

Québec, le 26 novembre 2018

Objet : Demande d'accès n° 2018-11-046 – Lettre réponse

---

Monsieur,

La présente fait suite à votre demande d'accès du 20 novembre dernier concernant des documents traitant de contamination de l'eau par lests pesticides.

Les documents suivants sont accessibles. Il s'agit de :

1. Impact de l'utilisation des pesticides sur la qualité de l'eau des bassins versants des rivières Yamaska, l'Assomption, Chaudière et Boyer, mars 1998, 48 pages;
2. Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec, campagnes d'échantillonnage 1996, 1997 et 1998, février 1999, 76 pages.

Conformément à l'article 51 de la Loi, nous vous informons que vous pouvez demander la révision de cette décision auprès de la Commission d'accès à l'information. Vous trouverez, en pièce jointe, une note explicative concernant l'exercice de ce recours ainsi qu'une copie des articles précités de la Loi.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, vous pouvez communiquer avec M<sup>me</sup> Marie-Eve Gravel-Nadon, analyste responsable de votre dossier, à l'adresse courriel [marie-eve.gravel-nadon@environnement.gouv.qc.ca](mailto:marie-eve.gravel-nadon@environnement.gouv.qc.ca), en mentionnant le numéro de votre dossier en objet.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

La directrice,

ORIGINAL SIGNÉ PAR

Pascale Porlier

p. j. (3)



# Saint-Laurent

## Vision 2000

*Impact de l'utilisation des pesticides sur la  
qualité de l'eau des bassins versants des rivières  
Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer*

### **ASSAINISSEMENT AGRICOLE**

---

Canada

Québec 

*Impact de l'utilisation des pesticides sur la  
qualité de l'eau des bassins versants des rivières  
Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer*

# **Saint-Laurent**

## **Vision 2000**

*Impact de l'utilisation des pesticides sur la  
qualité de l'eau des bassins versants des rivières  
Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer*

**VOLET ASSAINISSEMENT AGRICOLE**

**Direction des écosystèmes aquatiques  
Ministère de l'Environnement et de la Faune**

Mars 1998

Ce document a été rédigé par le ministère de l'Environnement et de la Faune dans le contexte des activités du volet Assainissement agricole du programme *Saint-Laurent -Vision 2000*

Référence à citer:

---

Giroux, I., 1998. Impact de l'utilisation des pesticides sur la qualité de l'eau des bassins versants des rivières Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer. Document rédigé par le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, dans le contexte de Saint-Laurent -Vision 2000, 48 p.

---

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec, 1998  
Bibliothèque nationale du Canada  
ISBN 2-550-32884-1  
EN980182  
PES-11  
98-3887-03

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## Rédaction

Isabelle Giroux

## Recherche et coordination de l'échantillonnage

Isabelle Giroux  
France Delisle<sup>1</sup>

## Révision scientifique

Denis Brouillette  
Richard Desrosiers<sup>1</sup>  
Georges Gangbazo  
Stéphane Gariépy<sup>1</sup>

## Échantillonnage

Jacques Dion  
Dominique Hamel  
Anne Drapeau  
Christian Demers  
Isabelle Breune<sup>2</sup>

## Supervision des analyses de laboratoire<sup>3</sup>

Serge Noël  
Nathalie Dassylva  
Marc Gignac

## Traitement de texte

Francine Dufour

## Graphisme

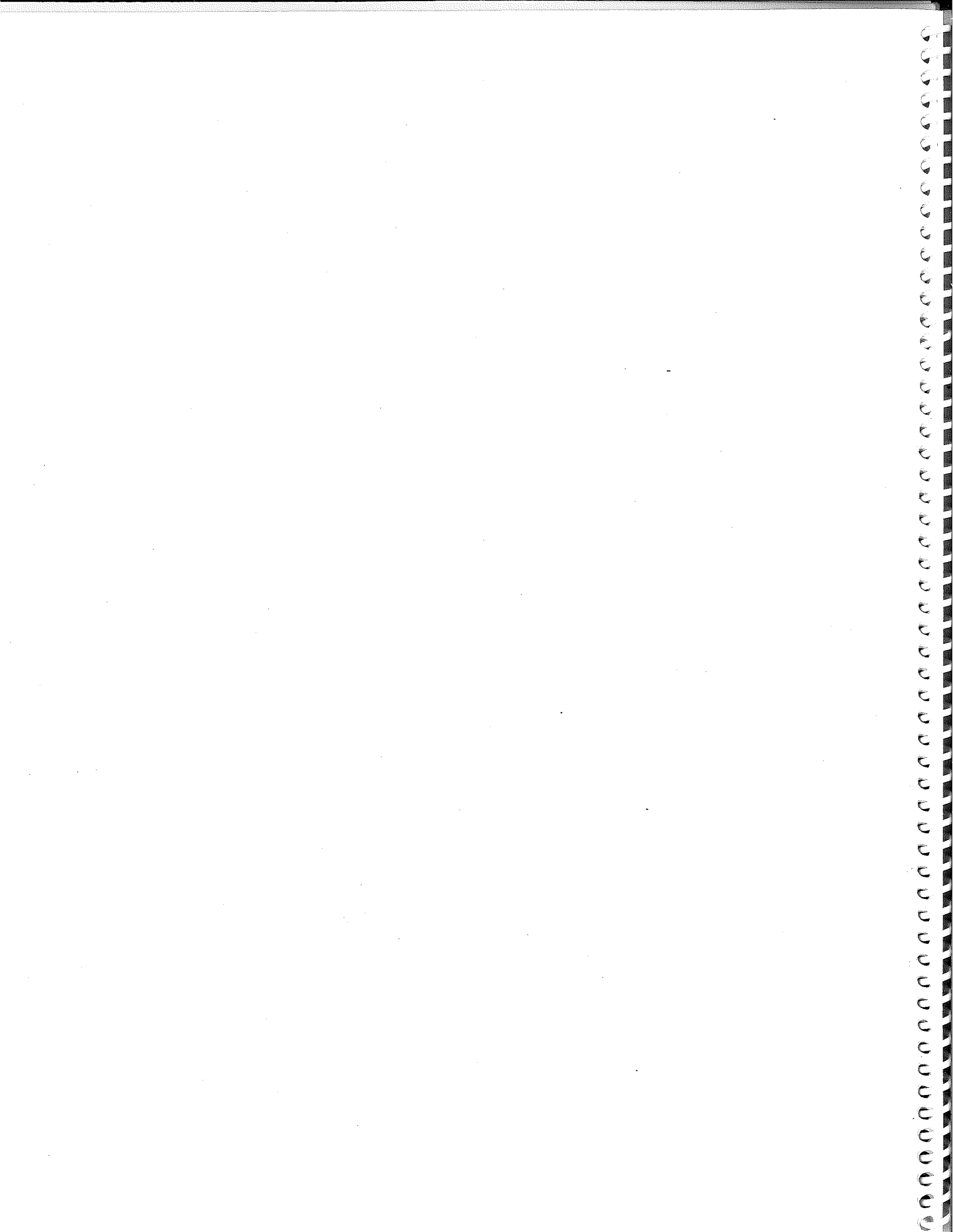
Barrette Communication Graphique

---

1 Direction des politiques des secteurs agricole et naturel

2 Centre de développement en agrobiologie du Québec

3 Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec



## RÉSUMÉ

Jusqu'à présent, une dizaine de bassins versants québécois, tributaires du Saint-Laurent, ont fait l'objet d'un suivi environnemental pour vérifier la présence de pesticides dans l'eau. Ce sont les bassins des rivières L'Assomption et Bayonne, sur la rive nord du Saint-Laurent, et les rivières Châteauguay, Saint-Régis, de la Tortue, Richelieu, Yamaska, Saint-François, Nicolet, Bécancour et Chaudière, sur la rive sud. Bien que certaines d'entre elles aient été échantillonnées à l'embouchure, les programmes de mesure ont surtout porté sur les tributaires de ces cours d'eau, de façon à circonscrire le plus étroitement possible les cultures à l'origine de l'effet appréhendé.

Les résultats des programmes réalisés jusqu'à maintenant montrent que des herbicides reliés à la culture du maïs sont détectés dans tous les cours d'eau échantillonnés en zone agricole. L'atrazine, le méto-lachlore et la cyanazine sont mesurés en plus fortes concentrations, mais plusieurs autres herbicides sont aussi présents. Les concentrations sont plus élevées dans les tributaires (sous-bassins) et dépassent plus souvent les critères établis pour la protection de la vie aquatique, mais des pesticides sont aussi détectés jusqu'à l'embouchure des tributaires du Saint-Laurent.

Le programme *Saint-Laurent - Vision 2000* nous a aussi permis d'explorer les effets potentiels de l'utilisation des pesticides dans d'autres cultures de céréales (blé, orge, avoine), qui occupent aussi des superficies importantes sur le territoire agricole québécois. Ces résultats exploratoires fournissent des données de base intéressantes mais n'ont pas permis de conclure définitivement sur la contribution des cultures de céréales (blé, orge, avoine) à la contamination de l'eau par les pesticides.

Pour les rivières qui drainent des terres où l'on trouve des cultures de conserverie, de légumes ou de fruits, la qualité de l'eau est caractérisée par la présence d'une grande diversité de pesticides, notamment des insecticides et des fongicides, en plus des herbicides. Les concentrations mesurées pour les insecticides et les fongicides sont généralement plus faibles que celles des herbicides provenant des grandes cultures, mais pour certains insecticides, des concentrations même très faibles suffisent à dépasser les critères établis pour la protection de la vie aquatique.

Dans le bassin de la **Yamaska**, la plupart des rivières sont touchées par la présence de pesticides provenant de la culture du maïs. Les vergers, les cultures de légumes

et les cultures de conserverie (pois, haricot) contaminent l'eau des petits ruisseaux qui drainent ces champs. En plus des herbicides, on détecte la présence d'insecticides et, occasionnellement, de fongicides. Cette contamination locale peut contribuer à la pollution diffuse de la Yamaska.

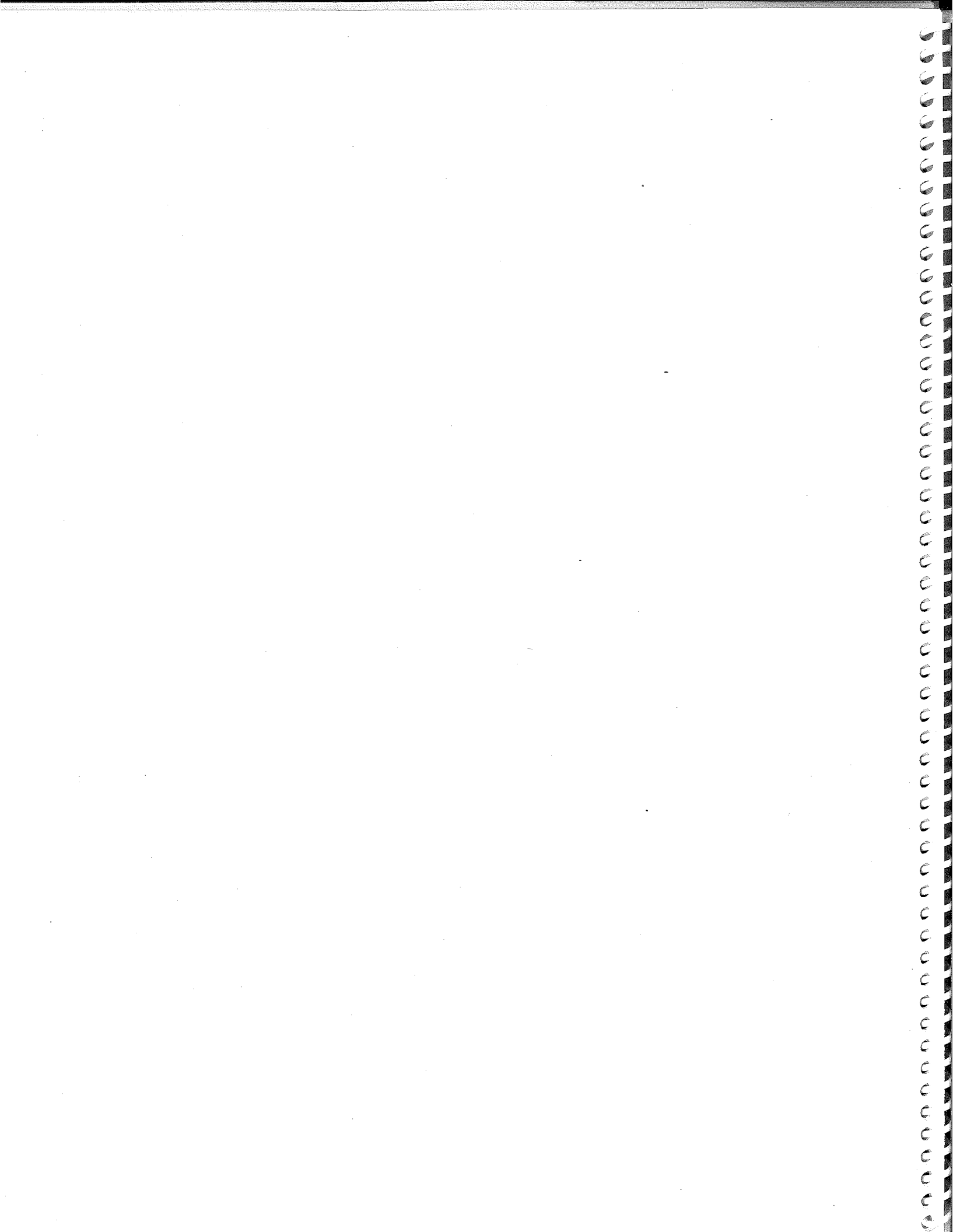
Les superficies importantes des sols à texture fine (sols lourds) font que l'eau souterraine de ce bassin est relativement bien protégée contre l'infiltration des contaminants. Toutefois, les résultats de l'analyse des pesticides dans des puits privés près de champs de maïs ou de vergers montrent que la contamination de la nappe d'eau peut quand même survenir.

Les répercussions de la culture du maïs sont également évidentes pour les rivières du bassin de la rivière **L'Assomption**. Comme dans toutes les rivières des régions où le maïs est cultivé de façon intensive, on y trouve la présence de plusieurs herbicides (atrazine, méto-lachlore, cyanazine) reliés à cette culture. Les résultats obtenus pour la rivière de l'Achigan montrent que les cultures de légumes (carottes, navets, choux, pommes de terre) contribuent aussi à l'apport d'herbicides (linuron, diuron, métribuzine) mais aussi d'insecticides et de fongicides dans l'eau.

L'eau souterraine du bassin de la rivière L'Assomption est plus vulnérable à la contamination, car on y trouve des superficies importantes de sols sableux. Des puits privés situés près de champs de pommes de terre dans plusieurs localités de ce bassin ont déjà montré la présence de pesticides.

Les rivières Yamaska et L'Assomption sont donc des tributaires agricoles qui contribuent à la présence de pesticides dans le Saint-Laurent. Pour les bassins des rivières Chaudière et Boyer, les cultures fourragères prédominent et l'usage des pesticides est beaucoup moins important que dans les deux autres bassins. Par conséquent, la contamination par les pesticides est aussi beaucoup moins importante, quoique des herbicides y ont été détectés en faibles ou très faibles concentrations.





# TABLE DES MATIÈRES

|   |           |
|---|-----------|
| Liste des tableaux et des figures .....                                       | x         |
| <b>1 Introduction .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2 Plan de l'échantillonnage réalisé dans le contexte de SLV 2000 .....</b> | <b>1</b>  |
| <b>3 Rivière Yamaska.....</b>   | <b>3</b>  |
| 3.1 Maïs.....   | 3         |
| 3.2 Vergers .....   | 5         |
| 3.3 Céréales .....  | 6         |
| 3.4 Légumes et cultures de conserverie .....                                  | 6         |
| 3.5 Eau souterraine .....   | 9         |
| <b>4 Rivière L'Assomption.....</b>  | <b>9</b>  |
| 4.1 Maïs.....   | 9         |
| 4.2 Céréales .....  | 12        |
| 4.3 Légumes.....  | 12        |
| 4.4 Eau souterraine .....   | 15        |
| <b>5 Rivière Chaudière.....</b>   | <b>15</b> |
| 5.1 Maïs et céréales .....  | 15        |
| <b>6 Rivière Boyer .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>7 Conclusion.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>Références bibliographiques.....</b>                                       | <b>19</b> |
| <b>Annexes.....</b>   | <b>21</b> |

## LISTE DES TABLEAUX

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| Tableau 1 | Superficies et proportions des principales cultures utilisant des pesticides dans les quatre bassins versants du programme Saint-Laurent Vision 2000 - Volet agricole (ha) ..... | 2 |
| Tableau 2 | Pesticides analysés par type de culture.....   | 2 |
| Tableau 3 | Superficies des principales cultures du bassin du ruisseau Corbin.....   | 9 |

## LISTE DES FIGURES

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figure 1 | Localisation des stations d'échantillonnage des pesticides dans le bassin de la rivière Yamaska.....       | 4  |
| Figure 2 | Concentrations de quelques pesticides dans la rivière David .....  | 7  |
| Figure 3 | Concentrations de quelques pesticides dans le ruisseau Corbin .....  | 8  |
| Figure 4 | Localisation des stations d'échantillonnage des pesticides dans le bassin de la rivière L'Assomption ..... | 11 |
| Figure 5 | Concentrations de quelques pesticides dans la rivière de l'Achigan.....                                    | 13 |
| Figure 6 | Concentrations de quelques pesticides dans le ruisseau Saint-Pierre.....                                   | 14 |
| Figure 7 | Localisation de la station d'échantillonnage des pesticides dans le bassin de la rivière Chaudière.....    | 16 |
| Figure 8 | Concentrations de quelques pesticides dans la rivière Beaurivage .....                                     | 17 |

## LISTE DES ANNEXES

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Annexe 1 | Répartition des superficies en culture par sous-bassin pour les bassins versants des rivières Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer (ha) ..... | 23 |
| Annexe 2 | Méthodes d'analyse des pesticides.....   | 25 |
| Annexe 3 | Résultats d'analyse des pesticides pour les rivières échantillonnées dans le contexte de <i>Saint-Laurent Vision 2000</i> .....                    | 27 |

## 1 INTRODUCTION

À l'intérieur du volet *Assainissement agricole de Saint-Laurent Vision 2000*, le suivi environnemental des pesticides vise à mieux connaître l'impact de l'utilisation des pesticides dans la culture des céréales, de légumes et de cultures de conserverie pour trois des quatre bassins versants prioritaires.

Les programmes courants de surveillance de la qualité de l'eau de la Direction des écosystèmes aquatiques du ministère de l'Environnement et de la Faune ont permis de documenter l'impact de l'utilisation des pesticides dans les régions de cultures de maïs, de pommes de terre et de vergers. Malgré cette information déjà disponible, des données supplémentaires sont encore nécessaires pour mieux documenter l'impact de l'utilisation des pesticides pour des cultures importantes pratiquées dans l'un ou l'autre des bassins versants prioritaires. L'envergure du suivi est proportionnelle à l'importance des problèmes de contamination appréhendés. Ainsi, on a mis davantage l'accent sur le suivi des pesticides dans les bassins des rivières Yamaska et L'Assomption, alors qu'on s'est limité à une connaissance de base pour le bassin de la rivière Chaudière. Le bassin de la rivière Boyer n'a pas été retenu parce que l'utilisation des pesticides y est faible. Les superficies des principales cultures pour chacun des bassins sont présentées au tableau 1.

Des rapports récents ou en préparation décrivent les pressions exercées par l'ensemble des activités agricoles sur la qualité de l'eau des bassins des rivières Yamaska (Delisle *et al.*, 1998 en préparation), L'Assomption (Delisle *et al.*, 1997), Chaudière (Bédard *et al.*, 1998) et Boyer (GIRB, 1998). Les statistiques sur la répartition des superficies en culture par sous-bassin, pour les bassins des rivières Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer, et présentées à l'annexe 1, sont tirées de ces documents.

Le présent rapport porte exclusivement sur l'impact de l'utilisation des pesticides sur la qualité de l'eau. Il intègre les données issues des programmes courants du ministère de l'Environnement et de la Faune, ainsi que, en encadré, les nouvelles données acquises en 1996 et en 1997, dans le contexte de *SLV 2000*. L'ensemble de ces données permet de mieux caractériser la qualité de l'eau de ces bassins agricoles et de mieux comprendre l'apport de pesticides au Saint-Laurent.

## 2 PLAN DE L'ÉCHANTILLONNAGE

### *Suivi de la culture des céréales*

Pour mieux cerner les incidences potentielles de l'utilisation des pesticides dans la culture des céréales, nous avons ciblé des sous-bassins où la proportion des superficies en céréales étaient importantes par rapport aux autres cultures. Les sous-bassins retenus sont ceux de la rivière David, dans le bassin de la rivière Yamaska, du ruisseau Saint-Pierre, dans le bassin versant de la rivière L'Assomption, et de la rivière Beurivage, dans le bassin de la rivière Chaudière.

