) pyrène			Mirex
Zinc	BPC 153	Dibenzo (a,h) pyrène			Eldrin
	BPC 170	Benzo (g,h,i) perylène			alpha-Endosulfan
	BPC 180				cis-Chlordane
	BPC 183				trans-Chlordane
	BPC 194				Hexachlorobenzène
	BPC coplanaires				
	BPC 77				
	BPC 126				
	BPC 169				

Selon les métaux considérés, les concentrations peuvent être de 10 à 100 fois inférieures à celles mesurées dans les fleuves européens les plus contaminés.

LES MATIÈRES EN SUSPENSION

Les matières en suspension font office de véhicule pour plusieurs contaminants. Il importe donc de connaître les quantités de matières en suspension dans le fleuve et leur origine. Bien que l'apport des eaux en provenance des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais constituait respectivement 61 % et 16 % du débit d'eau ayant transité à Québec, la charge combinée de matières en suspension ne représentait que 11 % de la charge de matières en suspension à Québec en 1995-1996. Les tributaires de la rive sud du Saint-Laurent sont généralement pointés pour cet apport de particules. Les travaux du CSL suggèrent cependant que les matières en suspension proviendraient en partie de l'érosion des berges et du lit du fleuve Saint-Laurent. L'analyse et le calcul des flux des différents contaminants en phases dissoute et particulaire ont permis de définir les principales voies de transport à chacune des stations. À Cornwall, la majeure partie des contaminants chimiques est transportée en phase dissoute. À l'inverse, à Carillon et Québec, les contaminants sont principalement transportés dans la phase particulaire.

Avant de présenter la description des résultats obtenus dans le cadre de cette étude, il convient de bien faire la distinction entre deux termes couramment employés : la concentration d'un contaminant et la charge d'un contaminant. La concentration est la quantité d'un contaminant trouvée dans un volume d'eau donné (ou flux) exprime la quantité d'un contaminant trouvée dans toute la masse d'eau considérée à un moment particulier à un point donné (en tonnes par année par exemple). Le dosage d'un contaminant nous donne sa concentration alors que la charge est le produit de la concentration par le débit du cours d'eau. Dans le cas qui nous intéresse ici, la charge annuelle correspond à la quantité d'un contaminant ayant transité dans une section du fleuve pendant une année. Ainsi, lorsque les concentrations d'un contaminant à deux stations sont égales (par exemple à Québec et à Cornwall), la charge dudit contaminant sera plus importante à Québec puisque le volume d'eau transporté par le fleuve par unité de temps y est plus élevé. Les contaminants sont transportés dans l'eau sous forme dissoute et sous forme particulaire (associée aux particules en suspension). Pour cette raison, tous les contaminants ciblés par l'étude ont été dosés dans les deux phases.



FIGURE 1

From May 1, 1995 to September 30, 1996, 48 samples were taken at each of the Cornwall and Carillon stations, and 83 samples were collected at the Québec City station.

(or "sink") for the metals concerned, and that sedimentation in the fluvial lakes is lower, for the most part, than the input of metals within this river section. It is estimated that the input of natural-source metals coming from the tributaries and adsorbed to particles produced by erosion of the river's banks and bed constitute the biggest source of internal metal inputs.

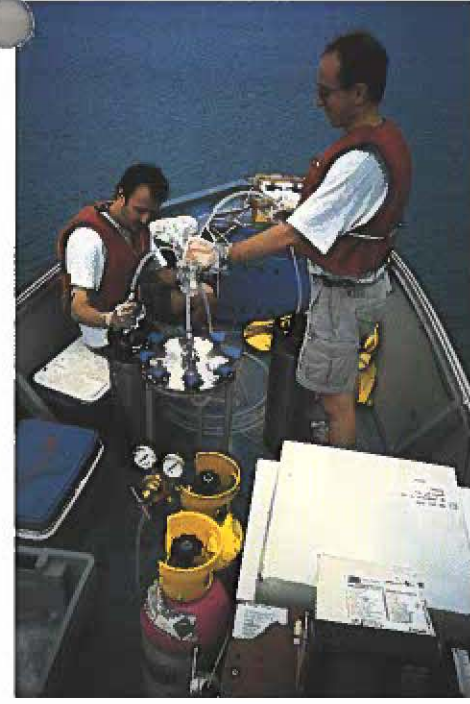
contaminated European rivers. Natural phenomena related to the nature of the soil and sub-soil drained, the hydrological characteristics of the watersheds in question, and the chemical properties of the elements being considered would explain the differences observed in the concentrations measured at the three stations, as well as variations recorded over time. Metal loads at Québec City are higher than the sum of the loads calculated at Cornwall and Carillon. These results indicate that the Fluvial Section of the St. Lawrence is not a zone of permanent accumulation