Une enquête récente, menée pour le ministère de l'Environnement et de la Faune auprès de plus de 300 producteurs agricoles (Bastien, 1995), indique que les produits les plus utilisés dans les cultures de céréales au Québec seraient, dans l'ordre, le MCPA, le glyphosate, le 2,4-DB et le MCPB. D'autres herbicides sont aussi utilisés mais dans une moindre mesure. Ces quatre produits ont donc été ciblés en priorité pour l'analyse. Cependant, comme le seuil analytique de détection du glyphosate est relativement élevé (5 µg/L) et que ce produit n'a pas été détecté en 1996, l'analyse n'a pas été refaite en 1997.

### *Suivi des légumes et cultures de conserverie*

Pour évaluer l'effet potentiel des cultures de légumes et des cultures destinées à la conserverie, deux secteurs ont été retenus pour l'analyse : celui du ruisseau Corbin, dans le bassin de la rivière Yamaska, et la rivière l'Achigan, dans le bassin de la rivière L'Assomption.

### *Fréquence et période d'échantillonnage*

En 1996, les échantillons ont été prélevés trois fois par semaine de la fin de mai à la mi-juillet. En 1997, ils ont été prélevés de la fin de mai à la fin de juillet pour les rivières ciblées pour les céréales et jusqu'à la fin d'août pour les rivières ciblées pour les légumes. Le plan de l'échantillonnage est présenté au tableau 2, et l'interprétation des résultats est présentée en encadré. Les méthodes d'analyse des pesticides, les seuils de détections et les critères de qualité de l'eau pour les pesticides analysés sont présentés à l'annexe 2, et les résultats complets apparaissent à l'annexe 3.

**Tableau 1 Superficies et proportions des principales cultures utilisant des pesticides dans les quatre bassins versants du programme SLV 2000 - volet Assainissement agricole.**

| Superficies en culture (en hectare) |         |          |          |             |             |               |             |                  |
|-------------------------------------|---------|----------|----------|-------------|-------------|---------------|-------------|------------------|
| Yamaska                             | Total   | Maïs     | Céréales | Soya        | Vergers     | Pois conserv. | Haricot sec | Haricot conserv. |
|                                     | 226 320 | 88 282   | 15 173   | 8 486       | 2 014       | 1 624         | 1 308       | 1 062            |
|                                     | 100 %   | 39 %     | 7 %      | 4 %         | < 1 %       | < 1 %         | < 1 %       | < 1 %            |
| L'Assomption                        | Total   | Maïs     | Céréales | P. de terre | Soya        | Choux         | Carottes    | Autres légumes   |
|                                     | 60 211  | 17 000   | 11 403   | 2 397       | 1 369       | 733           | 657         | 1 256            |
|                                     | 100 %   | 28 %     | 19 %     | 4 %         | 2 %         | 1 %           | 1 %         | 2 %              |
| Chaudière                           | Total   | Céréales | Maïs     | Soya        | P. de terre | Fraise        | Légumes     | Vergers          |
|                                     | 117 701 | 8 532    | 3 501    | 39          | 232         | 100           | 55          | 23               |
|                                     | 100 %   | 7 %      | 3 %      | < 1 %       | < 1 %       | < 1 %         | < 1 %       | < 1 %            |
| Boyer                               | Total   | Céréales | Maïs     | P. de terre | Fraise      |               |             |                  |
|                                     | 13 291  | 2 711    | 620      | 91          | 40          |               |             |                  |
|                                     | 100 %   | 20 %     | 5 %      | < 1 %       | < 1 %       |               |             |                  |

Source : MAPAQ, 1995

**Tableau 2 Pesticides analysés par type de culture**

| Bassin       | Cours d'eau échantillonnés                  | Cultures cibles                  | Année | Pesticides analysés  |
|--------------|---|----------------------------------|-------|--|
| Yamaska      | Riv. David                                  | Céréales                         | 1996  | Phénoxyacides, glyphosate, triazines   |
|              |   |                                  | 1997  | Phénoxyacides, triazines   |
|              | Ruis. Corbin                                | Cultures de conserverie, légumes | 1996  | Triazines, organophosphorés, carbamates, pyréthrinoides, captane                   |
|              |   |                                  | 1997  | Idem + phénoxyacides   |
| L'Assomption | Riv. de l'Achigan à Saint-Roch-de-l'Achigan | Légumes                          | 1996  | Triazines, organophosphorés, carbamates, pyréthrinoides, captane, ETU <sup>†</sup> |
|              | Riv. de l'Achigan à L'Épiphanie             | Légumes                          | 1997  | Idem   |
|              | Ruis. Saint-Pierre                          | Céréales                         | 1996  | Phénoxyacides, glyphosate, triazines   |
| Chaudière    | Riv. Beaurivage                             | Céréales                         | 1996  | Phénoxyacides, glyphosate, triazines   |
|              |   |                                  | 1997  | Phénoxyacides, triazines   |

<sup>†</sup> ETU : produit de dégradation des fongicides mancozèbe et manèbe ou d'autres fongicides de la famille des dithiocarbamates.

### 3 RIVIÈRE YAMASKA

Le bassin de la rivière Yamaska est caractérisé par des superficies importantes en culture de maïs, notamment dans la partie des basses terres qui constituent la moitié aval du bassin. En effet, après les fourrages, qui utilisent peu ou pas de pesticides, la culture du maïs est celle qui couvre les plus grandes superficies. La culture du soya, de plus en plus pratiquée en rotation avec le maïs, est actuellement en expansion et représente environ le dixième de la superficie en maïs. Les autres cultures présentes sont les céréales, les pommes, les pois de conserverie, les haricots de conserverie et les haricots secs. On y trouve aussi différentes cultures de légumes, mais les superficies de chacune d'entre elles sont assez réduites (moins de 200 ha). L'emplacement des stations d'échantillonnage pour la mesure des pesticides apparaît à la figure 1.

#### 3.1 Maïs

La qualité de l'eau de plusieurs rivières du bassin est fortement influencée par la culture du maïs. En effet, les rivières Noire, à la Barbue, Chibouet, Salvail et David ainsi que la Yamaska elle-même, montrent à chaque été des concentrations appréciables d'herbicides provenant de la culture du maïs. Les concentrations mesurées de certains herbicides dans l'eau de ces rivières augmentent de façon marquée peu après la période d'application aux champs et connaissent des pics d'intensité variable en juin et juillet pour redescendre à des concentrations plus faibles vers la fin de l'été. Les herbicides décelés le plus fréquemment sont l'atrazine, le métolachlore, la cyanazine et le dicamba. L'analyse statistique des résultats montre que plus les superficies en maïs sont importantes, plus les cours d'eau sont contaminés par l'atrazine, le métolachlore et la cyanazine. Lorsque l'occupation du territoire par le maïs est d'au moins 12 % à 25 %, on observe des dépassements plus fréquents du critère de 2 µg/L pour l'atrazine (Berryman et Giroux, 1994; Giroux *et al.*, 1997). Mais dans chaque rivière échantillonnée, on trouve aussi plusieurs autres herbicides de même que des insecticides, tous ces produits étant présents simultanément dans l'eau des rivières.

Les variations saisonnières des charges d'atrazine dans le fleuve Saint-Laurent ont été évaluées par Lemieux *et al.* (1995). De cette étude il ressort l'existence d'un pic de charge lors de la fonte de neige. Ce pic printanier entraînerait dans l'eau les résidus d'atrazine de la saison précédente. Quoique très net, ce pic ne serait pas le plus important. Les principales charges calculées pour les tributaires surviendraient peu après l'application de

l'herbicide dans les champs, conformément à ce que nous avons nous-mêmes observé pour les concentrations. Un autre pic de charge surviendrait également au moment des fortes pluies d'automne.

#### *Rivière Chibouet*

Le sous-bassin de la rivière Chibouet draine les eaux provenant des municipalités de Sainte-Hélène-de-Bagot et de Saint-Hugues. De toutes les rivières échantillonnées dans le bassin de la Yamaska, c'est la rivière Chibouet qui montre les concentrations les plus élevées pour l'atrazine et le métolachlore, soit 29 µg/L et 21 µg/L respectivement. Ces concentrations ont été mesurées à la fin de juin 1993, après trois jours de précipitations abondantes. Mais plusieurs autres herbicides et quelques insecticides sont aussi détectés. La mesure de concentrations élevées d'atrazine dans le bassin de la rivière Chibouet concorde aussi avec les données de Rondeau (1996), qui indiquaient une concentration maximale de 36,3 µg/L d'atrazine dans cette rivière le 5 juin 1989.

Par ailleurs, comme on l'a observé pour toutes les rivières échantillonnées, plusieurs pesticides sont présents en même temps dans l'eau. On a déjà mesuré jusqu'à 13 pesticides différents dans un même échantillon d'eau.

#### *Rivière Yamaska à l'embouchure*

Des mesures de pesticides ont été faites à l'embouchure de la Yamaska en 1987 (Maguire et Thacz, 1993; Forrest et Caux, 1990), en 1989 et 1990 (Rondeau, 1996), en 1992 (Berryman et Giroux, 1995) et de 1994 à 1997 (Giroux *et al.*, 1997).

Bien que les concentrations de triazines soient généralement plus faibles à l'embouchure de la rivière Yamaska que dans ses tributaires, on y détecte quand même occasionnellement des valeurs qui dépassent le critère de l'atrazine de 2 µg/L établi pour la protection de la vie aquatique. En 1987, Maguire et Thacz avait mesuré une concentration de 37 µg/L d'atrazine à l'embouchure de la rivière Yamaska. Depuis 1994, les concentrations maximales d'atrazine mesurées varient entre 6,7 µg/L et 2,4 µg/L.

#### *Rivière Noire*

La rivière Noire est l'un des affluents majeurs de la Yamaska. Elle prend sa source à la tête du bassin versant de la Yamaska, et une grande partie de son cours se trouve en milieu forestier. Le sous-bassin de la rivière

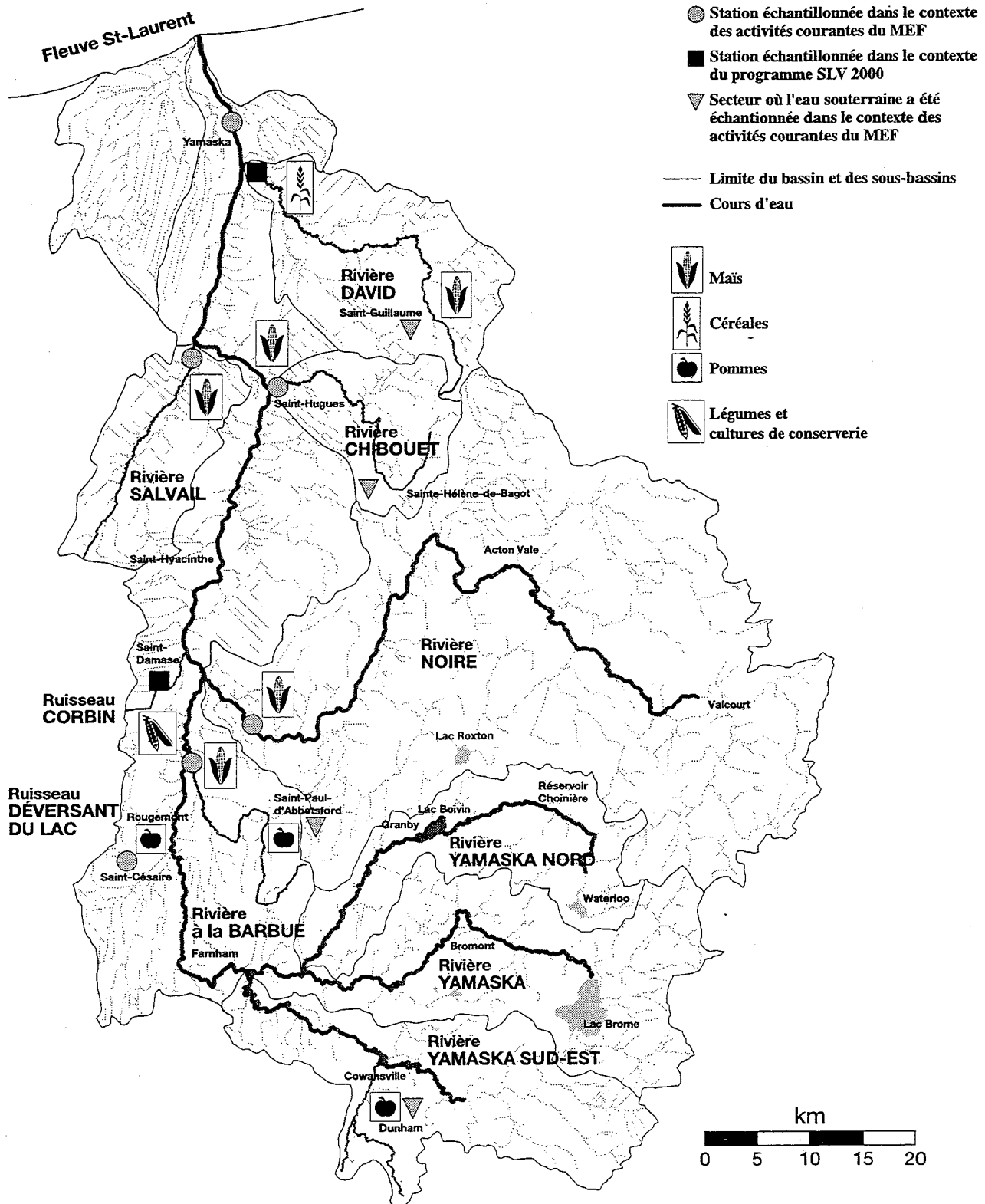


Figure 1 Localisation des stations d'échantillonnage des pesticides dans le bassin de la rivière Yamaska

Noire draine le territoire des municipalités de Saint-André-d'Acton, Roxton Pond, Sainte-Cécile-de-Milton, une partie de Saint-Pie, Saint-Valérien-de-Milton, Saint-Liboire, Saint-Éphrem-d'Upton, Saint-Théodore-d'Acton, Saint-Nazaire-d'Acton, Sainte-Christine, Maricourt et une partie de Durham-Sud.

Seule la partie aval du sous-bassin traverse des secteurs agricoles. Sur ce territoire, c'est la culture du maïs qui est largement prédominante, et, à l'exception peut-être de la simazine, tous les pesticides détectés en 1992 (atrazine, métolachlore, butilate, cyanazine) étaient reliés à cette culture (Berryman et Giroux, 1994).

### **Rivière à la Barbu**

Le sous-bassin de la rivière à la Barbu draine les eaux provenant des municipalités de Saint-Ange-Gardien, de Saint-Paul-d'Abbotsford et une partie de Saint-Césaire. Même si le maïs y est largement prédominant, le sous-bassin de la rivière à la Barbu est, parmi les bassins des rivières échantillonnées, celui qui présente la plus grande proportion de cultures autres que le maïs. On y trouve, en effet, des superficies appréciables d'orge, de blé et de soya dans le secteur de Saint-Césaire, de vergers près de Saint-Paul-d'Abbotsford, ainsi que de petites superficies en carottes, pommes de terre et fraises.

L'influence de la culture du maïs se traduit par la présence de concentrations d'atrazine et de métolachlore relativement élevées dans les échantillons d'eau prélevés en 1992 et 1993. Plusieurs mesures d'atrazine dépassent le critère de 2 µg/L établi pour la protection de la vie aquatique. Mais la diversité des cultures présentes explique sans doute le grand nombre de pesticides différents détectés à cette station. Ainsi, les pesticides détectés qui ne viennent pas de la culture du maïs sont, entre autres, les herbicides métribuzine, linuron et diuron et les insecticides azinphos-méthyl et diméthoate (Berryman et Giroux, 1994).

### **Rivière Salvail**

Le sous-bassin de la rivière Salvail draine les eaux provenant des municipalités de La Présentation et de Saint-Jude. Les principaux pesticides détectés dans cette rivière sont reliés à la culture du maïs. En 1992 et 1993, on y détectait surtout les herbicides atrazine, métolachlore, cyanazine, simazine et EPTC. Mais d'autres pesticides, tels que les herbicides butilate, linuron et tébuthiuron et les insecticides diméthoate et carbofuran, sont aussi détectés (Berryman et Giroux, 1994).

## **3.2 Vergers**

Dans le bassin de la rivière Yamaska, on trouve quelques pôles de production pomicole, notamment dans les municipalités de Saint-Michel-de-Rougemont (958 ha), Rougemont (118 ha), Saint-Paul-d'Abbotsford (600 ha), Dunham (540 ha), Sainte-Cécile-de-Milton (127 ha) et Saint-Damase (126 ha) (MAPAQ, 1993).

Des études récentes montrent que des résidus de pesticides utilisés dans les vergers sont décelés dans l'air et au sol à proximité des vergers (Bisson *et al.*, 1998) et qu'ils sont aussi décelés dans certains ruisseaux voisins de vergers de même que dans des puits de pomiculteurs ou de leurs voisins (Giroux, 1998).

Dans le bassin de la rivière Yamaska, le ruisseau Déversant du Lac, à Rougemont a été échantillonné. Sur 50 échantillons d'eau analysés au cours des étés 1994, 1995 et 1996, quatre seulement ne montrent pas la présence de pesticides. Tous les autres échantillons contiennent un ou plusieurs pesticides. Parmi les produits détectés, on trouve le myclobutanol, la simazine, le captane, l'azinphos-méthyl, le diméthoate, le carbaryl, le phosmet, la cyperméthrine, le diazinon et le ETU (produit de dégradation du mancozèbe) (Giroux, 1998). Les insecticides azinphos-méthyl, phosmet, cyperméthrine, carbaryl, diazinon et chlorpyrifos de même que le fongicide captane dépassent en certaines occasions leur critère respectif pour la protection de la vie aquatique.

On a aussi échantillonné l'eau de quelques puits dans les municipalités de Dunham et de Saint-Paul-d'Abbotsford, de même que dans d'autres municipalités qui ne sont pas dans le bassin de la rivière Yamaska. On y trouve, tout comme dans 40 % des puits échantillonnés dans les zones de vergers, des pesticides utilisés dans les vergers, notamment la simazine, mais occasionnellement des insecticides ou des fongicides.



### 3.3 Céréales

La culture des céréales est omniprésente dans le bassin de la rivière Yamaska, avec une superficie totale d'environ 15 173 ha, soit 7 % des superficies en culture (MAPAQ, 1995). Pour mieux cerner les effets de cette culture, nous avons choisi d'échantillonner dans un sous-bassin où la proportion en céréales était relativement élevée.

#### Rivière David

Le sous-bassin de la rivière David draine les eaux provenant principalement des municipalités de Saint-Guillaume, Saint-Edmond-de-Grantham et d'une partie des municipalités de Saint-David, Saint-Germain-de-Grantham, Saint-Bonaventure et Saint-Eugène. Bien que la culture du maïs soit prédominante aussi dans ce sous-bassin (9 486 ha, soit 48 % de la superficie en culture ou 29 % de la superficie totale du sous-bassin), les céréales (sarrasin, orge, avoine et blé) y occupent des superficies appréciables (3 939 ha, soit 20 % de la superficie cultivée ou 12 % de la superficie totale du sous-bassin).

Les pesticides détectés en plus fortes concentrations dans la rivière David sont les herbicides utilisés dans la culture du maïs, notamment l'atrazine et le métolachlore (figure 2). L'atrazine dépasse le critère de 2 µg/L pour le respect de la vie aquatique pour 25 % à 30 % des échantillons. Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus pour d'autres rivières du bassin de la Yamaska ou d'autres bassins versants où la culture du maïs est importante (Berryman et Giroux, 1994; Giroux *et al.*, 1997).

Parmi les herbicides les plus susceptibles d'être utilisés dans les céréales (blé, orge, avoine), seuls le MCPA et le 2,4-DB ont été détectés dans la rivière David. C'est le MCPA qui est détecté le plus fréquemment. Toutefois, les concentrations mesurées aux cours de ces deux années sont assez faibles, à l'exception de deux pointes survenues le 14 juillet 1996 et le 23 juin 1997. À l'échelle retenue, il est difficile de relier directement la présence de ces produits à un usage dans les céréales. Comme les pesticides utilisés dans les différentes cultures peuvent migrer vers les cours d'eau à la faveur des mêmes événements de pluie, la présence prépondérante des herbicides associés au maïs vient en quelque sorte masquer le signal éventuel d'un impact de la culture des céréales. Un échantillonnage à plus petite échelle permettrait probablement de mieux évaluer la contribution éventuelle des céréales.

### 3.4 Légumes et cultures de conserverie

#### Ruisseau Corbin

Les principales cultures pratiquées dans le bassin du ruisseau Corbin (tableau 3) sont le maïs grain, le soya, les légumes (pois, piment, haricot, tomate, oignon, aubergine, pomme de terre et autres) ainsi que le maïs sucré (MAPAQ, 1995).

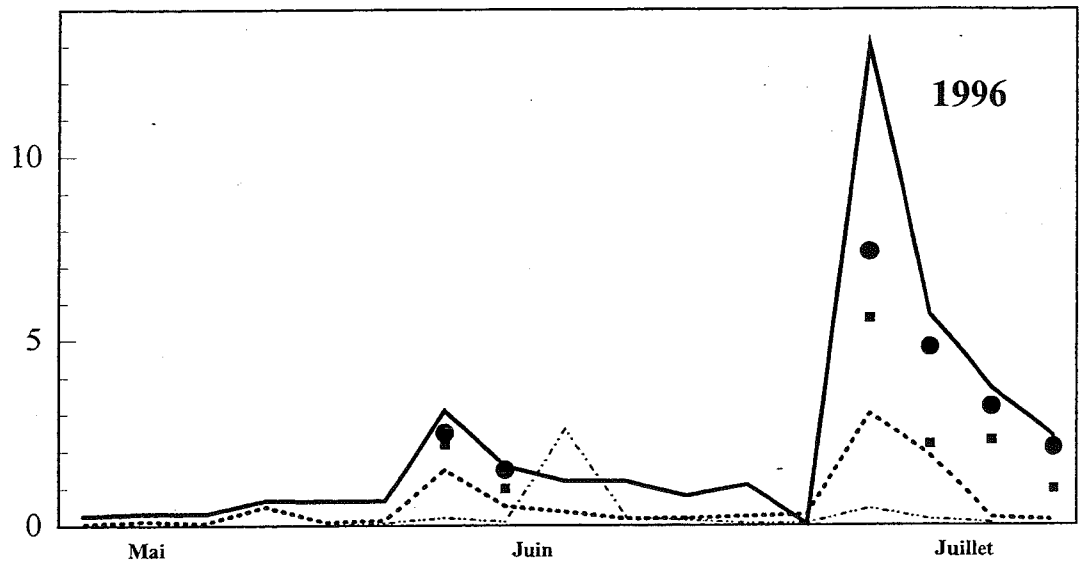
Les pesticides recommandés pour ces différentes cultures étant variés, le nombre de pesticides détectés dans l'eau du ruisseau est important. En effet, 26 pesticides différents ont été détectés dans l'eau du ruisseau Corbin. Pour chaque échantillon, on trouve de 5 à 15 pesticides présents en même temps dans l'eau.

Les pesticides détectés le plus fréquemment dans l'eau sont des herbicides, en particulier le métolachlore, l'atrazine, le bentazone et la métribuzine (figure 3). Les concentrations de métolachlore (en 1996 et 1997) et d'atrazine (en 1996) dépassent les critères établis pour la protection de la vie aquatique. Le critère est 8 µg/L pour le métolachlore et 2 µg/L pour l'atrazine. Les concentrations de ces deux produits sont plus faibles en 1997, mais d'autres herbicides, comme le bentazone et la métribuzine, sont alors détectés en plus fortes concentrations. La métribuzine, décelée le 5 juin 1996 et le 4 juillet 1997, ainsi que le diuron, décelée le 14 août 1997, présentent des concentrations qui dépassent leur critère respectif pour la protection de vie aquatique.

L'insecticide azinphos-méthyl, décelé en trois occasions en 1996, dépasse le critère de 0,005 µg/L établi pour la protection de la vie aquatique (chronique). Les concentrations mesurées atteignent de 60 à 100 fois la valeur du critère. En 1997, ce sont le carbofuran, le carbaryl et le chlorpyrifos qui dépassent leur critère respectif pour la protection de la vie aquatique. Ces critères sont établis à 1,75 µg/L pour le carbofuran, à 0,2 µg/L pour le carbaryl et à 0,041 µg/L pour le chlorpyrifos. La concentration mesurée de chlorpyrifos dépasse même le critère de toxicité aiguë (0,083 µg/L).

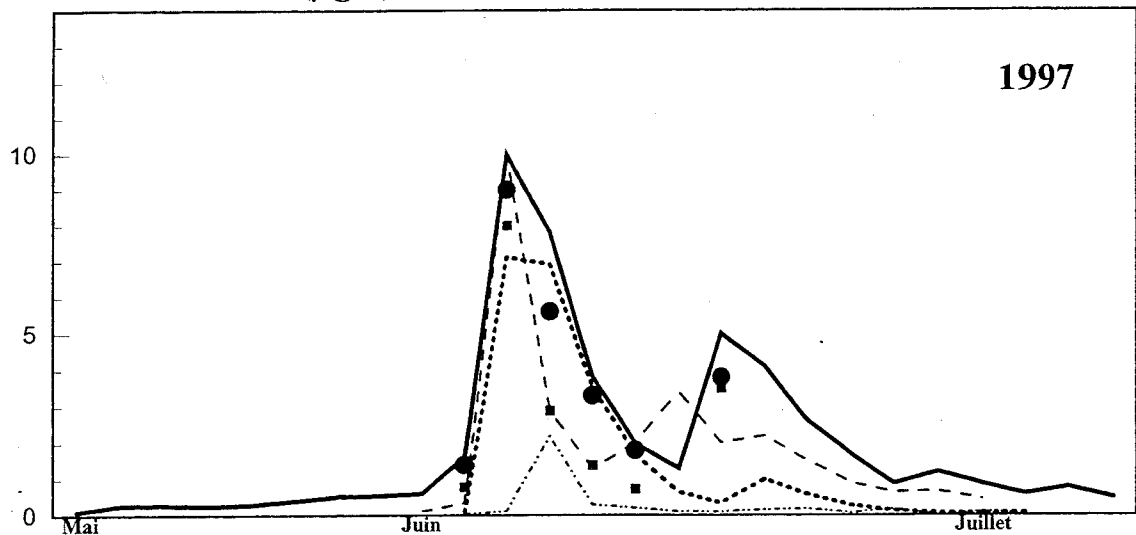
Les cultures de légumes et de conserverie peuvent donc entraîner la présence de pesticides dans l'eau et ainsi contribuer à la pollution diffuse des plus grandes rivières.

**Concentrations (µg/L)**



|                | 27   | 29   | 31   | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 20   | 25   | 27   | 2     | 4    | 9    | 11   |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Triazines —    | 0,26 | 0,32 | 0,31 | 0,68 | 0,65 | 0,67 | 3,10 | 1,60 | 1,20 | 1,20 | 0,80 | 1,10 | 0,05 | 13,00 | 5,70 | 3,70 | 2,40 |
| Atrazine ●     |      |      |      |      |      |      | 2,50 | 1,50 |      |      |      |      |      | 7,40  | 4,80 | 3,20 | 2,10 |
| Métolachlore ■ |      |      |      |      |      |      | 2,20 | 1,00 |      |      |      |      |      | 5,60  | 2,20 | 2,30 | 0,99 |
| Dicamba ---    | 0,05 | 0,12 | 0,06 | 0,51 | 0,09 | 0,14 | 1,50 | 0,52 | 0,37 | 0,18 | 0,19 |      | 0,30 | 3,00  | 1,90 | 0,21 | 0,14 |
| MCPA ----      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,21 | 0,10 | 2,60 | 0,23 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | 0,45  | 0,17 | 0,07 |      |

**Concentrations (µg/L)**

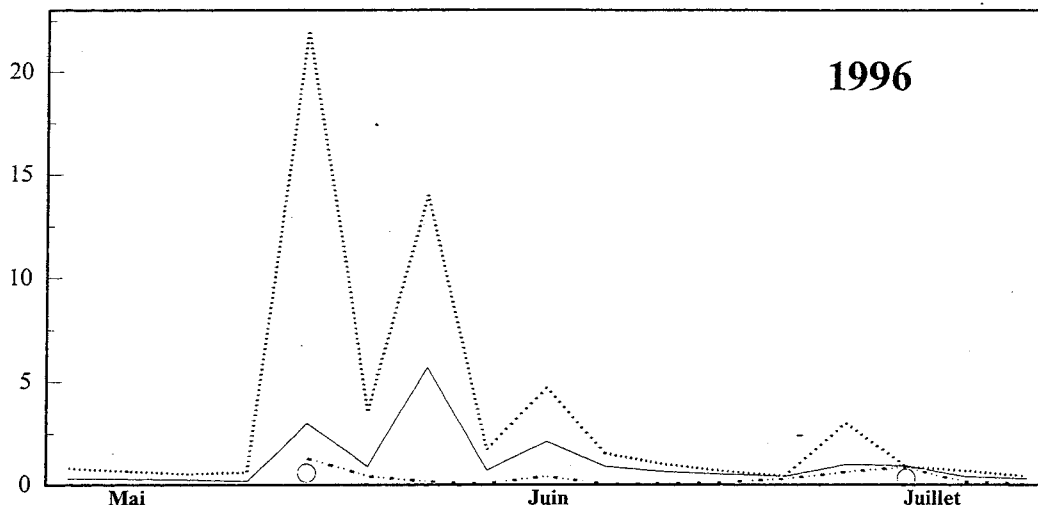


| DATES          | 29   | 2    | 4    | 6    | 9    | 11   | 13   | 15   | 18   | 20   | 23    | 25    | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25   |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Triazines —    | 0,10 | 0,27 | 0,29 | 0,25 | 0,30 | 0,41 | 0,52 | 0,55 | 0,60 | 1,60 | 10,00 | 7,80  | 3,80 | 2,00 | 1,30 | 5,00 | 4,10 | 2,60 | 1,70 | 0,88 | 1,20 | 0,89 | 0,60 | 0,79 | 0,49 |
| Atrazine ●     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,40 | 9,00  | 5,60  | 3,30 | 1,80 |      | 3,80 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Métolachlore ■ |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,79 | 8,00  | 2,90  | 1,40 | 0,74 |      | 3,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba --     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,04 | 7,10  | 6,90  | 3,50 | 1,70 | 0,65 | 0,34 | 1,00 | 0,57 | 0,28 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,08 |      |      |
| MCPA ---       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,04 | 0,11  | 2,20  | 0,30 | 0,21 | 0,10 | 0,09 | 0,16 | 0,18 | 0,07 | 0,18 | 0,02 | 0,10 | 0,05 |      |      |
| Bentazone -    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,11 | 0,34  | 10,00 | 2,90 | 1,30 | 2,00 | 3,40 | 2,00 | 2,20 | 1,50 | 0,90 | 0,65 | 0,67 | 0,46 |      |      |
| 2,4-DB ----    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | T     | 0,05  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Autres pesticides détectés: voir annexe 2

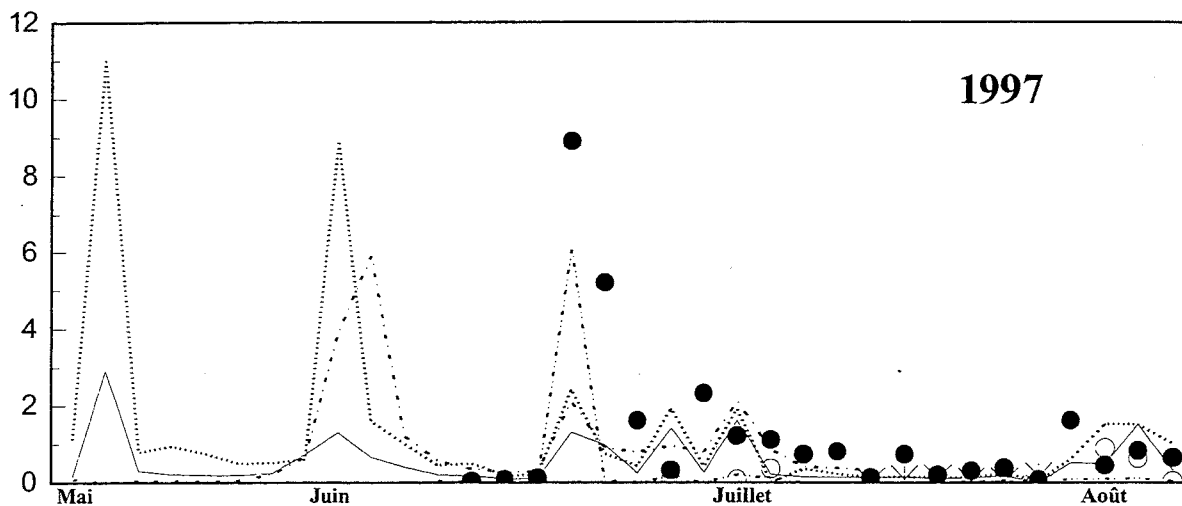
**Figure 2 Concentrations de quelques pesticides dans la rivière David**

Concentrations (µg/L)



|                 | 27 | 29   | 31   | 3    | 5    | 7     | 10   | 12    | 14   | 17   | 20   | 25   | 27   | 2    | 4    | 9    | 11   |      |
|-----------------|----|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Atrazine        | —  | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,18 | 3,00  | 0,89 | 5,70  | 0,70 | 2,10 | 0,88 | 0,64 | 0,51 | 0,41 | 0,98 | 0,91 | 0,40 | 0,30 |
| Métolachlore    | —  | 0,81 | 0,66 | 0,53 | 0,60 | 22,00 | 3,50 | 14,00 | 1,70 | 4,70 | 1,50 | 0,99 | 0,65 | 0,42 | 3,00 | 0,87 | 0,67 | 0,41 |
| Métribuzine     | —  |      |      |      |      | 1,30  | 0,43 | 0,16  | 0,05 | 0,41 | 0,04 | T    | 0,11 | 0,28 | 0,60 | 0,85 | 0,12 | 0,07 |
| Azinphos-méthyl | ○  |      |      | T    | 0,56 |       |      |       |      |      |      |      |      |      |      | 0,31 |      |      |

Concentrations (µg/L)



|              | 29 | 2    | 4     | 6    | 9    | 11   | 13   | 15   | 18   | 20   | 23   | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25   | 28   | 31   | 1    | 4    | 7    | 11   | 14   | 18   | 21   |      |
|--------------|----|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Atrazine     | —  | 0,16 | 2,90  | 0,30 | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,24 | 0,73 | 1,30 | 0,66 | 0,40 | 0,20 | 0,17 | 0,09 | 0,11 | 1,30 | 0,97 | 0,24 | 1,40 | 0,26 | 1,60 | 0,21 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,17 | 0,00 | 0,51 | 0,48 | 1,50 | 0,31 |
| Métolachlore | —  | 1,10 | 11,00 | 0,78 | 0,94 | 0,75 | 0,50 | 0,51 | 0,60 | 8,90 | 1,60 | 1,00 | 0,44 | 0,48 | 0,18 | 0,19 | 2,40 | 0,75 | 0,42 | 1,90 | 0,41 | 1,90 | 0,00 | 0,35 | 0,22 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,23 | 0,06 | 0,59 | 1,50 | 1,50 | 1,00 |
| Métribuzine  | —  |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,10 | 0,06 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,20 | T    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      |      |      |      |      | 0,09 | 0,10 | 0,04 |
| Bentazone    | —  | 0,08 | 0,00  | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,20 | 0,66 | 3,90 | 5,90 | 1,20 | 0,57 | 0,35 | 0,26 | 0,27 | 2,10 | 0,90 | 0,77 | 0,94 | 0,79 | 2,10 | 0,84 | 0,41 | 0,37 | 0,31 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Carbofuran   | ●  |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 8,90 | 5,20 | 1,60 | 0,32 | 2,30 | 1,20 | 1,10 | 0,73 | 0,80 | 0,13 | 0,73 | 0,19 | 0,30 | 0,38 | 0,08 | 1,60 | 0,44 | 0,82 | 0,64 |
| Chlorpyrifos | ⊗  |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,03 | 0,09 | 0,12 | 0,04 | 0,04 | 0,17 |      |      |      |      |
| Carbaryl     | ○  |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,04 |      | 0,07 | 0,35 |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,88 | 0,62 | 0,04 |

T: Traces

Autres pesticides détectés: voir annexe 2

Figure 3 Concentrations de quelques pesticides dans le ruisseau Corbin

**Tableau 3 Superficies des principales cultures du bassin du ruisseau Corbin**

| Cultures                     | Superficies (ha) |
|------------------------------|------------------|
| <b>Maïs</b>                  |                  |
| Maïs grain                   | 1 811            |
| Maïs sucré de transformation | 127,5            |
| Maïs sucré frais             | 75               |
| <b>Soya</b>                  | 368              |
| <b>Céréales</b>              |                  |
| Blé                          | 140              |
| Orge                         | 9,5              |
| Avoine                       | 6,5              |
| Pois secs                    | 17               |
| <b>Légumes</b>               |                  |
| Pois de transformation       | 96               |
| Piment                       | 67               |
| Haricot                      | 44               |
| Tomate                       | 31               |
| Oignon                       | 17               |
| Aubergine                    | 15               |
| Pomme de terre               | 14               |
| Autres                       | 42               |

### 3.5 Eau souterraine

Dans la moitié aval du bassin de la rivière Yamaska, là où est pratiqué l'essentiel des cultures du bassin, l'eau souterraine est relativement bien protégée par rapport à d'autres bassins agricoles. En effet, des terres argileuses affleurent sur la majeure partie de son territoire, offrant une protection adéquate contre l'infiltration des contaminants (McCormack, 1985). Toutefois, ces dépôts argileux sont surmontés en certains endroits par des dépôts sablo-graveleux d'étendue variable et qui présentent une vulnérabilité élevée à l'infiltration.

La présence de pesticides dans l'eau souterraine a été évaluée par différents volets des programmes courants du ministère de l'Environnement et de la Faune. Des puits privés de la région de la Montérégie ont été échantillonnés près de cultures de maïs et de vergers.

Le suivi des herbicides de type triazines dans des puits situés près de champs de maïs dans plusieurs localités du bassin (Sainte-Hélène-de-Bagot, Sainte-Sabine, Saint-Blaise) a révélé la présence de ces produits dans le tiers des puits (7/21). Toutefois, à l'exception d'un cas, tous les puits présentent des concentrations d'atrazine

largement en deçà du critère de 5 µg/L établi pour l'eau potable, les concentrations étant généralement inférieures à 0,1 µg/L (Giroux *et al.*, 1997). Par ailleurs, 5 des 9 puits échantillonnés à proximité de vergers dans le bassin de la Yamaska montrent la présence de pesticides.

Toutefois, localement, la vulnérabilité de l'eau souterraine, des déversements ponctuels, l'infiltration de pesticides le long du tubage du puits lors des étapes de préparation des mélanges de pesticides, de mauvaises manoeuvres lors du pompage de l'eau du puits pour le remplissage du pulvérisateur sont autant de facteurs qui peuvent être à l'origine de la contamination de l'eau souterraine.

## 4 RIVIÈRE L'ASSOMPTION

Dans le bassin de la rivière L'Assomption, les cultures qui utilisent des pesticides sont, par ordre d'importance : le maïs, les céréales, les pommes de terre et les crucifères. Les carottes, le soya et le tabac occupent aussi des superficies notables. À l'exception de la culture des pommes de terre, qui présente des superficies importantes dans la partie est du bassin, la majorité des autres cultures sont concentrées dans les bassins des rivières Saint-Esprit et de l'Achigan, notamment dans les municipalités de Saint-Esprit, Saint-Jacques, Saint-Roch et Saint-Roch-de-l'Achigan. La figure 4 présente la localisation des stations d'échantillonnage des pesticides.

### 4.1 Maïs

#### *Rivière Saint-Esprit*

La rivière Saint-Esprit draine les eaux provenant des municipalités de Saint-Esprit, Sainte-Julienne et une partie de Saint-Alexis. La proportion du bassin occupée par la culture du maïs est 20 %. Les fourrages, les céréales, les cultures en rangées autres que le maïs (soya, légumes, etc.) et les autres cultures occupent respectivement 15 %, 7 %, 4 % et 0,3 % de la superficie totale de ce sous-bassin.

Les concentrations de triazines décelées en 1994 par la méthode immunoenzymatique montrent plusieurs valeurs élevées. L'analyse conventionnelle confirme des valeurs d'atrazine excédant le critère pour la protection de la vie aquatique. En 1995, les concentrations de triazines étaient plus faibles avec deux pics excédant légèrement le critère de vie aquatique pour l'atrazine, l'un à la mi-juin et l'autre à la fin de juillet. Entre ces deux épisodes, les concentrations de triazines demeurent très faibles

(Giroux *et al.*, 1997). Rappelons cependant que l'été 1995 fut particulièrement sec, notamment au mois de juin, période où se produit habituellement l'essentiel des pertes de pesticides vers les cours d'eau.

- *Ruisseau Saint-Esprit*

Le bassin du ruisseau Saint-Esprit est l'un des bassins étudiés dans le contexte du Plan Vert, un programme fédéral-provincial qui a pris place de 1993 à 1997. L'Université McGill a été mandatée pour réaliser le suivi environnemental du bassin. L'objectif était de caractériser la qualité de l'eau du ruisseau et de suivre son évolution à la suite d'interventions correctrices menées dans les pratiques agricoles du bassin. Le ruisseau Desrochers fut utilisé à titre comparatif pour vérifier l'évolution de la qualité de l'eau dans un bassin où l'on exerce les pratiques agricoles habituelles. Les principales cultures utilisant des pesticides et pratiquées dans ces deux petits bassins sont le maïs, les céréales, le soya et les cultures maraîchères. La principale intervention en ce qui concerne l'utilisation des pesticides est de réduire le nombre de traitements par le recours à un service de dépiçage.