METALS

The origin of toxic metals is sometimes difficult to determine, as they are naturally present in watercourses. Only when concentrations exceed a certain threshold can we point to the significant contribution of human activities. The metal concentrations measured at the three stations in this study are of the same order of magnitude as those found in environments contaminated European rivers.

levels measured in the most contaminated European rivers. Natural phenomena related to the nature of the soil and sub-soil drained, the hydrological characteristics of the watersheds in question, and the chemical properties of the elements being considered would explain the differences observed in the concentrations measured at the three stations, as well as variations recorded over time. Metal loads at Québec City are higher than the sum of the loads calculated at Cornwall and Carillon. These results indicate that the Fluvial Section of the St. Lawrence is not a zone of permanent accumulation



LES MÉTAUX

L'origine des métaux toxiques est parfois difficile à déterminer, car ceux-ci sont naturellement présents dans les cours d'eau. Ce n'est que lorsque les concentrations dépassent un certain seuil que l'on peut conclure à une contribution significative des activités humaines. Les concentrations de métaux mesurées aux trois stations de cette étude sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées dans les milieux jugés peu ou pas contaminés. Selon les métaux considérés, les concentrations peuvent être de 10 à 100 fois inférieures à celles mesurées dans les fleuves

européens les plus contaminés. Les différences de concentrations observées entre les trois stations et leurs variations enregistrées dans le temps s'expliquent par des phénomènes naturels liés à la nature des sols et sous-sols drainés, aux caractéristiques hydrologiques des bassins versants et aux propriétés chimiques des éléments considérés.

Les charges de métaux à Québec sont supérieures à la somme des charges calculées pour les deux entrées étudiées. Ces résultats attestent que le tronçon fluvial ne constitue donc pas une zone d'accumulation perma-

La perspective de gestion

Le bilan massique des contaminants chimiques du tronçon fluvial du Saint-Laurent a été réalisé par le Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada, dans le cadre du plan d'action quinquennal (1993-1998) fédéral-provincial Saint-Laurent Vision 2000. Ce projet, qui faisait partie des activités du volet « Aide à la prise de décision », visait à quantifier l'apport de substances chimiques provenant des Grands Lacs et de son principal tributaire, la rivière des Outaouais, et d'évaluer les exportations vers l'estuaire. Il ne s'agissait pas de procéder à une quantification de toutes les sources de contamination à l'intérieur du couloir fluvial, mais plutôt d'obtenir un cadre général qui permette d'estimer l'importance relative des sources internes de contaminants chimiques au Québec. Cette étude a permis également de déterminer les concentrations de certains contaminants chimiques dans l'eau du fleuve, d'évaluer leurs variations saisonnières à partir des suivis temporels et de produire un bilan annuel.

nente pour les éléments étudiés et que la sédimentation dans les lacs fluviaux est largement inférieure aux apports de métaux à l'intérieur du tronçon étudié. On estime que l'apport de métaux de source naturelle en provenance des tributaires et adsorbés aux particules provenant de l'érosion des berges et du lit du fleuve constitue la source majeure des apports internes pour ce tronçon.

Entre le 1er mai 1995 et le 30 septembre 1996, 48 échantillons ont été prélevés à chacune des stations de Cornwall et Carillon et 83 échantillons à la station de Québec.



Management Perspective

The mass balance study of the chemical contaminants in the Fluvial Section of the St. Lawrence River was conducted by the St. Lawrence Centre of Environment Canada, as part of the five-year (1993-98), federal-provincial St. Lawrence Vision 2000 (SLV 2000) action plan. Carried out under the Decision Support component of SLV 2000, the aim of this project was to quantify the input of chemical substances to the St. Lawrence River from the Great Lakes and from its largest tributary, the Ottawa River, and to assess exports to the estuary. This was not an attempt to quantify all the contaminants within the fluvial corridor, but rather to acquire a general framework so as to estimate the relative contribution of internal sources of chemical contamination in Québec. This study also made it possible to determine the concentrations of some chemical contaminants in the river water, to assess their seasonal variations by undertaking monitoring over time, and to produce an annual assessment report.