Les résultats de l'analyse des pesticides effectuée en 1994, avant interventions, montrent la présence de pesticides dans l'eau du ruisseau Saint-Esprit de même que dans le ruisseau Desrochers. Parmi les différents pesticides analysés, l'atrazine, le métolachlore, la cyanazine et la métribuzine sont le plus souvent détectés, soit respectivement dans 73 %, 43,5 %, 24 % et 9 % des échantillons (Enright *et al.*, 1995).

#### *Rivière de l'Achigan*

- *Ruisseau des Anges*

Le bassin du ruisseau des Anges a une superficie d'environ 32 km<sup>2</sup>. Ce ruisseau recueille les eaux provenant d'une partie des municipalités de Saint-Lin, Saint-Roch-de-l'Achigan et de Saint-Roch-Ouest. Environ 30 % du territoire est cultivé en maïs, 20 % en fourrages, 17 % en cultures en rangées autres que le maïs, 13 % en céréales et 1 % d'autres cultures. Les résultats de l'analyse des triazines en 1994 et 1995 montrent à plusieurs reprises des concentrations élevées (valeur maximale de 19 µg/L), les concentrations d'atrazine excédant parfois le critère de 2 µg/L pour le respect de la vie aquatique (Giroux *et al.*, 1997).

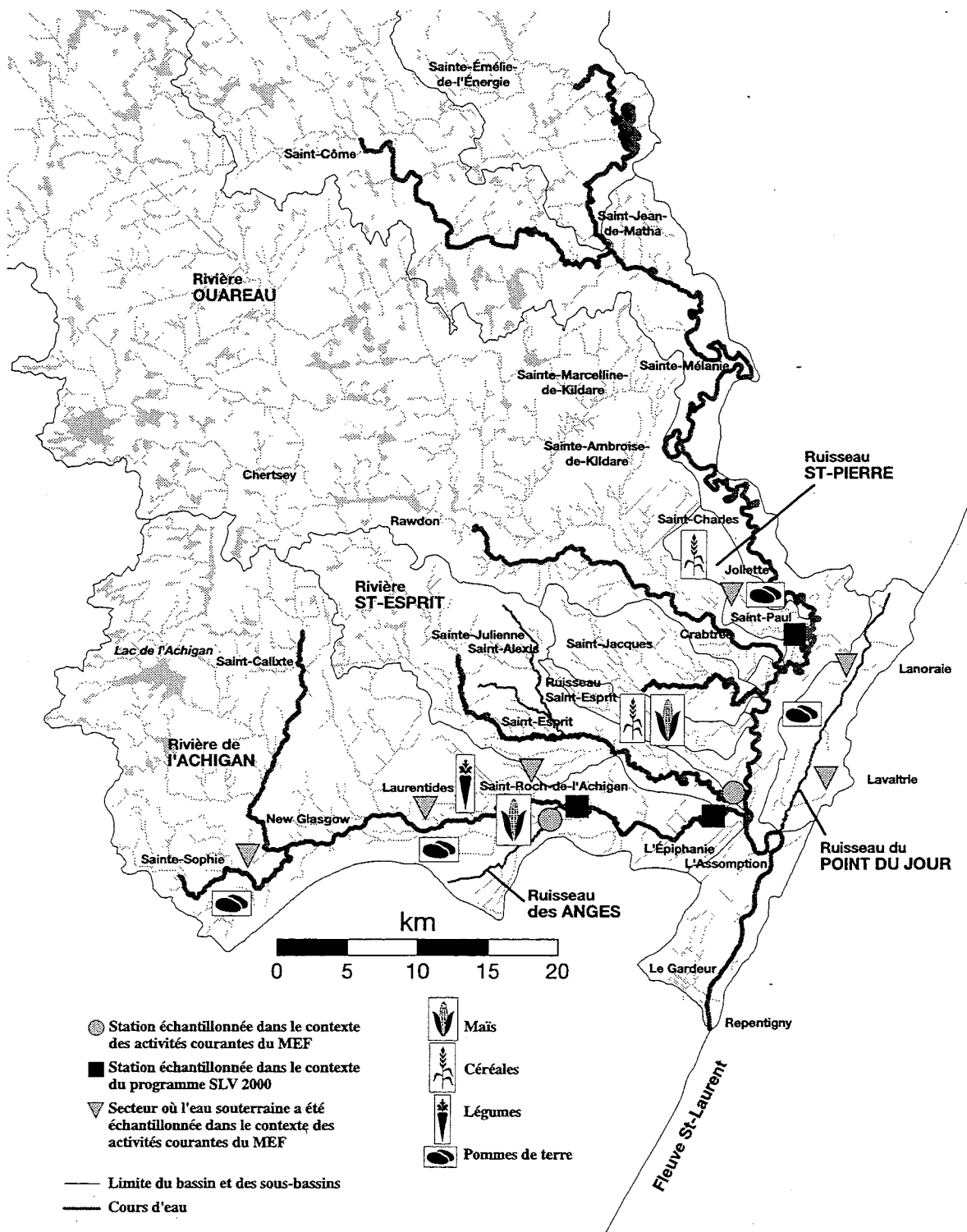


Figure 4 Localisation des stations d'échantillonnage des pesticides dans le bassin de la rivière L'Assomption

## 4.2 Céréales

### *Ruisseau Saint-Pierre*

Le bassin du ruisseau Saint-Pierre a une superficie de 3 421 ha, dont 61 % est en culture. Les grandes cultures occupent une superficie de 1 239 ha (60 % de la superficie cultivée), les fourrages couvrent une superficie de 487 ha (23 %), les céréales couvrent 308 ha (15 %) et les pommes de terre, 51 ha (2 %).

Les résultats de l'analyse des pesticides dans le ruisseau Saint-Pierre montrent des concentrations très faibles des herbicides de type phénoxyacides de même que pour les triazines. Les herbicides qui pourraient être associés à l'utilisation dans les céréales (MCPA, le 2,4-DB et le MCPB) sont détectés assez rarement, et, lorsqu'ils sont présents, les concentrations mesurées sont très faibles (figure 5). La contribution de la culture des céréales à la contamination du cours d'eau n'est donc pas très évidente. Cependant, la superficie en céréales ne représente que 15 % de la superficie cultivée et 9 % de la superficie du bassin.

En plus de l'analyse des triazines par immuno-essai et de l'analyse des phénoxyacides, des analyses multirésiduelles (balayage des triazines, organophosphorés et autres) par chromatographie ont été effectuées de façon sporadique pour les trois rivières retenues pour le suivi dans les céréales. Dans le ruisseau Saint-Pierre, un seul échantillon a été soumis à cette analyse. Celui-ci révèle néanmoins une concentration non négligeable de linuron ainsi que la présence des insecticides phosmet et carbofuran. La présence simultanée de ces trois produits, recommandés dans la culture de la pomme de terre, laisse croire à une contribution de cette culture à la contamination du ruisseau Saint-Pierre par les pesticides. Un échantillonnage par la méthode multirésiduelle conventionnelle, par ailleurs plus coûteuse que la méthode immunoenzymatique, aurait sans doute mieux fait ressortir l'impact des différentes cultures.

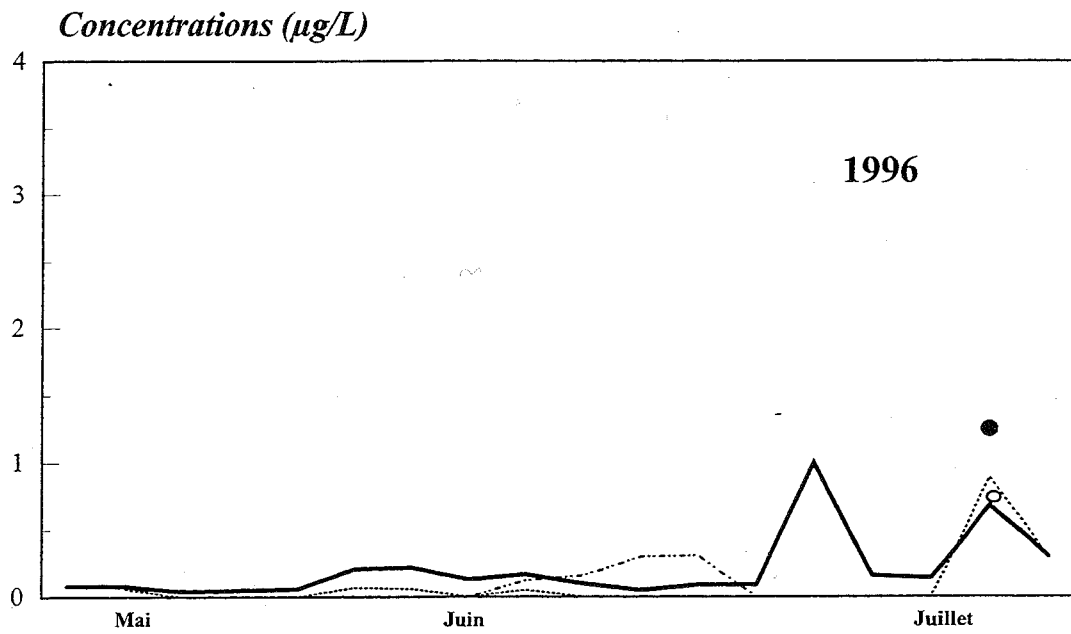
## 4.3 Légumes

### *Rivière de l'Achigan*

Les principales cultures dans le sous-bassin de la rivière de l'Achigan sont, par ordre d'importance, les grandes cultures et les céréales, qui occupent respectivement 36 % et 18 % de la superficie cultivée de ce sous-bassin. Comme dans d'autres bassins, ces cultures, notamment celle du maïs-soya, contribuent à la présence d'herbicides dans la rivière de l'Achigan.

Toutefois, ce sous-bassin est aussi celui pour lequel la proportion des superficies en légumes est la plus élevée (10 % de la superficie cultivée dans le sous-bassin). L'échantillonnage visait donc à vérifier, entre autres, si l'utilisation des pesticides dans les cultures de légumes a des répercussions sur la qualité de l'eau. Les principales cultures de légumes sont la carotte, le navet, le chou et la betterave, mais d'autres légumes sont aussi cultivés (poireau, oignon, céleri). Ces cultures sont surtout pratiquées entre la ville de Laurentides et la ville de Saint-Roch-de-l'Achigan.

Par rapport aux bassins où seules les cultures de maïs et de céréales sont présentes (ex: rivière David), les rivières des bassins où il y a des cultures de légumes (Corbin et l'Achigan) montrent un plus grand nombre d'insecticides présents et la détection occasionnelle de fongicides. Dans le bassin de la rivière de l'Achigan, les insecticides détectés sont le carbofuran, le chlorfenvinphos, le diazinon, le diméthoate, le phosmet et l'azinphos-méthyl (figure 6). On y a aussi détecté, en une occasion, en 1997 la présence de ETU, produit de la dégradation des fongicides dithiocarbamates (ex.: mancozèbe) utilisés dans la culture des légumes. Les pesticides actuellement analysés ne couvrent qu'une partie des produits potentiellement utilisés dans la culture des légumes. Certains pesticides peuvent donc se trouver dans l'eau sans que nous puissions les mesurer.



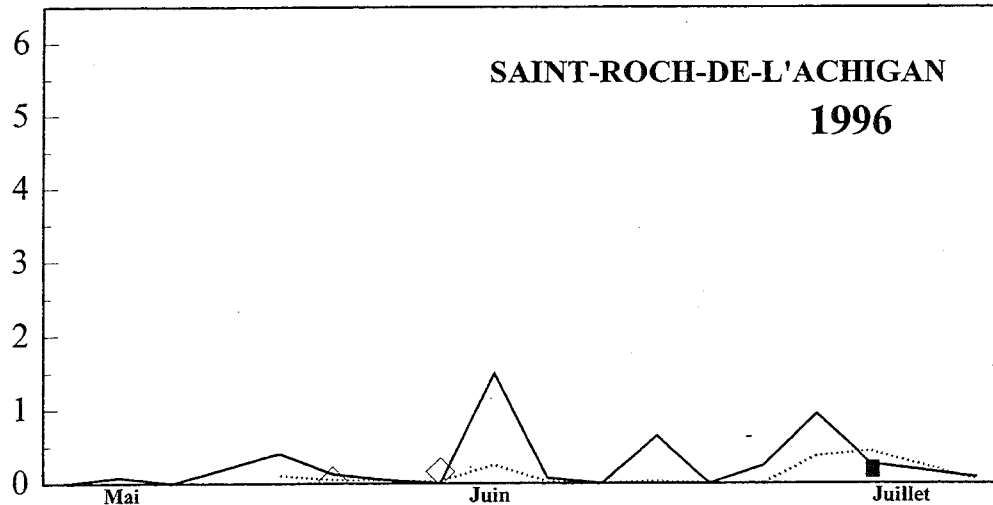
|                 | 27   | 29   | 31   | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 19   | 21   | 25   | 27   | 2    | 4    | 8    | 10   |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Triazines —     | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,21 | 0,22 | 0,13 | 0,17 | 0,10 | 0,05 | 0,09 | 0,09 | 1,00 | 0,16 | 0,14 | 0,68 | 0,30 |
| Linuron ●       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,20 |      |
| Diuron ○        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,70 |      |
| Dicamba ····· T | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,28 |
| MCPA - - - -    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,16 | 0,30 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | T    | T    | T    | T    |

T: Traces  
 Autres pesticides détectés: voir annexe 2

**Figure 5 Concentrations de quelques pesticides dans le ruisseau Saint-Pierre**

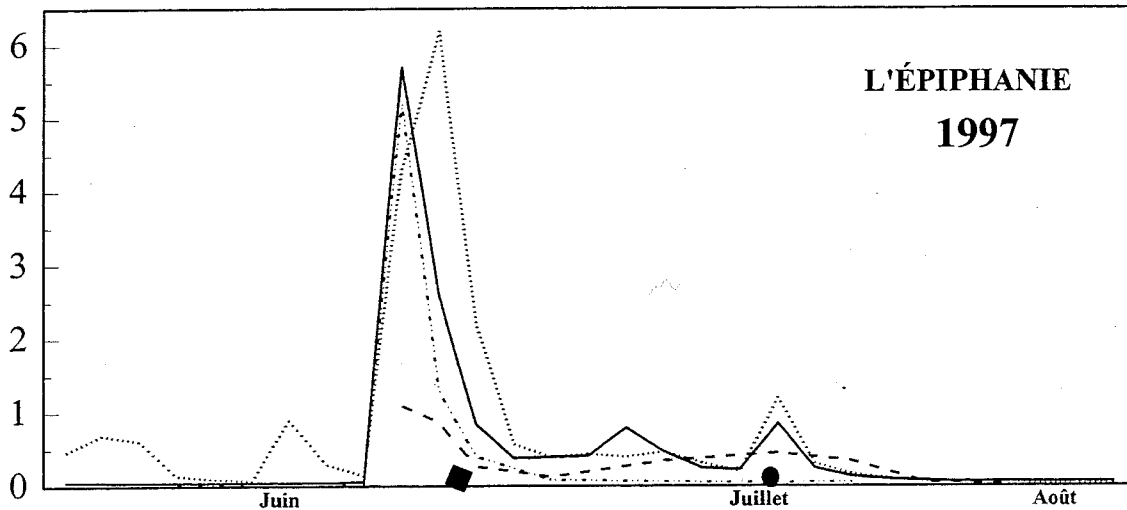


Concentrations ( $\mu\text{g/L}$ )



|                 |       | 27   | 29   | 31   | 3 | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 19   | 21   | 25   | 27   | 2    | 4    | 8 | 11   |
|-----------------|-------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|
| Atrazine        | —     | 0,00 | 0,08 | 0,00 | T | 0,41 | 0,13 | 0,05 | 0,00 | 1,50 | 0,07 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 0,24 | 0,95 | 0,27 |   | 0,08 |
| Métochloré      | ..... | T    | T    | T    | T | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,25 | 0,02 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,44 |   | 0,05 |
| Carbofuran      | ◇     |      |      |      |   |      |      | 0,04 | 0,16 |      |      |      |      |      |      |      |      |   |      |
| Azinphos-méthyl | ■     |      |      |      |   |      |      |      | T    |      |      |      |      |      |      |      |      |   | 0,38 |

Concentrations ( $\mu\text{g/L}$ )



|            |       | 2    | 4    | 6    | 9    | 11   | 13   | 16   | 18   | 20   | 23   | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 28   | 31   | 4    | 7    | 11   | 14   |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Atrazine   | —     | 0,05 | 0,05 | 0,04 | T    | T    | T    | T    | 0,04 | 0,06 | 5,70 | 2,60 | 0,84 | 0,38 | 0,39 | 0,41 | 0,79 | 0,47 | 0,24 | 0,22 | 0,85 | 0,24 | 0,13 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | T    | T    | 0,05 |
| Métochloré | ..... | 0,46 | 0,69 | 0,61 | 0,14 | 0,09 | 0,07 | 0,90 | 0,29 | 0,14 | 4,30 | 6,20 | 2,20 | 0,57 | 0,39 | 0,43 | 0,39 | 0,46 | 0,31 | 0,19 | 1,20 | 0,30 | 0,16 | 0,10 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Dicamba    | ---   |      |      |      | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 5,20 | 1,30 | 0,40 |      | 0,08 |      | 0,05 |      |      | 0,04 | 0,05 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Bentazone  | - .   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,10 | 0,87 | 0,27 |      | 0,12 |      | 0,34 |      |      | 0,45 | 0,34 |      | 0,04 |      | 0,03 |      |      |      |      |      |
| Phosmet    | ●     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,09 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diazinon   | ◆     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,02 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

T: Traces

Autres pesticides détectés: voir annexe 2

Figure 6 Concentrations de quelques pesticides dans la rivière de l'Achigan

#### 4.4 Eau souterraine

Dans le bassin de la rivière L'Assomption, les cultures sur lesquelles des pesticides sont employés se trouvent principalement localisées dans la partie aval du bassin. Dans cette région, les sols perméables et peu perméables alternent dans une proportion de 50 %. En effet, les terres argileuses et silteuses, peu perméables et offrant une bonne protection contre l'infiltration des contaminants, sont surmontées sur 50 % du territoire par des zones sablo-graveleuses, d'épaisseur variable et qui présentent une vulnérabilité élevée (McCormack, 1985b).

Deux programmes de mesure des pesticides portant sur différentes régions agricoles du Québec ont permis de documenter la présence de pesticides dans l'eau souterraine de cette région.

De 1984 à 1991, dans le contexte du programme de suivi de l'insecticide aldicarbe dans l'eau souterraine près de champs en culture de pommes de terre, 82 puits ont été échantillonnés dans le bassin de la rivière L'Assomption. Les puits privés échantillonnés sont situés dans les municipalités de Crabtree, L'Assomption, Lanoraie, Lavaltrie, Saint-Gérard, Laurentides, Saint-Roch-de-l'Achigan, Saint-Paul et Sainte-Sophie. De ce nombre, 17 (21 %) montrent la présence de ce produit, dont 12 (15 %) où les concentrations se situent entre 1 et 8 µg/L et 5 (6 %) qui présentent des concentrations qui dépassent la norme de 9 µg/L pour l'eau potable (Giroux, 1993). De 1991 à 1993, une quinzaine de puits ont été échantillonnés pour la mesure d'autres pesticides utilisés dans cette culture. Plus de la moitié d'entre eux montrent aussi la présence de faibles concentrations d'autres produits, en particulier l'herbicide métribuzine et l'insecticide carbofuran (Giroux, 1995).

Par ailleurs, une vingtaine de puits ont été échantillonnés à proximité de champs de maïs dans les municipalités de Laurentides, Saint-Roch-de-l'Achigan, Saint-Roch-Ouest, Saint-Esprit, Sainte-Julienne, Saint-Alexis, Saint-Jacques, Saint-Gérard-Majella, Saint-Liguori, Saint-Pierre, Saint-Ambroise-de-Kildare et Sainte-Mélanie. Parmi ces puits, 15 % (4/26) montrent la présence d'herbicides de type triazines (Giroux *et al.*, 1997).

### 5 RIVIÈRE CHAUDIÈRE

Les activités agricoles du bassin de la rivière Chaudière sont surtout vouées à l'élevage. Aussi, les cultures fourragères représentent-elles l'essentiel des superficies en culture du bassin. Or, ces cultures utilisent peu ou pas de pesticides. Mis à part les fourrages, le bassin présente

aussi des superficies en céréales, un peu de maïs et de petites superficies de soya, de pommes de terre (Saint-Lambert), de fraises et de pommes (Bernières).

#### *Saint-Laurent Vision 2000*

### 5.1 Maïs et céréales

#### *Rivière Beaurivage*

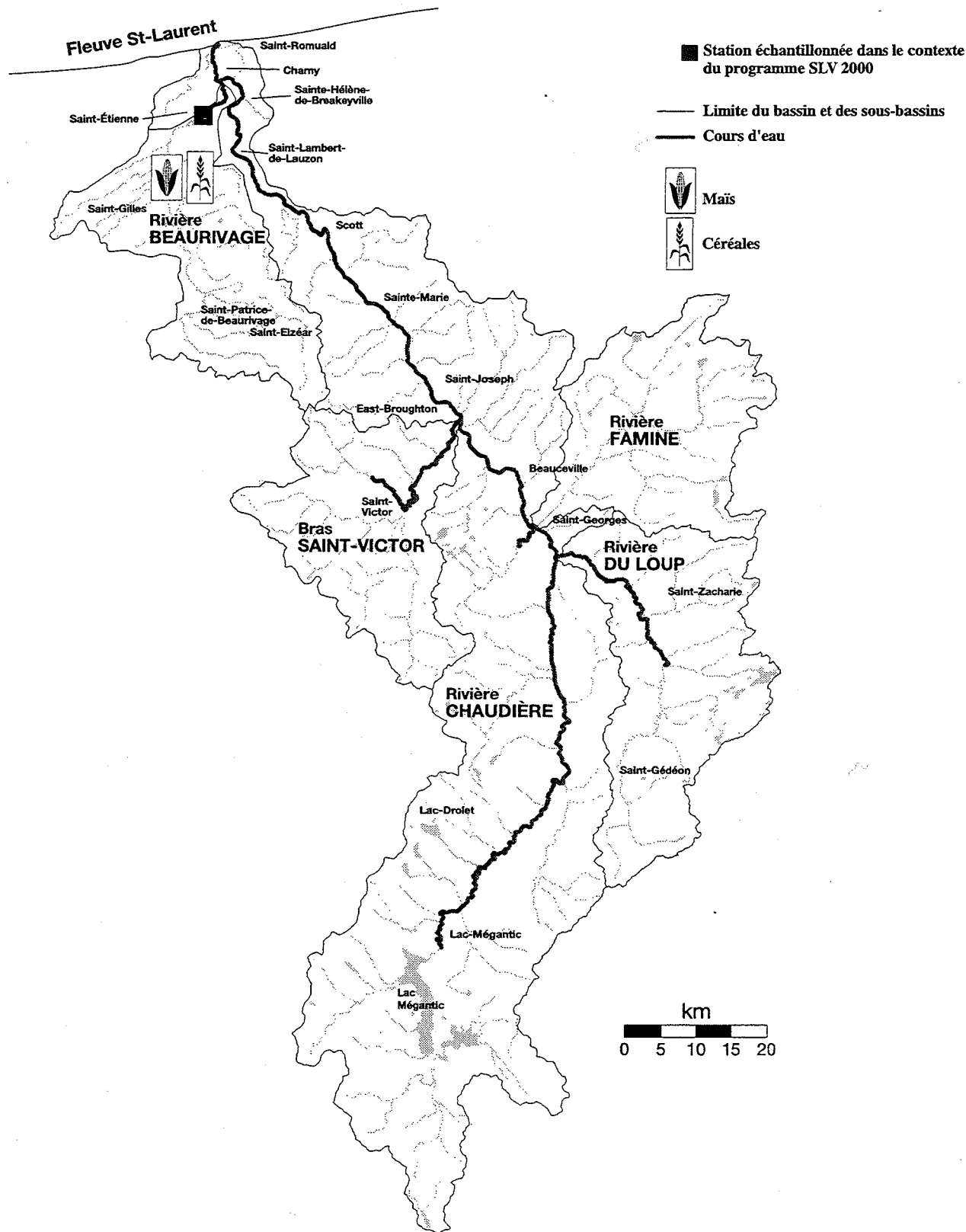
Pour le bassin de la rivière Chaudière, l'impact potentiel des cultures de maïs et de céréales a été investigué dans le sous-bassin de la rivière Beaurivage où ces cultures sont principalement concentrées (figure 7). Dans le sous-bassin de la rivière Beaurivage, les cultures fourragères occupent 82 % du territoire cultivé, soit 19 134 ha. Parmi les autres cultures, les céréales, notamment l'orge et l'avoine, couvrent une superficie de 2 170 ha, soit 9 % du territoire cultivé dans le sous-bassin. Le maïs occupe une superficie de 1 889 ha, soit environ 8 % du territoire cultivé.

Les produits décelés dans l'eau sont essentiellement des herbicides. Les produits le plus souvent détectés ou présents en plus fortes concentrations sont l'atrazine, le métolachlore et le dicamba, mais on trouve aussi quelques autres herbicides (figure 8). Parmi les herbicides qui peuvent être utilisés dans les céréales, le MCPA et le MCPB ont été détectés aux mêmes dates à deux occasions en 1996. Le MCPA, le MCPB et le 2,4-DB sont aussi détectés en 1997.

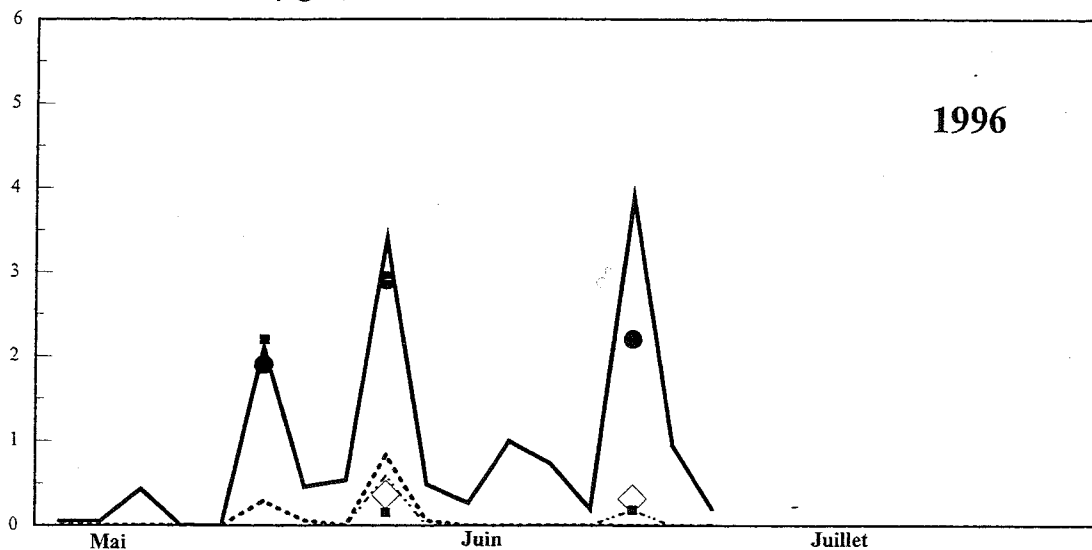
### 6 RIVIÈRE BOYER

Le bassin de la rivière Boyer est beaucoup plus petit que les trois autres bassins. Les superficies des cultures sur lesquelles des pesticides peuvent être appliqués sont assez faibles. Ce sont, par ordre d'importance, les céréales (2 711 ha), le maïs (620 ha), la pomme de terre et les fraises (159 ha au total).

Un échantillonnage exploratoire pour les pesticides a été réalisé en 1993 par le comité technique de restauration de la rivière Boyer. Les résultats indiquaient la présence de faibles concentrations d'atrazine, provenant de la culture du maïs, dans les rivières Boyer Nord, Boyer Sud et Boyer, ainsi que de faibles concentrations de MCPA, provenant possiblement des cultures de céréales, dans les rivières Boyer Sud et Boyer (GIRB, 1998).

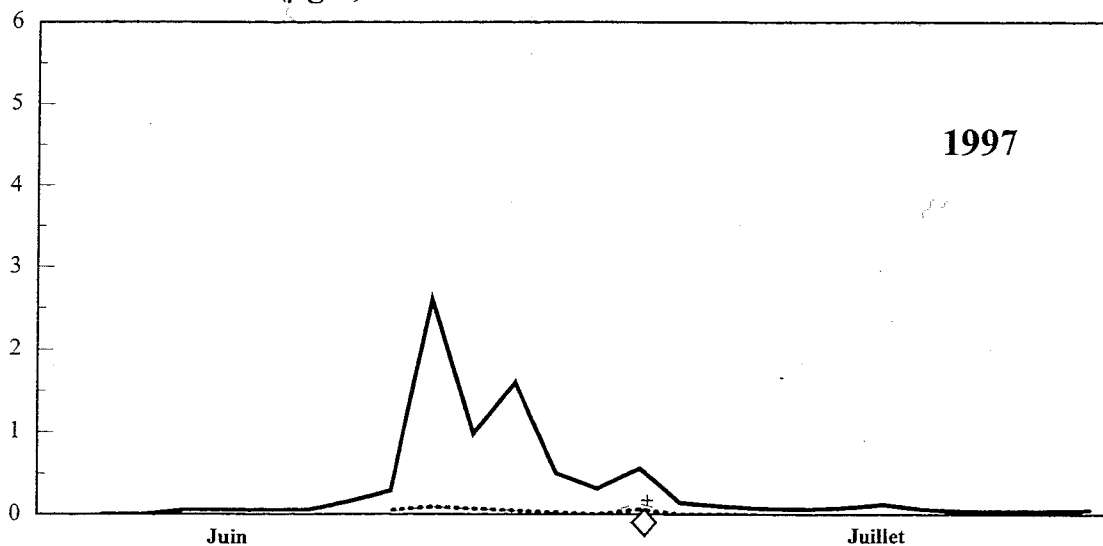


Concentrations ( $\mu\text{g/L}$ )



|              | 27   | 29   | 31   | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 20   | 25   | 27   | 2    | 4    | 9    | 11   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Triazines    | 0,05 | 0,05 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 2,10 | 0,46 | 0,54 | 3,40 | 0,49 | 0,27 | 1,00 | 0,74 | 0,20 | 3,90 | 0,95 | 0,20 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Atrazine     |      |      |      |      |      | 1,90 |      |      | 2,90 |      |      |      |      |      | 2,20 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Métolachlore |      |      |      |      |      | 2,20 |      |      | 0,16 |      |      |      |      |      | 0,19 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba      | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,06 | 0,00 | 0,84 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MCPA         | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| MCPB         |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,57 |      |      |      |      |      | 0,32 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Concentrations ( $\mu\text{g/L}$ )



|              | 2    | 4    | 6    | 9 | 11 | 13 | 16   | 18   | 20   | 23   | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25   | 28   | 30 |  |
|--------------|------|------|------|---|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|--|
| Triazines    | 0,00 | 0,00 | 0,05 |   |    |    | 0,05 | 0,16 | 0,29 | 2,60 | 0,98 | 1,60 | 0,50 | 0,31 | 0,56 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |    |  |
| Atrazine     |      |      |      |   |    |    |      |      |      | 2,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |  |
| Métolachlore |      |      |      |   |    |    |      |      |      | 2,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |  |
| Dicamba      |      |      |      |   |    |    |      |      | 0,05 | 0,09 |      |      |      | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |    |  |
| MCPA         |      |      |      |   |    |    |      |      | 0,03 | 0,09 |      |      |      | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |      |      |      |      |      |      |      |    |  |
| MCPB         |      |      |      |   |    |    |      |      |      | T    |      |      |      |      | 0,05 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |  |
| 2,4-DB       |      |      |      |   |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,05 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |  |

Autres pesticides détectés : voir annexe 2

Figure 8 Concentrations de quelques pesticides dans la rivière Beaurivage

## 7 CONCLUSION

Le suivi des pesticides réalisé ces dernières années, dans le contexte de *SLV 2000* ou des programmes courants du ministère de l'Environnement et de la Faune, montre que des pesticides sont présents dans les cours d'eau et l'eau souterraine de la plupart des bassins versants agricoles. Parmi les bassins retenus pour *SLV 2000*, les bassins des rivières Yamaska et L'Assomption sont plus touchés par la contamination par les pesticides que les bassins des rivières Chaudière et Boyer. Le programme *SLV 2000* a aussi permis de confirmer que les superficies en maïs constituent une source prépondérante d'herbicides vers les cours d'eau.

Le suivi n'a pas permis de conclure définitivement sur la contribution des cultures de céréales (blé, orge, avoine) à la contamination des cours d'eau par les pesticides. Les herbicides plus spécifiquement liés à la culture de céréales (ex: MCPA, 2,4-DB et MCPB) ne sont pas ou sont peu détectés dans l'eau. Toutefois, la présence prépondérante du maïs, la dispersion des cultures de céréales sur le territoire ou une fréquence d'échantillonnage trop faible a pu influer sur les résultats. Cet échantillonnage exploratoire a tout de même permis d'établir qu'un échantillonnage plus local et à une fréquence plus élevée pourrait mieux évaluer l'apport potentiel des céréales à la contamination des cours d'eau par les pesticides.

D'ailleurs, localement, le suivi des pesticides dans un ruisseau situé près de cultures de légumes et de conserverie semblent générer un apport non négligeable de pesticides au cours d'eau. Les produits détectés sont variés. En plus des herbicides, on trouve aussi un grand nombre d'insecticides et des fongicides.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BASTIEN, D., 1995. *Profil de la culture des céréales au Québec relativement à la phytoprotection et à la fertilisation*. Réalisé par Conceptra Inc. pour le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 37 p. et 10 annexes.
- BÉDARD, Y., S. GARIÉPY et F. DELISLE, 1997. *Bassin versant de la rivière Chaudière: L'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel. Rapport rédigé dans le contexte de Saint-Laurent Vision 2000 - volet Assainissement agricole. 89 p.
- BERRYMAN, D. et I. GIROUX, 1994. *La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive de maïs au Québec; Campagnes d'échantillonnage de 1992 et 1993*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ENVIRODOQ EN 940594, rapport n° PES-4, 134 pages + 5 annexes.
- BISSON, M., R. DESROSIERS et I. GIROUX, 1998. *Étude exploratoire sur la présence de pesticides dans l'air ambiant et au sol à proximité de vergers de pommiers*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du milieu atmosphérique, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel, Direction des écosystèmes aquatiques, 39 pages, 2 annexes.
- DELISLE, F., S. GARIÉPY et Y. BÉDARD, 1998. *Bassin versant de la rivière Yamaska. L'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel. Rapport rédigé dans le contexte de Saint-Laurent Vision 2000 - volet Assainissement agricole (en préparation).
- DELISLE, F., S. GARIÉPY et Y. BÉDARD, 1997. *Bassin versant de la rivière L'Assomption: L'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel. Rapport rédigé dans le contexte de Saint-Laurent Vision 2000 - volet Assainissement agricole, 109 p.
- ENRIGHT, P., F. PAPINEAU et C.A. MADRAMOOTOO, 1995. *Gestion de l'eau dans le bassin versant de la partie supérieure du ruisseau Saint-Esprit*. Rapport d'étape 2: période du 1er avril 1994 au 31 mars 1995. Collège McDonald de l'Université McGill.
- FORREST, S.I. et P.Y. CAUX, 1989. *Pesticides in Tributaries of the St. Lawrence River 1987-1988*, Program Report, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 139 p.
- GIRB, 1998. Bassin versant de la rivière Boyer (en préparation)
- GIROUX, I., M. DUCHEMIN et M. ROY, 1997. *Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec, Campagnes d'échantillonnage de 1994 et 1995*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques. ENVIRODOQ EN970099, rapport n° PES-8, 54 pages + 6 annexes.
- GIROUX, I. 1995. *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions de culture de pommes de terre; Campagnes d'échantillonnage de 1991-1992-1993*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, 61 p.
- GIROUX, I., 1993. *Contamination de l'eau souterraine par l'aldicarbe dans les régions de culture intensive de pommes de terre - 1984 à 1991*, ministère de l'Environnement, Direction du milieu agricole et du contrôle des pesticides, 61 pages et 2 annexes, (réédité septembre 1994).
- GIROUX, I., 1998. *Suivi environnemental des pesticides dans des régions de vergers de pommiers, Rapport d'échantillonnage de petits cours d'eau et de l'eau souterraine au Québec en 1994, 1995 et 1996*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques. Rapport n° PES- , (à paraître).
- LAMONTAGNE, L. et M.C. NOLIN, 1997. *Cadre pédologique de référence pour la corrélation des sols*, Agriculture et agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, 69 p.
- LEMIEUX, C., B. QUÉMERAIS et K. R. LUM, *Seasonal Patterns of Atrazine Loading for the St. Lawrence River (Canada) and its Tributaries*. Wat. Res. 29(6):1491-1504.
- MAGUIRE, R.J. et R.J. TKACZ, 1993. *Occurrence of Pesticides in the Yamaska River*, Québec, Arch. Environ. Contam. Toxicol., 25:220-226.

MAPAQ, 1995. *Fichier des exploitations agricoles enregistrées au MAPAQ en 1995*, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

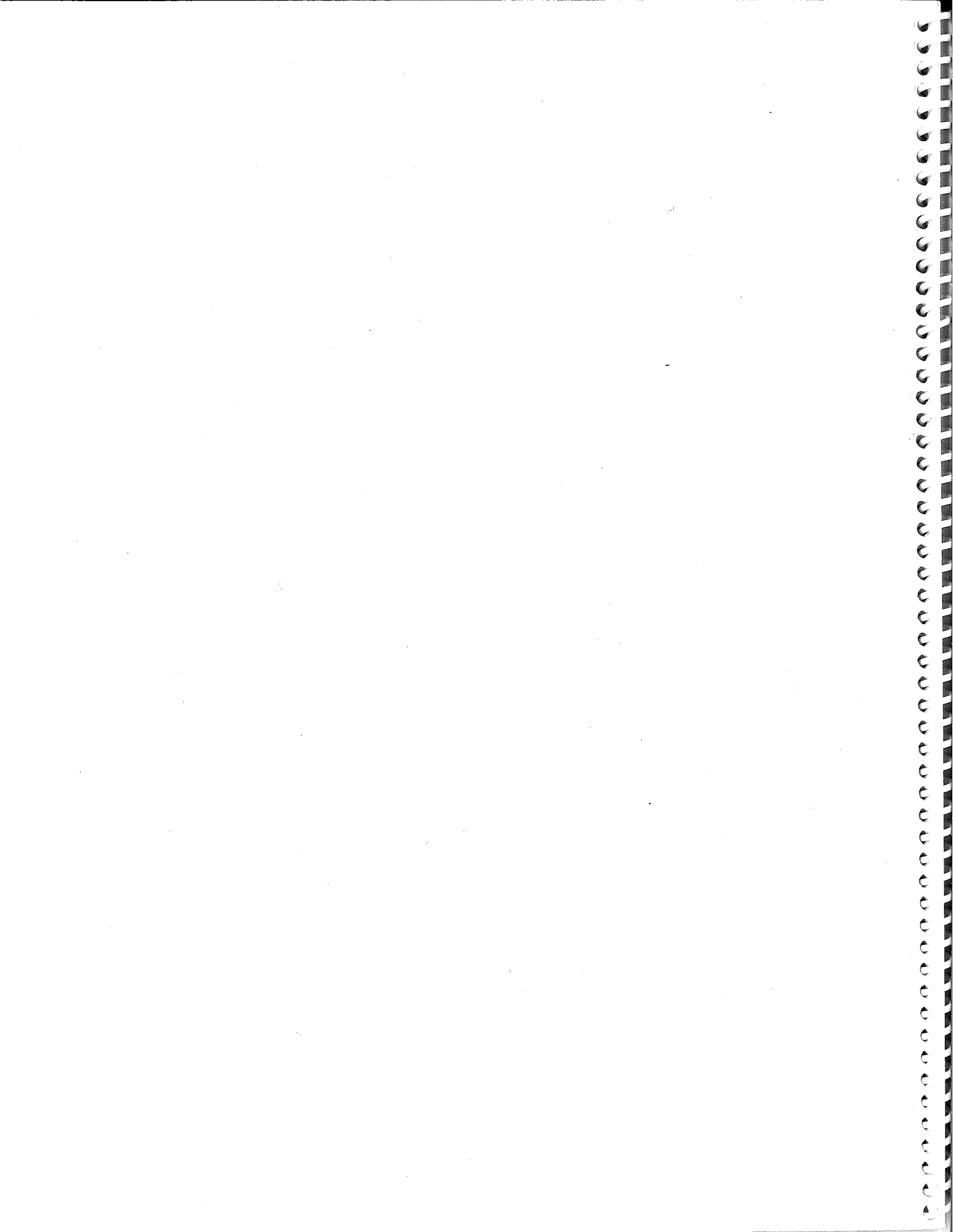
McCORMACK, R., 1985 a. *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, Région sud de Montréal*, ministère de l'Environnement.

McCORMACK, R., 1985 b. *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution, Région nord de Montréal*, ministère de l'Environnement.

RONDEAU, B., 1996. *Pesticides dans les tributaires du fleuve Saint-Laurent 1989-1991*, Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 58 pages.