ORGANIC CONTAMINANTS

With the exception of PAHs, the organic contaminants studied here have no natural source. Unlike metals, an increase in the load of organic contaminants between the river's two inlets and its outlet inevitably indicates an anthropic (human) source. The loads of PCBs and PAHs entering the St. Lawrence from Lake Ontario and the Ottawa River are essentially the same, but loads at Quebec City are five times higher than the combined load of the two inlet stations. This points to major inputs of PCBs and PAHs somewhere in between Cornwall and Quebec City. Nonetheless, if we compare the concentrations of PCBs measured in this study to those in other watercourses, we find that the St. Lawrence is one of the world's least contaminated rivers. PCB concentrations in the St. Lawrence are 5 to 10 times lower than concentrations measured in Lake Ontario in the 1980s, a clear indication of how the situation has improved. The concentrations of PAHs in the St. Lawrence fall about midway between those reported in contaminated water bodies and relatively pristine waters. PAH levels have not dropped relative to past data, but this is not surprising given the pervasiveness of PAHs in the environment.



As for the four herbicides detected (atrazine, simazine, metolachlor and cyanazine), loads at Cornwall and Quebec City are similar, which suggests that the Great Lakes basin is far and away the biggest source for such contamination in the St. Lawrence River. Generally speaking, levels of atrazine and metolachlor are of the same order of magnitude as the levels in Lake Ontario. Levels generally tend to be a little higher in summer, seemingly in response to manure spreading on the land, and they tend to be lower in spring, probably due to the dilution effect caused by snowmelt.

This report is available at the Documentation Centre of the St. Lawrence Centre, 105 McGill Street, 2nd Floor, Montreal, Quebec H2Y 2E7.

Reference: Cossa, D., T. T. Pham, B. Rondeau, S. Proulx, C. Surette, and B. Quemerais. 1998. *Bilan Massique des Contaminants Chimiques dans le Fleuve Saint-Laurent*. Environment Canada - Quebec Region, Environmental Conservation, St. Lawrence Centre. Scientific and Technical Report ST-163. 258 pages.

Recommendations

Given the low contaminant concentrations reported at this time in the St. Lawrence River, studies aimed at their detection should adopt and eventually improve upon the sampling, processing and analysis methodologies employed in this study. A similar mass balance study should be undertaken every ten years to trace the evolution of contaminant concentrations and fluxes coming from the Great Lakes and the Ottawa River. For the time being, the level of contamination in the St. Lawrence River at Quebec City should be monitored to keep track of any improvements and, likewise, any deterioration in the water quality. Lastly, the list of contaminants being studied should be broadened so as to take the environmental concerns of the day into consideration.

OUR FINDINGS; TAKING ACTION

While the mass balance study did indeed provide us with answers to some important questions regarding the chemical contamination of the St. Lawrence, it also raised a few new ones.

1. The substantial difference in the load of suspended matter recorded at the Cornwall station and the load at Quebec City leads inevitably to this question: what is the relative contribution of internal sources such as bank erosion, tributary inputs and erosion of the river bed? The answer is directly linked to the water level and the regulation thereof, and to ship traffic. This difference also points to natural sources for the major sources of metals examined in this study.
2. Estimates of loads at the inlets and the outlet of the river are proof that there are sources of PCBs and PAHs within the study area, thus highlighting the need for these sources to be characterized.
3. Our study sheds no light on what impact a given contaminant discharge might have within a limited geographical area if contaminants were to accumulate there. Local studies should therefore be carried out in the vicinity of such effluent discharges.
4. The relative importance of areas of contaminated sediment as a source of contaminants all along the river corridor has yet to be assessed.

Recommendations

Compte tenu des faibles concentrations de contaminants actuellement mesurées dans le Saint-Laurent, toute étude visant leur détection dans le fleuve devra garder et éventuellement améliorer la méthodologie de prélèvement, de traitement et de dosage utilisée dans cette étude. La réalisation d'un bilan similaire tous les dix ans permettrait de suivre l'évolution des niveaux de concentrations et les flux de contaminants en provenance des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais. Entre temps le maintien d'un suivi de la contamination dans le fleuve du Saint-Laurent à la hauteur de Québec permettrait de dégager les améliorations ou détériorations de la qualité de l'eau du fleuve. Enfin, il serait aussi souhaitable que la liste des contaminants étudiés soit élargie en fonction des préoccupations environnementales de l'heure.