**ANNEXES**





ANNEXE 1 RÉPARTITION DES SUPERFICIES EN CULTURE PAR SOUS-BASSIN POUR LES BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES YAMASKA, L'ASSOMPTION, CHAUDIÈRE ET BOYER (HA)

| YAMASKA           | Yamaska | Yamaska<br>Sud-Est | Yamaska<br>Nord | Noire   | Salvail | David  | Pot au<br>Beurre | TOTAL   |
|-------------------|---------|--------------------|-----------------|---------|---------|--------|------------------|---------|
| Grandes cultures  | 51 665  | 1 446              | 2 139           | 21 768  | 7 272   | 9 486  | 4 411            | 98 186  |
| Céréales          | 14 238  | 397                | 352             | 5 827   | 1 597   | 3 939  | 1 245            | 27 595  |
| Fourrages         | 29 731  | 7 226              | 6 001           | 38 295  | 1 847   | 5 944  | 3 442            | 92 486  |
| Fruits            | 1 595   | 109                | 30              | 658     | 1       | 25     | 13               | 2 431   |
| Légumes           | 3 248   | 25                 | 6               | 311     | 343     | 90     | 141              | 4 164   |
| P. de terre       | 115     | 7                  | 0               | 9       | <1      | 0      | <1               | 130     |
| Autres            | 842     | 24                 | 15              | 158     | 0       | 17     | 272              | 1 327   |
| Total             | 101 433 | 9 234              | 8 543           | 67 024  | 11 060  | 19 501 | 9 524            | 226 320 |
| Total sous-bassin | 175 760 | 41 490             | 30 230          | 158 280 | 20 610  | 32 610 | 20 800           | 479 760 |

Source : Delisle *et al.*, 1998

| L'ASSOMP-<br>TION  | Ouareau<br>de<br>l'Achigan | L'Assomption | Noire   | Saint-<br>Esprit | Saint-<br>Pierre | Vacher | Saint-<br>Georges | du<br>Point-<br>du-Jour | TOTAL |         |
|--------------------|----------------------------|--------------|---------|------------------|------------------|--------|-------------------|-------------------------|-------|---------|
| Grandes cultures   | 1 537                      | 5 267        | 2 833   | 7                | 5 184            | 1 239  | 1 867             | 227                     | 211   | 18 371  |
| Céréales           | 1 789                      | 2 661        | 2 339   | 83               | 1 455            | 308    | 889               | 704                     | 1 177 | 11 403  |
| Fourrages          | 7 109                      | 4 189        | 4 542   | 437              | 2 983            | 487    | 1 724             | 1 045                   | 758   | 23 273  |
| Fruits             | 29                         | 34           | 38      | 1                | 5                | 0      | 17                | 0                       | 39    | 163     |
| Légumes            | 166                        | 1 554        | 170     | 2                | 334              | 51     | 190               | 2                       | 172   | 2 642   |
| P. de terre        | 309                        | 267          | 991     | 0                | 0                | 1      | 197               | 113                     | 518   | 2 397   |
| Tabac              | 70                         | 12           | 569     | 0                | 19               | 0      | 0                 | 0                       | 297   | 967     |
| Autres             | 134                        | 767          | 0       | 0                | 0                | 0      | 0                 | 44                      | 52    | 997     |
| Total              | 11 142                     | 14 750       | 11 482  | 530              | 9 980            | 2 086  | 4 884             | 2 135                   | 3 223 | 60 211  |
| Total sous-bassins | 168 674                    | 65 300       | 103 940 | 41 381           | 21 033           | 3 421  | 7 703             | 3 093                   | 7 336 | 421 874 |

Source : Delisle *et al.*, 1997

ANNEXE 1 RÉPARTITION DES SUPERFICIES EN CULTURE PAR SOUS-BASSIN POUR LES BASSINS  
VERSANTS DES RIVIÈRES YAMASKA, L'ASSOMPTION, CHAUDIÈRE ET BOYER (HA) (suite)

| CHAUDIÈRE         | Beaurivage | Chaudière | Famine | Du Loup | Saint-Victor | TOTAL   |
|-------------------|------------|-----------|--------|---------|--------------|---------|
| Grandes cultures  | 1 947      | 1 745     | 3      | 0       | 79           | 3 733   |
| Céréales          | 2 170      | 4 703     | 169    | 283     | 1 208        | 8 532   |
| Fourrages         | 19 134     | 57 011    | 4 036  | 3 460   | 21 539       | 105 181 |
| Fruits            | 34         | 103       | 8      | 1       | 15           | 161     |
| Légumes           | 20         | 24        | 2      | 7       | 2            | 56      |
| Autres            | 0          | 2 041     | 45     | 28      | 530          | 2 644   |
| Total             | 23 304     | 63 586    | 4 217  | 3 751   | 22 844       | 117 701 |
| Total sous-bassin | 71 800     | 362 900   | 70 900 | 89 600  | 72 800       | 668 000 |

Source : Bédard *et al.*, 1998

| BOYER                  | Boyer Sud | Boyer nord | Portage | Boyer | TOTAL  |
|------------------------|-----------|------------|---------|-------|--------|
| Maïs                   | 264       | 255        | 0       | 101   | 620    |
| Céréales               | 875       | 253        | 144     | 1 439 | 2 711  |
| Fourrages + pâturages  | 3 032     | 1 461      | 750     | 4 467 | 9 710  |
| Fruits et légumes      | 0         | 56         | 16      | 87    | 159    |
| Protéagineuses         | 91        |            |         |       | 91     |
| Total culture          | 4 262     | 2 025      | 910     | 6 094 | 13 291 |
| Superficie sous-bassin |           |            |         |       |        |

## ANNEXE 2 MÉTHODES D'ANALYSE DES PESTICIDES

### *Balayage des organophosphorés, triazines, carbamates, captane-captafol, pyréthriinoïdes et autres*

En 1996, le laboratoire a couplé l'analyse du captane-captafol ainsi que des pyréthriinoïdes au balayage des produits de type organophosphorés et triazines. Une extraction avec du dichlorométhane est effectuée *in situ*. Les pesticides sont ensuite extraits de l'échantillon d'eau par passage à travers une colonne de type octadécyle (C18). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec une solution d'acétate d'éthyl saturée d'eau. L'éluat ainsi recueilli est concentré à faible volume sous atmosphère d'argon. Lorsque nécessaire, une purification sur gel de silice est effectuée.

Les pesticides sont séparés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides dans l'échantillon sont calculées en comparant la surface des pics des produits de l'échantillon et celles des solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'un étalon d'extraction (propoxur et atrazine D<sub>5</sub>) et d'un étalon d'injection (iprodion et terbutryn)

### **ETU**

L'éthylène-thiourée est un produit de dégradation des fongicides de type éthylènebisdithio-carbamates (EBDC) tels que le mancozèbe, le manèbe, le métirame et le thirame. Comme ces produits sont instables, il est plus facile d'analyser le produit de dégradation. Pour l'analyse de l'ETU, l'échantillon est extrait par passage successif à travers une colonne de type EXTRELUT QE. L'éthylène-thiourée est élué avec du dichlorométhane. L'éluat recueilli est concentré à faible volume sous atmosphère d'argon et le dichlorométhane est échangé pour de l'acétate d'éthyl.

L'ETU est dosé par chromatographie en phase gazeuse muni d'un détecteur spécifique à l'azote et au phosphore. La concentration dans l'échantillon est déterminée en comparant les hauteurs des pics des produits de l'échantillon à celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

### **Phénoxyacides**

Pour l'analyse des herbicides des type phénoxyacides, il y a d'abord acidification de l'échantillon à pH 2 pour

favoriser la formation des formes non ionisées. Les pesticides sont ensuite extraits par passage à travers une colonne de type octadécyle (C18). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec un mélange d'acide acétique et d'acétonitrile. L'éluat recueilli est évaporé à sec sous atmosphère d'argon. Une estérification (méthylation) est effectuée à l'aide d'une solution de BF<sub>3</sub>/méthanol acidifiée.

Les pesticides dérivés sont ensuite extraits avec une solution d'hexane et séparés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse. Le temps de rétention dans la colonne ainsi qu'un groupe d'ions caractéristiques permettent l'identification de chacun des composés présents au moyen d'un détecteur de masse spécifique (MSD). Les concentrations sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide de marqueurs isotopiques (dicamba-D<sub>3</sub> et 2,4-D - C<sub>16</sub>), comme étalon d'extraction, et d'un étalon d'injection (1,3,5-tribromo-benzène).

### **Dépistage des triazines par immuno-essais**

L'analyse des triazines par la méthode immunoenzymatique a été utilisée pour le dépistage des triazines dans la rivière David, dans le ruisseau Saint-Pierre et dans la rivière Beurivage. Avant son utilisation dans nos programmes de mesure, cette méthode a été validée par Battat et Faucher (1995) dans une étude étalée sur deux ans. Le niveau de précision obtenu est comparable à l'analyse par chromatographie, mais le résultat donne la somme des triazines présentes dans l'échantillon et non la concentration de chaque substance prise individuellement (ex. : atrazine, cyanazine, simazine). La comparaison des résultats obtenus par la méthode d'analyse conventionnelle et par immuno-essais montre que, dans les faits, pour les cours d'eau des régions où la culture de maïs est importante, le résultat de la somme des triazines reflète assez fidèlement la concentration de l'atrazine dans l'eau.

**LIMITES DE DÉTECTION ET CRITÈRES OU NORMES DE QUALITÉ DE L'EAU POUR LES PESTICIDES ANALYSÉS (µg/L)**

| Pesticides                      | Limite de détection | Eau potable Santé Canada <sup>1</sup> | Vie aquatique chronique <sup>2</sup> | Vie aquatique aiguë <sup>3</sup> |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Atrazine                        | 0,04                | 5                                     | 2                                    |                                  |
| Azinphos-méthyl                 | 0,08                | 20                                    | 0,005                                |                                  |
| Butilate                        | 0,02                |                                       |                                      |                                  |
| Captane                         | 0,05                |                                       | 1,3                                  |                                  |
| Captafol                        | 0,05                |                                       |                                      |                                  |
| Carbaryl                        | 0,03                | 90                                    | 0,2 <sup>4</sup>                     |                                  |
| Carbofuran                      | 0,04                | 90                                    | 1,75                                 |                                  |
| Chlorfenvinphos                 | 0,06                |                                       |                                      |                                  |
| Chlorothalonil                  | 0,06                |                                       | 0,18                                 |                                  |
| Chloroxuron                     | 0,09                |                                       |                                      |                                  |
| Chlorpyrifos                    | 0,03                | 90                                    | 0,041                                | 0,083                            |
| Cyanazine                       | 0,04                | 10                                    | 2                                    |                                  |
| Cyperméthrine                   | 0,07                |                                       | 0,0032 <sup>3</sup>                  | 0,072                            |
| Deltaméthrine                   | 0,10                |                                       | 0,0004 <sup>4</sup>                  |                                  |
| Dééthyl-atrazine                | 0,03                |                                       |                                      |                                  |
| Dééthyl-simazine                | 0,03                |                                       |                                      |                                  |
| Diazinon                        | 0,02                | 20                                    | 0,003                                |                                  |
| Dicamba                         | 0,05                | 120                                   | 10                                   |                                  |
| Dichlorvos                      | 0,04                |                                       |                                      |                                  |
| Diméthénamide                   | 0,03                |                                       |                                      |                                  |
| Diméthoate                      | 0,03                | 20                                    | 6,2                                  |                                  |
| Disulfoton                      | 0,03                |                                       |                                      |                                  |
| Diuron                          | 0,2                 | 150                                   | 1,6                                  |                                  |
| EPTC                            | 0,02                |                                       |                                      |                                  |
| ETU                             | 1                   |                                       |                                      |                                  |
| Fonofos                         | 0,02                |                                       |                                      |                                  |
| Linuron                         | 0,08                |                                       | 7                                    |                                  |
| Malathion                       | 0,02                | 190                                   | 0,1                                  |                                  |
| MCPA                            | 0,05                |                                       | 2,6                                  |                                  |
| MCPB                            | 0,05                |                                       |                                      |                                  |
| Mécoprop                        | 0,05                |                                       |                                      |                                  |
| Méthyl-parathion                | 0,03                | 7                                     |                                      |                                  |
| Métolachlore                    | 0,02                | 50                                    | 8                                    |                                  |
| Métribuzine                     | 0,04                | 80                                    | 1                                    |                                  |
| Mévinphos                       | 0,04                |                                       |                                      |                                  |
| Myclobutanil                    | 0,05                |                                       | 11 <sup>3</sup>                      | 240 <sup>3</sup>                 |
| Parathion                       | 0,06                | 50                                    | 0,013                                | 0,065                            |
| Perméthrine                     | 0,05                | 20 <sup>6</sup>                       |                                      |                                  |
| Phorate                         | 0,04                | 2                                     |                                      |                                  |
| Phosalone                       | 0,03                |                                       |                                      |                                  |
| Phosmet                         | 0,05                |                                       | 0,025 <sup>3</sup>                   | 0,56                             |
| Piclorame                       | 0,05                | 190                                   | 29                                   |                                  |
| Pirimicarbe                     | 0,06                |                                       |                                      |                                  |
| Simazine                        | 0,02                | 10 ou 2 <sup>5</sup>                  | 10                                   |                                  |
| Tébutiuron                      | 0,19                |                                       | 1,6                                  |                                  |
| Terbufos                        | 0,05                | 1                                     |                                      |                                  |
| Triazines (ELISA <sup>6</sup> ) | 0,04                |                                       |                                      |                                  |
| Trifluraline                    | 0,06                | 45                                    | 0,1                                  |                                  |
| 2,4-D                           | 0,05                | 100                                   | 4                                    |                                  |
| 2,4,5-T                         | 0,05                | 280                                   |                                      |                                  |
| 2,4,5-TP                        | 0,05                | 50                                    |                                      |                                  |
| 2,4-DB                          | 0,05                |                                       |                                      |                                  |
| 2,4-DP                          | 0,05                |                                       |                                      |                                  |

1 Santé Canada & Environnement Canada, 1995

2 Ministère de l'Environnement du Québec, 1990 + mise à jour CCME 1987 et annexes (1989-1996)

3 Critères calculés selon la méthode MENVIQ, 1992

4 CCME, document en préparation

5 OMS, 1994

6 ELISA: analyse des triazines par la méthode des immuno-essais (ou méthode immunoenzymatique)

**ANNEXE 3 RÉSULTATS D'ANALYSE DES  
PESTICIDES POUR LES RIVIÈRES  
ÉCHANTILLONNÉES DANS LE  
CONTEXTE DE SAINT-LAURENT  
VISION 2000**

Tableau 1 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière David à Saint-David en 1996 (µg/L)

|                     | Mai  |      |      | Juin |      |      |      |      |      |      | Juillet |      |      |       |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|-------|------|------|------|
|                     | 27   | 29   | 31   | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 20      | 25   | 27   | 2     | 4    | 9    | 11   |
| <b>HERBICIDES</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |       |      |      |      |
| Triazines           | 0,26 | 0,32 | 0,31 | 0,68 | 0,65 | 0,67 | 3,10 | 1,60 | 1,20 | 1,20 | 0,80    | 1,10 | 0,05 | 13,00 | 5,70 | 3,70 | 2,40 |
| Atrazine            |      |      |      |      |      |      | 2,50 | 1,50 |      |      |         |      |      | 7,40  | 4,80 | 3,20 | 2,10 |
| DEA                 |      |      |      |      |      |      | 0,26 | 0,20 |      |      |         |      |      | 1,60  | 1,00 | 0,92 | 0,60 |
| Simazine            |      |      |      |      |      |      | TRA  | TRA  |      |      |         |      |      | 0,12  | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| DES                 |      |      |      |      |      |      | 0,09 | 0,06 |      |      |         |      |      | 0,68  | 0,41 | 0,36 | 0,22 |
| Métribuzine         |      |      |      |      |      |      | -    | -    |      |      |         |      |      | TRA   | -    | -    | -    |
| Divers              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |       |      |      |      |
| Métolachlore        |      |      |      |      |      |      | 2,20 | 1,00 |      |      |         |      |      | 5,60  | 2,20 | 2,30 | 0,99 |
| Diméthénamide       |      |      |      |      |      |      | 0,10 | 0,10 |      |      |         |      |      | 0,69  | 0,63 | 0,15 | TRA  |
| Butilate            |      |      |      |      |      |      | 0,03 | TRA  |      |      |         |      |      | -     | -    | -    | -    |
| Linuron             |      |      |      |      |      |      | -    | -    |      |      |         |      |      | 0,21  | TRA  | -    | 0,22 |
| EPTC                |      |      |      |      |      |      | TRA  | TRA  |      |      |         |      |      | -     | -    | TRA  | -    |
| Glyphosate          |      |      |      |      |      |      | -    | -    |      |      |         |      |      | -     | -    | -    | -    |
| AMPA                |      |      |      |      |      |      | -    | -    |      |      |         |      |      | -     | -    | -    | -    |
| Phénoxyacides       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |       |      |      |      |
| Dicamba             | 0,05 | 0,12 | 0,06 | 0,51 | 0,09 | 0,14 | 1,50 | 0,52 | 0,37 | 0,18 | 0,19    | TRA  | 0,30 | 3,00  | 1,90 | 0,21 | 0,14 |
| 2,4-D               | -    | -    | -    | -    | 0,05 | 0,06 | 0,16 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,25    | TRA  | 0,06 | 0,50  | 0,16 | 0,05 | TRA  |
| Mécoprop            | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -     | -    | -    | -    |
| MCPA                | -    | -    | -    | -    | -    | 0,07 | 0,21 | 0,10 | 2,60 | 0,23 | 0,14    | 0,06 | 0,06 | 0,45  | 0,17 | 0,07 | TRA  |
| 2,4-DB              | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | 0,06  | -    | -    | -    |
| <b>INSECTICIDES</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |       |      |      |      |
| Mévinphos           |      |      |      |      |      |      | -    | -    |      |      |         |      |      | -     | -    | TRA  | -    |

TRA = Traces

Tableau 2 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière David à Saint-David en 1997 (µg/L)

| HERBICIDES    | Mai |      |      | Juin |     |      |      |      |     |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|---------------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
|               | 29  | 2    | 4    | 6    | 9   | 11   | 13   | 15   | 18  | 20   | 23      | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25   |   |
| Triazines     | 0,1 | 0,27 | 0,29 | 0,25 | 0,3 | 0,41 | 0,52 | 0,55 | 0,6 | 1,6  | 10      | 7,8  | 3,8  | 2    | 1,3  | 5    | 4,1  | 2,6  | 1,7  | 0,88 | 1,2  | 0,89 | 0,6  | 0,79 | 0,49 |   |
| Atrazine      |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 1,4  | 9       | 5,6  | 3,3  | 1,8  |      | 3,8  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| DEA           |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,13 | 1,7     | 1,1  | 0,58 | 0,37 |      | 0,69 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Simazine      |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | 0,05    | 0,03 | 0,02 | TRA  |      | 0,02 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| DES           |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,06 | 0,78    | 0,45 | 0,19 | 0,14 |      | 0,31 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Métribuzine   |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | 0,11    | TRA  | -    | -    |      | 0,08 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Divers        |     |      |      |      |     |      |      |      |     |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Métolachlore  |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,79 | 8       | 2,9  | 1,4  | 0,74 |      | 3,5  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Diméthénamide |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,03 | 0,86    | 0,43 | 0,2  | 0,11 |      | 0,23 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Butilate      |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,03 | 0,04    | -    | TRA  | -    |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Linuron       |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | 0,18    | -    | -    | -    |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| EPTC          |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,02 | 0,09    | TRA  | TRA  | -    |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Phénoxyacides |     |      |      |      |     |      |      |      |     |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Dicamba       |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,04 | 7,1     | 6,9  | 3,5  | 1,7  | 0,65 | 0,34 | 1    | 0,57 | 0,28 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,08 |      |   |
| 2,4-D         |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,04 | 0,19    | 0,26 | 0,13 | 0,1  | 0,04 | 0,03 | 0,15 | 0,06 | 0,02 | 0,07 | -    | 0,02 | 0,02 |      |      |   |
| Mécoprop      |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | 0,01    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | - |
| MCPA          |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,04 | 0,11    | 2,2  | 0,3  | 0,21 | 0,1  | 0,09 | 0,16 | 0,18 | 0,07 | 0,18 | 0,02 | 0,1  | 0,05 |      |      |   |
| 2,4-DB        |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | TRA     | 0,05 | -    | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | - |
| Bentazone     |     |      |      |      |     |      |      |      |     | 0,11 | 0,34    | 10   | 2,9  | 1,3  | 2    | 3,4  | 2    | 2,2  | 1,5  | 0,9  | 0,65 | 0,67 | 0,46 |      |      |   |
| INSECTICIDES  |     |      |      |      |     |      |      |      |     |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
| Mévinphos     |     |      |      |      |     |      |      |      |     | -    | -       | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | - |
| TRA = Traces  |     |      |      |      |     |      |      |      |     |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |



Tableau 3 Résultats de l'analyse des pesticides dans le ruisseau Corbin en 1996 (µg/L)

|                     | Mai  |      |      | Juin |       |      |       |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 27   | 29   | 31   | 3    | 5     | 7    | 10    | 12   | 14   | 17   | 20      | 25   | 27   | 2    | 4    | 9    | 11   |
| <b>HERBICIDES</b>   |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Triazines           |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Atrazine            | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,18 | 3,00  | 0,89 | 5,70  | 0,70 | 2,10 | 0,88 | 0,64    | 0,51 | 0,41 | 0,98 | 0,91 | 0,40 | 0,30 |
| DEA                 | 0,35 | 0,16 | 0,13 | 0,13 | 0,50  | 0,22 | 0,22  | 0,17 | 0,27 | 0,23 | 0,19    | 0,15 | 0,13 | 0,17 | -    | 0,13 | 0,13 |
| Cyanazine           | -    | 0,06 | -    | 0,05 | 0,30  | 0,06 | 0,04  | TRA  | 0,04 | TRA  | TRA     | TRA  | TRA  | 0,11 | -    | TRA  | TRA  |
| Simazine            | -    | -    | -    | -    | TRA   | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| DES                 | -    | -    | -    | -    | 0,07  | 0,05 | -     | -    | 0,03 | TRA  | TRA     | TRA  | TRA  | 0,04 | -    | 0,06 | 0,05 |
| Métribuzine         | -    | -    | -    | -    | 1,30  | 0,43 | 0,16  | 0,05 | 0,41 | 0,04 | TRA     | 0,11 | 0,28 | 0,60 | 0,85 | 0,12 | 0,07 |
| Divers              |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Métolachlore        | 0,81 | 0,66 | 0,53 | 0,60 | 22,00 | 3,50 | 14,00 | 1,70 | 4,70 | 1,50 | 0,99    | 0,65 | 0,42 | 3,00 | 0,87 | 0,67 | 0,41 |
| Diméthénamide       | -    | -    | -    | RND  | RND   | RND  | 0,11  | 0,52 | 0,09 | 0,06 | TRA     | TRA  | -    | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  |
| Butilate            | -    | TRA  | -    | -    | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Linuron             | -    | -    | -    | -    | 2,30  | 0,36 | TRA   | -    | 0,20 | 0,08 | TRA     | TRA  | -    | 0,40 | -    | -    | -    |
| EPTC                | 0,02 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,19  | 0,19 | 0,30  | TRA  | 0,02 | TRA  | -       | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    |
| Diuron              | -    | -    | -    | TRA  | 0,72  | TRA  | -     | -    | -    | -    | -       | TRA  | -    | TRA  | TRA  | TRA  | -    |
| <b>INSECTICIDES</b> |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Azinphos-méthyl     | -    | -    | TRA  | -    | 0,56  | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | 0,31 | -    | -    |
| Carbofuran          | -    | -    | -    | -    | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | 0,15 | 0,08 | 0,06 |
| Carbaryl            | -    | -    | -    | -    | -     | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | 0,04 | -    | -    |
| Fonofos             | -    | -    | -    | -    | TRA   | -    | -     | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| <b>FONGICIDES</b>   |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Captane             | -    | -    | TRA  | -    | -     | -    | 0,10  | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | 0,09 | 0,18 | 0,08 |

TRA = Traces

RND = résultats non disponibles

Tableau 4 A Résultats de l'analyse des pesticides dans le ruisseau Corbin en 1997 (µg/L)

|                      | Mai  |      | Juin |      |      |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      | Août |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 29   | 2    | 4    | 6    | 9    | 11   | 13   | 15   | 18   | 20      | 23   | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25   | 28   | 31   | 1    | 4    | 7    | 11   | 14   | 18   | 21   |      |      |      |
| <b>HERBICIDES</b>    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>Tiazines</b>      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Atrazine             | 0,16 | 2,9  | 0,3  | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,24 | 0,73 | 1,3  | 0,66    | 0,4  | 0,2  | 0,17 | 0,09 | 0,11 | 1,3  | 0,97 | 0,24 | 1,4  | 0,26 | 1,6  | 0,21 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,17 | -    | 0,51 | 0,48 | 1,5  | 0,31 |      |      |      |
| <i>DPA</i>           | 0,1  | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,1  | 0,11 | 0,15 | 0,19 | 0,13    | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,07 | 0,08 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | 0,14 | 0,09 | 0,31 | 0,12 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,07 | -    | -    | 0,13 | 0,16 | 0,08 |      |      |      |
| Cyanazine            | TRA  | 0,05 | -    | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | TRA  | 0,79 | -       | 0,05 | TRA  | TRA  | -    | -    | 0,14 | TRA  | TRA  | 0,05 | -    | 0,05 | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| Simazine             | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | TRA  | -       | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| <i>DPS</i>           | -    | 0,05 | -    | -    | TRA  | -    | 0,04 | 0,04 | 0,07 | -       | 0,05 | 0,03 | 0,04 | -    | TRA  | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | TRA  | 0,12 | 0,04 | -    | 0,04 | 0,04 | -    | 0,05 | -    | 0,04 | -    | -    | -    | 0,08 | 0,06 | -    |      |      |
| Méthabuzine          | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -       | TRA  | 0,04 | -    | -    | TRA  | 6,1  | 0,06 | TRA  | 0,15 | TRA  | 0,2  | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,09 | 0,1  | 0,04 |      |      |      |
| <b>Divers</b>        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Métochlorore         | 1,1  | 11   | 0,78 | 0,94 | 0,75 | 0,5  | 0,51 | 0,6  | 8,9  | 1,6     | 1    | 0,44 | 0,48 | 0,18 | 0,19 | 2,4  | 0,75 | 0,42 | 1,9  | 0,41 | 1,9  | -    | 0,35 | 0,22 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,23 | 0,1  | 0,59 | 1,5  | 1,5  | 1    |      |      |      |
| Dinéthénamid         | TRA  | 0,02 | -    | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | -    | TRA  | 0,02    | 0,02 | TRA  | TRA  | -    | -    | 0,42 | 0,3  | TRA  | 0,06 | TRA  | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | 0,03 | 0,03 | -    | -    | -    | 0,02 | 0,05 |      |      |      |
| Linuron              | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,22 | -    | 0,68 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 1,5  | 0,45 |      |      |      |
| EPTC                 | 0,16 | 0,21 | 0,05 | 0,02 | TRA  | TRA  | 0,14 | 0,02 | 0,07 | 0,1     | TRA  | 0,02 | TRA  | -    | -    | 0,03 | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| Difluron             | 0,12 | 0,08 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | TRA     | -    | -    | -    | -    | -    | 0,14 | 0,15 | TRA  | -    | TRA  | 0,21 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | 0,17 | 1,8  | 0,32 | 0,33 |      |      |      |
| Trifluraline         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | 0,07 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| <b>Phénoxyacides</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba              | 0,03 | 0,9  | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,69 | 0,12    | 0,4  | 0,14 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 2,5  | 0,08 | 0,29 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| Benazone             | 0,08 | -    | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,2  | 0,66 | 3,9  | 5,9     | 1,2  | 0,57 | 0,35 | 0,26 | 0,27 | 2,1  | 0,9  | 0,77 | 0,94 | 0,79 | 2,1  | 0,84 | 0,41 | 0,37 | 0,31 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| 2,4-D                | -    | 0,03 | -    | -    | -    | -    | -    | 0,13 | 0,36 | 1,1     | -    | 0,12 | 0,05 | -    | -    | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,15 | TRA  | 0,05 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| MCPA                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,18 | 0,65 | 0,96    | 0,9  | 0,1  | 0,04 | 0,08 | 0,08 | 0,25 | 0,15 | 0,03 | 0,68 | 0,04 | 0,1  | 0,05 | 0,02 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| Bromoxynil           | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,01 | -    | 0,33    | 0,38 | 0,17 | 0,12 | 0,03 | TRA  | 0,1  | -    | 0,02 | -    | 0,06 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| Méoprop              | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,12 | 0,24 | 0,43    | -    | -    | -    | -    | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,06 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| MCPB                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,05    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02 | 0,13 | 0,03 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |      |
| <b>INSECTICIDES</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <b>Carbofuran</b>    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Carbofuryl           | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | 0,04 | 0,08 | 0,12 | 8,9  | 5,2  | 1,6  | 0,32 | 2,3  | 1,2  | 1,1  | 0,73 | 0,82 | 0,13 | 0,73 | 0,19 | 0,3  | 0,38 | 0,1  | 1,6  | 0,44 | 0,82 | 0,64 |      |      |      |
| Chlorpyrifos         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,04 | -    | 0,07 | 0,35 | TRA  | -    | -    | 0,03 | 0,09 | 0,12 | 0,04 | 0,04 | 0,2  | -    | -    | 0,88 | 0,62 | 0,04 |      |
| Cyperméthrine        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |
| Diazinon             | -    | -    | -    | TRA  | -    | TRA  | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |
| Dinéthioate          | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,26 | 1,9  | 0,64 |
| Pirimicarb           | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |
| <b>FONGICIDES</b>    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Carbène              | TRA  | 0,05 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |      |      |
| TRA = Traces         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |



Tableau 5 Résultats de l'analyse des pesticides dans le ruisseau Saint-Pierre en 1996 (µg/L)

|                     | Mai  |      | Juin |      |      |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 27   | 29   | 31   | 3    | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17      | 19   | 21   | 25   | 27   | 2    | 4    | 8    | 10   |
| <b>HERBICIDES</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Triazines           | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,21 | 0,22 | 0,13 | 0,17 | 0,10    | 0,05 | 0,09 | 0,09 | 1,00 | 0,16 | 0,14 | 0,68 | 0,30 |
| Atrazine            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,38 |      |
| DEA                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,08 |      |
| DES                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | TRA  |      |
| Métribuzine         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | TRA  |      |
| Divers              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | TRA  |      |
| Métolachlore        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,22 |      |
| Linuron             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 1,20 |      |
| Diuron              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,70 |      |
| Glyphosate          | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| AMPA                | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Phénoxyacides       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba             | TRA  | 0,06 | -    | -    | -    | 0,07 | 0,06 | -    | 0,05 | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,89 | 0,28 |
| 2,4-D               | -    | -    | -    | -    | -    | 0,08 | -    | -    | -    | 0,06    | -    | -    | -    | -    | TRA  | TRA  | -    | -    |
| Mécoprop            | TRA  | -    | -    | -    | -    | 0,08 | TRA  | -    | -    | 0,05    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  |
| MCPA                | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,12 | 0,16    | 0,30 | 0,31 | -    | -    | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  |
| <b>INSECTICIDES</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Phosmet             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,21 |      |
| Carbofuran          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      | 0,09 |      |

TRA = Traces

Tableau 6 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière de l'Achigan, près de Saint-Roch-de-l'Achigan en 1996 (µg/L)

|                     | Mai |      | Juin |     |      |      |      |      |      | Juillet |     |      |     |      |      |      |      |     |
|---------------------|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|---------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|
|                     | 27  | 29   | 31   | 3   | 5    | 7    | 10   | 12   | 14   | 17      | 19  | 21   | 25  | 27   | 2    | 4    | 8    | 10  |
| <b>HERBICIDES</b>   |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |
| Triazines           |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |
| Atrazine            | -   | 0,08 | -    | TRA | 0,41 | 0,13 | 0,05 | TRA  | 1,50 | 0,07    | TRA | 0,65 | TRA | 0,24 | 0,95 | 0,27 | 0,08 | TRA |
| DEA                 | -   | TRA  | -    | TRA | TRA  | -    | -    | -    | 0,03 | -       | TRA | -    | -   | -    | 0,12 | 0,06 | -    | -   |
| DES                 | -   | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -   | -    | -   | -    | 0,03 | TRA  | -    | -   |
| Métribuzine         | -   | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -   | -    | -   | -    | TRA  | -    | -    | -   |
| Divers              |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |
| Métolachlore        | TRA | TRA  | TRA  | TRA | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,25 | 0,02    | -   | 0,03 | -   | TRA  | 0,37 | 0,44 | 0,05 | -   |
| Diméthénamide       | -   | -    | RND  | RND | RND  | RND  | -    | -    | -    | -       | -   | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -   |
| Linuron             | -   | TRA  | -    | -   | -    | -    | -    | TRA  | 0,08 | -       | -   | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -   |
| <b>INSECTICIDES</b> |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |
| Carbofuran          | -   | -    | -    | -   | -    | 0,04 | -    | 0,16 | -    | -       | -   | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -   |
| Azinphos-méthyl     | -   | -    | -    | -   | -    | -    | TRA  | -    | -    | -       | -   | -    | -   | -    | -    | 0,38 | -    | -   |
| <b>FONGICIDES</b>   |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |
| ETU                 |     |      |      |     |      |      |      |      |      |         |     |      |     |      |      |      |      |     |

TRA = Traces

RND = Résultats non disponibles

Tableau 7 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière de l'Achigan, à l'Épiphanie en 1997 (µg/L)

| HERBICIDES                      | Juin |      |      |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      | Août |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                 | 2    | 4    | 6    | 9    | 11   | 13   | 16   | 18      | 20   | 23   | 25   | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 28   | 31   | 4    | 7    | 11   | 14   |      |
| <b>Triazines</b>                |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Atrazine                        | 0,05 | 0,05 | 0,04 | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | 0,04    | 0,06 | 5,70 | 2,60 | 0,84 | 0,38 | 0,39 | 0,41 | 0,79 | 0,47 | 0,24 | 0,22 | 0,85 | 0,24 | 0,13 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | TRA  | TRA  | TRA  | 0,05 |
| DEA                             | -    | TRA  | TRA  | -    | -    | -    | -    | TRA     | -    | 0,39 | 0,33 | 0,19 | 0,06 | 0,90 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,7  | 0,5  | 0,33 | 0,1  | 0,06 | 0,04 | 0,03 | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | 0,05 |
| Simazine                        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| DES                             | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,14 | 0,09 | 0,05 | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | TRA  | -    | -    | 0,08 | TRA  | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Cyanazine                       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,39 | 0,04 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Métribuzine                     | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,06 | 0,05 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| <b>Divers</b>                   |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Métolachlore                    | 0,46 | 0,69 | 0,61 | 0,14 | 0,09 | 0,07 | 0,90 | 0,29    | 0,14 | 4,30 | 6,20 | 2,20 | 0,57 | 0,39 | 0,43 | 0,39 | 0,46 | 0,31 | 0,19 | 1,2  | 0,3  | 0,16 | 0,1  | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      |
| Diméthénamide                   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,20 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Linuron                         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,23 | -    | 0,11 | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | 1,5  | 0,17 | 0,37 | 0,15 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Diuron                          | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,20 | TRA  | TRA  | TRA  | -    | -    | 0,09 | TRA  | TRA  | TRA  | 0,48 | 0,11 | 0,15 | 0,09 | -    | -    | -    | TRA  | TRA  | -    | -    |
| EPTC                            | 0,02 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,03 | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| <b>Pnéoxyacides</b>             |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba                         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,02 | 5,2  | 1,3  | 0,4  | 0,08 | -    | -    | 0,05 | -    | -    | 0,04 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Mécoprop                        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,02 | 0,01 | -    | TRA  | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | -    | 0,09 | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | 0,04 | -    | -    | -    |
| 2,4-D                           | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | 0,03 | -    | -    | 0,01 | 0,02 | 0,12 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | -    | 0,06 | -    | 0,02 | -    | -    | -    | 0,02 | -    | -    | -    | -    |
| MCPA                            | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0,02 | 0,82 | 0,43 | 0,22 | 0,41 | 0,02 | 0,02 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Bromoxynil                      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0,75 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2,4-DB                          | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 0,16 | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Bentazone                       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 1,1  | 0,87 | 0,27 | 0,34 | -    | -    | 0,45 | -    | 0,34 | -    | 0,04 | -    | -    | -    | -    | -    |      |
| <b>INSECTICIDES</b>             |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Carbofuran                      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0,26 | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Chlorfenvinphos                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Diazinon                        | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Diméthoate                      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Phosmet                         | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | TRA  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| <b>FONGICIDES</b>               |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| <i>ETU</i>                      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| TRA = Traces                    |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| RND = Résultats non disponibles |      |      |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Tableau 8 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière Beaurivage en 1996 (µg/L)

| HERBICIDES    | Mai  |      |      | Juin |     |      |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|
|               | 27   | 29   | 31   | 3    | 5   | 7    | 10   | 12   | 14   | 17   | 20      | 25   | 27   | 2    | 4    | 9    | 11   |
| Triazines     | 0,05 | 0,05 | 0,43 | TRA  | TRA | 2,10 | 0,46 | 0,54 | 3,40 | 0,49 | 0,27    | 1,00 | 0,74 | 0,20 | 3,90 | 0,95 | 0,20 |
| Atrazine      |      |      |      |      |     | 1,90 |      | 2,90 |      |      |         |      |      |      | 2,20 |      |      |
| DEA           |      |      |      |      |     | 0,09 |      | 0,19 |      |      |         |      |      |      | 0,42 |      |      |
| Cyanazine     |      |      |      |      |     | 0,12 |      | -    |      |      |         |      |      |      | -    |      |      |
| Simazine      |      |      |      |      |     | -    |      | 0,16 |      |      |         |      |      |      | 0,03 |      |      |
| DES           |      |      |      |      |     | 0,04 |      | 0,07 |      |      |         |      |      |      | 0,15 |      |      |
| Divers        |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Métolachlore  |      |      |      |      |     | 2,20 |      | 0,16 |      |      |         |      |      |      | 0,19 |      |      |
| Glyphosate    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| AMPA          | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Phénoxyacides |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |
| Dicamba       | -    | -    | -    | -    | -   | 0,29 | 0,06 | -    | 0,84 | 0,06 | -       | TRA  | -    | -    | TRA  | -    | -    |
| 2,4-D         | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -       | 0,07 | -    | -    | -    | -    | -    |
| Mécoprop      | -    | -    | -    | -    | -   | TRA  | -    | -    | 0,07 | -    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| MCPA          | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 0,59 | -    | -       | -    | TRA  | -    | 0,19 | -    | -    |
| MCPB          | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    | -    | 0,37 | -    | -       | -    | -    | -    | 0,32 | -    | -    |