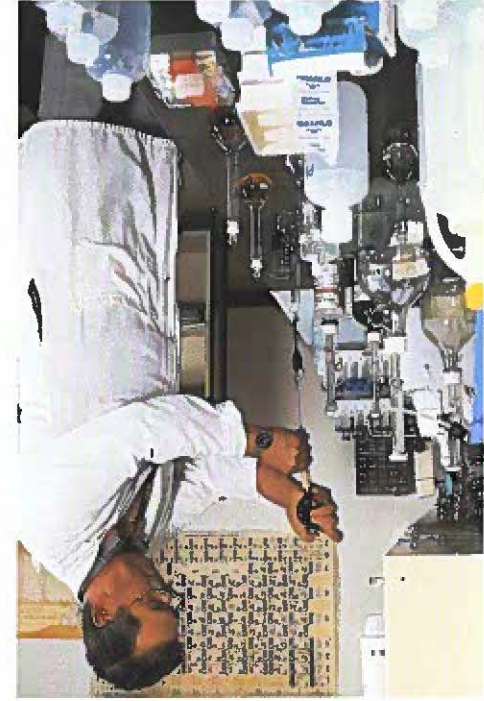
DES CONSTATS ET DES PISTES :

Si le bilan massique répond à des questions importantes en ce qui a trait à la contamination chimique du Saint-Laurent, il soulève en revanche de nouvelles questions.

1. La grande différence qui existe entre les charges en matières en suspension constatée entre Cornwall et Québec pose la question de l'importance relative des sources internes : érosion des berges, apport des tributaires ou érosion du lit du fleuve? La question est préoccupante et sa réponse étroitement dépendante des niveaux d'eau, de leur régularisation et de la navigation. Cette différence implique aussi que les sources importantes de métaux mises en évidence par ce bilan sont naturelles.
2. Les estimations des charges aux entrées et à la sortie du fleuve attestent que des sources de BPC et de HAP existent à l'intérieur du tronçon étudié, d'où la nécessité de caractériser ces sources.
3. Le bilan massique réalisé ne répond pas aux questions spécifiques que pose l'évaluation de l'impact d'un rejet particulier pouvant exercer une influence dans un secteur géographique restreint si la contamination devait s'y accumuler. Il faudra donc procéder à des études locales près des rejets.
4. L'importance relative des zones de sédiments contaminés comme source de contaminants le long du corridor fluvial reste à évaluer.

LES CONTAMINANTS ORGANIQUES

Les contaminants organiques étudiés, à l'exception des HAP, n'ont pas de sources naturelles; ainsi, contrairement aux métaux, l'augmentation des flux entre les entrées et la sortie indique inévitablement un apport anthropique. Pour les BPC comme pour les HAP, les charges en provenance du lac Ontario et de la rivière des Outaouais sont sensiblement les mêmes, mais elles sont cinq fois plus élevées à Québec que la charge combinée des deux stations d'entrée. Il existe donc un apport important de BPC et de HAP dans le tronçon fluvial Cornwall-Québec. Cependant, lorsqu'on compare les teneurs de BPC mesurées dans cette étude à celles d'autres cours d'eau dans le monde, le Saint-Laurent se place parmi les fleuves peu contaminés. Les concentrations de BPC sont de 5 à 10 fois inférieures aux teneurs mesurées dans le lac Ontario dans les années 1980, témoignant ainsi de l'amélioration de la situation. Les concentrations de HAP sont intermédiaires entre celles rencontrées dans des plans d'eau contaminés et des zones peu touchées. Les concentrations de HAP n'affleurent pas de diminution par rapport aux données antérieures, ce qui n'est pas surprenant étant donné l'omniprésence des HAP dans l'environnement. Pour les quatre herbicides détectés (atrazine, simazine, metolachlor et cyanazine), les charges à Cornwall et Québec sont similaires, ce qui suggère que le bassin des Grands Lacs est de loin la source la plus importante de ce type de contamination pour le Saint-Laurent. De façon générale, les teneurs en atrazine et en metolachlor sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans le lac Ontario. En général, on observe des teneurs un peu plus élevées en été, vraisemblablement en relation avec la période d'épandage, et des teneurs plus faibles au printemps, résultat probable de la dilution causée par la fonte des neiges.



Ce rapport est disponible au Centre Saint-Laurent, Centre de documentation CSL, 105 McGill, 2^e étage, Montréal, Qué. H2Y 2E7

Référence : Cossa, D., T.-T. Pham, B. Rondeau, S. Proulx, C. Surette et B. Quemerais. (1998) *Bilan massique des contaminants chimiques dans le fleuve Saint-Laurent*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-163, 258 pages.