TRA = Traces

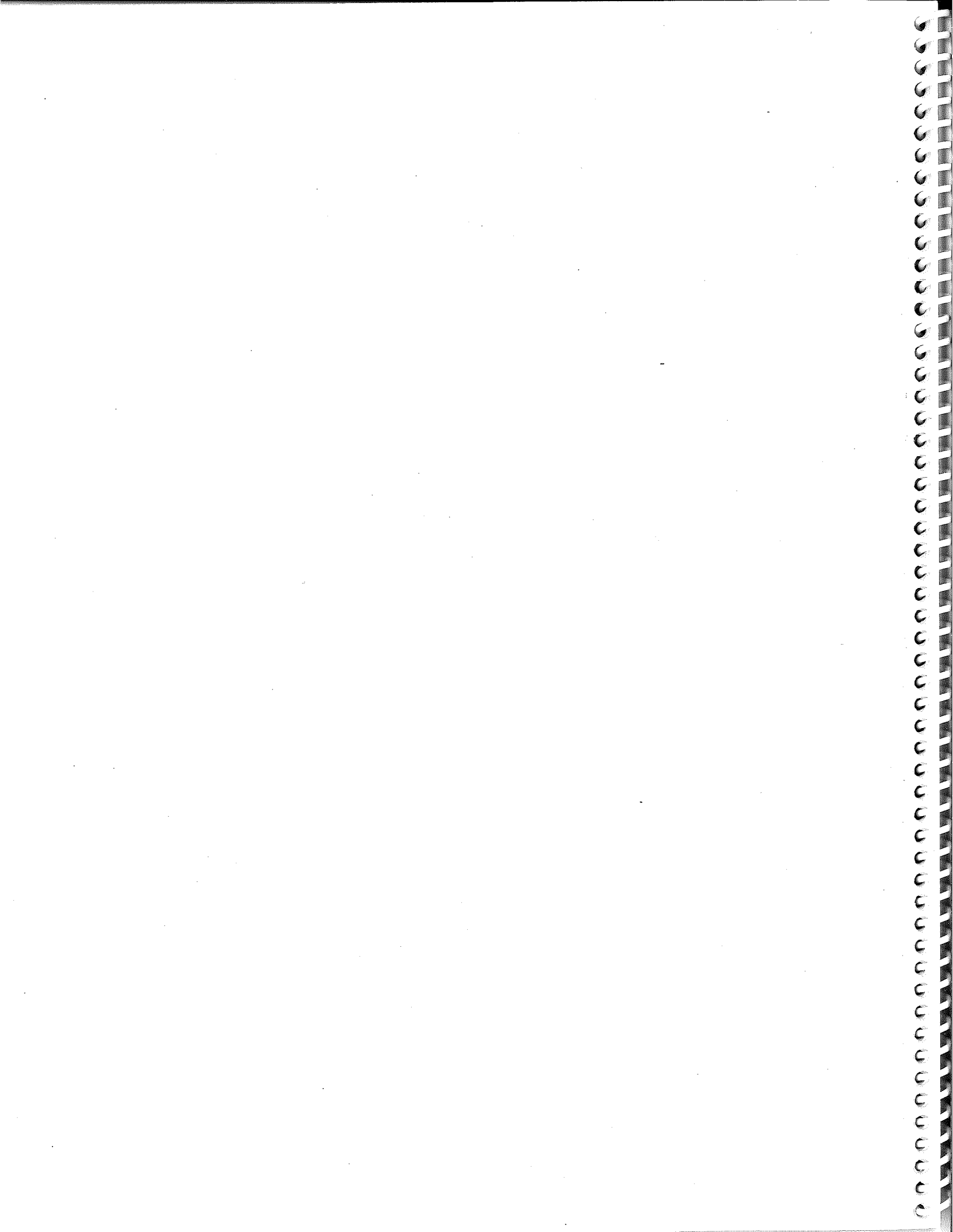
Tableau 9 Résultats de l'analyse des pesticides dans la rivière Beaurivage en 1997 (µg/L)

| HERBICIDES    | Juin |    |    |      |     |     |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
|---------------|------|----|----|------|-----|-----|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
|               | 2    | 4  | 6  | 9    | 11  | 13  | 16   | 18   | 20   | 23   | 25      | 27   | 30   | 2    | 4    | 7    | 9    | 11   | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   | 25  | 28   | 30   |
| Triazines     | TRA  | ND | ND | 0,05 | TRA | TRA | 0,05 | 0,16 | 0,29 | 2,60 | 0,98    | 1,60 | 0,50 | 0,31 | 0,56 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,06 | 0,04 | TRA | 0,04 | 0,05 |
| Atrazine      |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 2,50 | 0,53    | 0,97 |      | 0,50 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| DEA           |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 0,29 | 0,08    | 0,11 |      |      | 0,12 |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Cyanazine     |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 0,28 | -       | 0,07 |      |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Simazine      |      |    |    |      |     |     |      |      |      | -    | -       | -    |      |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| D/S           |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 0,11 | TRA     | 0,04 |      | 0,04 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Divers        |      |    |    |      |     |     |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Métolachlore  |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 2,50 | 0,29    | 0,33 |      | 0,15 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Linuron       |      |    |    |      |     |     |      |      |      | 0,08 | -       | -    |      | -    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Phénoxyacides |      |    |    |      |     |     |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |
| Dicamba       |      |    |    |      |     |     |      |      | 0,05 | 0,77 | 0,09    | 0,11 | 0,02 | -    | 0,06 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| 2,4-D         |      |    |    |      |     |     |      |      | TRA  | 0,17 | 0,05    | 0,07 | -    | -    | 0,03 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| Mécoprop      |      |    |    |      |     |     |      |      | TRA  | 0,01 | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| MCPA          |      |    |    |      |     |     |      |      | 0,03 | 0,56 | 0,09    | 0,59 | 0,05 | -    | 0,13 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| 2,4-DB        |      |    |    |      |     |     |      |      | -    | 0,11 | -       | -    | -    | -    | 0,50 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| MCPB          |      |    |    |      |     |     |      |      | -    | 0,10 | -       | -    | -    | -    | 0,50 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| Bentazone     |      |    |    |      |     |     |      |      | -    | 0,11 | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |
| Bromoxynil    |      |    |    |      |     |     |      |      | 0,02 | 0,16 | TRA     | 0,03 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    | -    |

TRA = Traces

ND = Non détecté

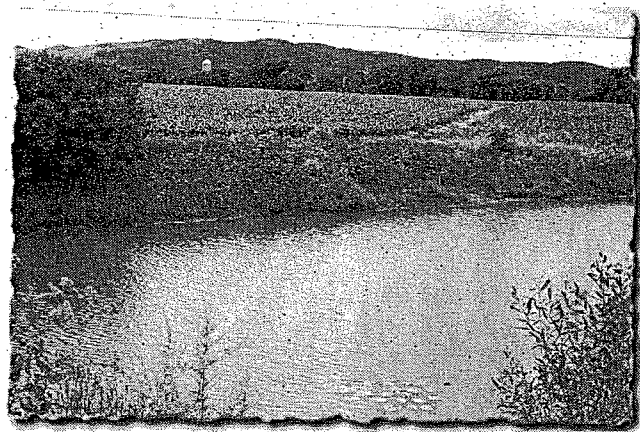




# Qualité de l'eau

## Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec

Campagnes d'échantillonnage  
1996, 1997 et 1998



Québec

Direction des écosystèmes aquatiques

**CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES PESTICIDES DANS LES  
RÉGIONS DE CULTURE DE MAÏS ET DE SOYA AU QUÉBEC**

**Campagnes d'échantillonnage 1996, 1997 et 1998**

par

Isabelle Giroux

Ministère de l'Environnement  
Février 1999

## ÉQUIPE DE TRAVAIL

|  |   |
|--|---|
| Rédaction et coordination                    | Isabelle Giroux   |
| Traitement statistique des données           | André Nadeau <sup>1</sup>   |
| Révision scientifique                        | David Berryman<br>Richard Desrosiers<br>Marcel Gaucher<br>Isabelle Guay<br>Daniel Savoie<br>Danielle Bernier <sup>2</sup><br>Pierre Lachance <sup>3</sup><br>Bernard Rondeau <sup>4</sup> |
| Révision linguistique                        | François Belle-Isle   |
| Échantillonnage                              | Denis Labrie<br>Paul Drolet <sup>5</sup><br>Richard Hébert <sup>5</sup><br>Marie-Claude Jean <sup>5</sup><br>Claudine Léger <sup>5</sup><br>Steve Proulx <sup>5</sup>                     |
| Analyse de laboratoire<br><i>Supervision</i> | Nathalie Dassylva<br>Christian Deblois<br>Marc Gignac<br>Serge Noël   |
| <i>Travail technique</i>                     | Ginette Gaudreau<br>André Paquet<br>Céline Poulin<br>Carole Veillette   |
| <i>Réception et envois</i>                   | Patrick Beaumont  |
| Traitement de texte                          | Nathalie Milhomme   |

<sup>1</sup> Société Duvetnor Ltée, Casier postal 305, 200, rue Hayward, Rivière-du-Loup (Québec), G5R 3Y9

<sup>2</sup> MAPAQ, Direction des services technologiques, 9<sup>e</sup> étage, 200, chemin Sainte-Foy (Québec), G1R 4X6

<sup>3</sup> MAPAQ, Direction régionale de Saint-Hyacinthe, 3230, rue Sicotte, Saint-Hyacinthe (Québec), J2S 7B2

<sup>4</sup> Centre Saint-Laurent, Conservation de l'environnement, Environnement Canada - Région du Québec, 7<sup>e</sup> étage, 105, rue Mc Gill, Montréal (Québec), H2Y 2 E7

<sup>5</sup> Observateurs locaux

## CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES PESTICIDES DANS LES RÉGIONS DE CULTURE DE MAÏS ET DE SOYA AU QUÉBEC

Référence à citer : Giroux, Isabelle, 1999. *Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec, Campagnes d'échantillonnage de 1996, 1997 et 1998*, ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques, 24 p, + 5 annexes.

### RÉSUMÉ

**A**u Québec, la culture du maïs vient tout de suite après les cultures fourragères et les pâturages pour l'importance des superficies. Toutefois, alors que les cultures fourragères et les pâturages n'utilisent pas ou très peu les pesticides, la culture du maïs, qui couvre de grandes superficies, utilise la plus grande proportion des pesticides commercialisés au Québec. Les produits utilisés sont surtout des herbicides. Les superficies totales en maïs (grain, fourrager et sucré) ont augmenté d'environ 9 % entre 1992 et 1996, et couvrent maintenant 382 629 hectares.

Aujourd'hui, la culture du maïs est de plus en plus pratiquée en rotation avec celle du soya, qui a connu un essor remarquable au cours des dernières années. Les superficies enregistrées en 1996 sont de 96 693 hectares. Le soya, tout comme le maïs, utilise une gamme variée de pesticides.

En 1992, le ministère de l'Environnement mettait en place un programme de suivi environnemental de la qualité de l'eau spécifiquement axé sur la culture du maïs. Les campagnes de mesures 1992 et 1993 avaient fait l'objet d'un premier rapport. Les résultats de 1994 et 1995 furent présentés dans un deuxième rapport. Les résultats avaient révélé la présence de pesticides dans toutes les rivières échantillonnées (une vingtaine) dans des zones où le maïs est cultivé de façon intensive. La plupart du temps, plusieurs pesticides sont présents en même temps dans l'eau et les concentrations de certains d'entre eux, notamment l'atrazine et le métolachlore dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection de la vie aquatique.

Les résultats des campagnes d'échantillonnage effectuées en 1996, 1997 et 1998 montrent que des pesticides sont encore régulièrement détectés, durant l'été, dans les rivières qui drainent les régions où l'on cultive le maïs et le soya. En effet, les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme montrent encore la présence de plusieurs produits.

Les pesticides détectés sont surtout des herbicides reliés aux cultures de maïs et de soya. Les herbicides détectés le plus souvent sont, dans l'ordre : l'atrazine, le métolachlore, le bentazone, le dicamba, le diméthénamide, le 2,4-D et la simazine. Mais d'autres herbicides et des insecticides sont aussi détectés.

Même si l'atrazine est encore présente dans 100 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières, les concentrations sont généralement plus faibles que les mesures de 1992 et 1993. En effet, l'analyse statistique montre une tendance significative à la baisse des concentrations. Cette baisse est cohérente avec la diminution de l'utilisation de ce produit rapportée dans les bilans de ventes de pesticides effectués par le Ministère.

Par contre, on note l'augmentation des concentrations de métolachlore au cours des dernières années ainsi que l'apparition de plus en plus fréquente dans l'eau du bentazone et du diméthénamide.

De plus, même si les dépassements du critère pour la protection de la vie aquatique sont moins fréquents qu'auparavant pour l'atrazine, ce produit et quelques autres pesticides dépassent encore quelquefois les critères de qualité de l'eau, et peuvent affecter les espèces aquatiques.

Plusieurs herbicides, notamment le dicamba et le MCPA, sont présents dans les quatre rivières échantillonnées en concentrations supérieures aux critères pour l'irrigation des cultures. Ceci implique que des dommages aux cultures pourraient survenir si ces rivières sont utilisées comme source d'alimentation pour l'irrigation.

Les producteurs et productrices de grandes cultures utilisent maintenant une gamme de produits plus diversifiée. Cette situation entraîne une plus grande diversité des pesticides détectés dans l'eau. Pour l'instant, l'état des connaissances scientifiques ne nous permet pas d'évaluer avec certitude le risque de la présence de ces mélanges complexes sur les espèces aquatiques. Selon l'hypothèse d'additivité des effets, de 2 % à 15 % des échantillons prélevés dans le cadre de notre étude présenteraient des teneurs d'herbicides susceptibles d'affecter les espèces aquatiques, en dépit du fait que chaque produit respecte les critères de qualité de l'eau.

**TABLE DES MATIÈRES**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Équipe de travail</b> .....  | iii |
| <b>Résumé</b> .....   | iv  |
| <b>Table des matières</b> .....   | v   |
| <b>Liste des tableaux</b> .....   | vi  |
| <b>Liste des figures</b> .....  | vi  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....   | 1   |
| <b>MÉTHODOLOGIE</b> .....   | 3   |
| Les stations et la fréquence d'échantillonnage.....   | 3   |
| Les pesticides analysés et les critères de qualité<br>de l'eau .....  | 3   |
| Le traitement des données .....   | 7   |
| <b>RÉSULTATS</b> .....  | 7   |
| Diminution des concentrations d'atrazine et<br>augmentation du métolachlore.....  | 7   |
| Présence accrue d'autres herbicides .....   | 11  |
| Dépassements des critères de qualité de l'eau .....   | 12  |
| Évolution des concentrations de pesticides dans les<br>rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-<br>Zéphirin ..... | 13  |
| <b>DISCUSSION</b> .....   | 18  |
| Les effets des pesticides pour les espèces<br>aquatiques.....   | 18  |
| <b>CONCLUSION</b> .....   | 20  |
| <b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....  | 21  |

**LISTE DES ANNEXES**

- Annexe 1 Méthodes d'analyse des pesticides et limites  
de détection
- Annexe 2 Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des  
Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin et  
Yamaska, 1992 à 1998
- Annexe 3 Statistiques descriptives par rivière
- Annexe 4 Évolution des concentrations dans les rivières  
Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et  
Saint-Zéphirin, 1992 à 1998
- Annexe 5 Mécanismes de transport de l'atrazine et de  
ses produits de dégradation vers les cours  
d'eau

**LISTE DES TABLEAUX**

|            |   |   |
|------------|---|---|
| Tableau 1  | Pesticides recommandés par le CPVQ pour la culture du maïs.....   | 1 |
| Tableau 2  | Pesticides recommandés par le CPVQ pour la culture du soya.....   | 2 |
| Tableau 3  | Superficies (km <sup>2</sup> ) et proportions du bassin versant (%) par type de culture en amont des stations d'échantillonnage en 1996.....  | 5 |
| Tableau 4  | Critères de qualité de l'eau pour les pesticides analysés (µg/L).....   | 6 |
| Tableau 5  | Fréquence moyenne de détection des pesticides (%) dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 1998.....   | 8 |
| Tableau 6  | Analyse statistique des tendances de l'évolution des concentrations des pesticides les plus fréquemment détectés.....   | 9 |
| Tableau 7  | Fréquence moyenne de dépassement (%) des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique dans l'eau des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 1998..... | 9 |
| Tableau 8  | Fréquence de dépassement (%) du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour l'atrazine.....   | 9 |
| Tableau 9  | Fréquence de dépassement (%) du critère de santé humaine (consommation d'organismes aquatiques) pour l'atrazine.....  | 9 |
| Tableau 10 | Fréquence de dépassement (%) des critères de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures.....   | 9 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figure 2 | Localisation des stations d'échantillonnage pour la mesure des pesticides utilisés dans les cultures de maïs et de soya..... | 4  |
| Figure 3 | Tendances temporelles pour l'atrazine et le métolachlore.....  | 10 |
| Figure 4 | Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Chibouet (µg/L).....   | 14 |
| Figure 5 | Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière des Hurons (µg/L).....   | 15 |
| Figure 6 | Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Régis (µg/L).....  | 16 |
| Figure 7 | Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Zéphirin (µg/L).....                                     | 17 |

**LISTE DES FIGURES**

|          |   |   |
|----------|---|---|
| Figure 1 | Évolution de la proportion (%) des ventes agricoles de quelques herbicides au Québec..... | 2 |
|----------|---|---|

## INTRODUCTION

Au Québec, la culture du maïs vient tout de suite après les cultures fourragères et les pâturages quant à l'importance des superficies. Les superficies en maïs ont augmenté d'environ 9 % entre 1992 et 1996. Alors qu'elles étaient de 353 165 hectares en 1992, elles occupent en 1996 une superficie de 383 629 hectares (Statistique Canada, 1996). Le maïs grain et le maïs fourrager, servant à l'alimentation animale, sont prédominants. Le maïs sucré destiné à l'alimentation humaine n'occupe que 3 % de la superficie totale en maïs.

Les cultures fourragères et les pâturages utilisent peu ou pas de pesticides. En raison de la superficie importante qu'elle couvre, la culture du maïs est donc celle qui utilise la plus grande proportion des pesticides commercialisés au Québec. Les produits utilisés sont surtout des herbicides.

Aujourd'hui, la culture du maïs est de plus en plus pratiquée en rotation avec celle du soya. Ces dernières années, la culture du soya a connu une augmentation de popularité au Québec. Les superficies en culture qui étaient de 20 319 hectares en 1992 (MAPAQ, 1993) sont passées à 96 693 hectares en 1996 (Statistique Canada, 1996). L'industrie agricole estime que les superficies actuelles sont de l'ordre de 120 000 hectares et qu'à moyen terme, elles rejoindront les superficies en maïs, comme cela s'est produit en Ontario (Lachance, 1998). Les techniques de culture se sont raffinées et un plus grand nombre de cultivars sont aujourd'hui disponibles. Le soya cultivé au Québec est principalement utilisé pour la production de tourteau pour l'alimentation animale, mais la production alimentaire (huile, lait de soya, tofu, yuba, miso, natto, sauce soya, germes, etc) destinée au marché asiatique est en expansion (CPVQ, 1996).

Les tableaux 1 et 2 identifient les pesticides recommandés au Québec pour la répression des mauvaises herbes et autres ravageurs dans le maïs et le soya. La figure 1 montre l'évolution de la proportion des ventes agricoles de quelques herbicides au Québec depuis le début de notre programme d'échantillonnage en 1992. L'atrazine et le métolachlore sont encore les produits les plus utilisés, quoique l'atrazine affiche une légère baisse d'utilisation. Toutefois, on note une hausse marquée pour le glyphosate et légère pour le bentazone. Une augmentation plus notable du bentazone sera probablement confirmée par les bilans des ventes de 1997 et 1998. Les bilans des ventes marquent aussi l'apparition du diméthénamide, de l'imazéthapyr,

Tableau 1 Pesticides recommandés par le CPVQ pour la culture du maïs

|                           | Ingrédient actif                  | Nom commercial <sup>1</sup> |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Herbicides                | Atrazine                          | 480 SU                      |
|                           | Atrazine/dicamba                  | MARKSMAN                    |
|                           | Atrazine/2,4-D ester              | SHOTGUN                     |
|                           | Bentazone                         | BASAGRAN                    |
|                           | Bentazone/atrazine                | LADDOK                      |
|                           | Bromoxynil                        | PARDNER                     |
|                           | Bromoxynil/MCPA                   | BUCTRIL                     |
|                           | Butilate                          | SUTAN                       |
|                           | Butilate/atrazine                 | SUTAZINE                    |
|                           | Clopyralide/flumétsulam           | FIELDSTAR                   |
|                           | Clopyralide/flumétsulam/<br>2,4-D | STRIKER                     |
|                           | Cyanazine                         | BLADEX                      |
|                           | Dicamba                           | BANVEL                      |
|                           | Diméthénamide                     | FRONTIER                    |
|                           | EPTC                              | ÉRADICANE                   |
|                           | Glyphosate                        | ROUNDUP,<br>GLYFOS          |
|                           | Glyphosate TMS                    | TOUCHDOWN                   |
|                           | Linuron                           | LOROX                       |
|                           | MCPB/MCPA                         | TROPOTOX                    |
|                           | Métolachlore                      | DUAL                        |
|                           | Métolachlore/atrazine             | PRIMEXTRA                   |
|                           | Paraquat                          | GRAMOXONE                   |
|                           | Pendiméthaline                    | PROWL                       |
| Pyridate                  | LENTAGRAN                         |                             |
| Rimsulfuron               | ELIM                              |                             |
| Rimsulfuron/nicosulfuron  | ULTIM                             |                             |
| 2,4-D/mécoprop/dicamba    | KIL-MOR                           |                             |
| Insecticides              | Carbaryl                          | SEVIN                       |
|                           | Carbofuran                        | FURADAN                     |
|                           | Chlorpyrifos                      | LORSBAN,<br>PYRIFOS         |
|                           | Cyperméthrine                     | CYMBUSH,<br>RIPCORD         |
|                           | Deltaméthrine                     | DECIS                       |
|                           | Endosulfan                        | THIODAN                     |
|                           | Méthomyl                          | LANNATE                     |
|                           | Oxydemeton-méthyl                 | METASYSTOX                  |
|                           | Parathion                         | PARATHION                   |
|                           | Perméthrine                       | AMBUSH,<br>POUNCE           |
|                           | Phorate                           | CYGARD                      |
|                           | Pyrimicarbe                       | PIRMOR                      |
|                           | Teffluthrine                      | FORCE                       |
|                           | Trichlorfon                       | DYLOX                       |
|                           | Terbufos                          | COUNTER                     |
| Traitement de<br>semences | Diazinon/lindane/captane          | DLC                         |

CPVQ, 1997; CPVQ, 1998

<sup>1</sup> La liste des noms commerciaux n'est pas exhaustive. Seuls quelques produits sont mentionnés à titre d'exemple.

du nicosulfuron et du rimsulfuron. Ces produits ne représentent encore qu'une faible proportion de la



quantité des herbicides utilisés, mais leur usage est en croissance. Par ailleurs, comme ils sont appliqués à quelques grammes à l'hectare, il est probable que le total des quantités vendues n'atteignent jamais celui des autres produits. Efficaces à plus faibles doses, ils peuvent aussi présenter un risque pour l'environnement.

Tableau 2 Pesticides recommandés par le CPVQ pour la culture du soya

|                  | Ingrédient actif        | Nom commercial <sup>1</sup> |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Herbicides       | Acifluorfen             | BLAZER                      |
|                  | Acifluorfen/bentazone   | STORM                       |
|                  | Bentazone               | BASAGRAN                    |
|                  | Clethodim               | SELECT                      |
|                  | Diclofop-méthyl         | HOE-GRASS                   |
|                  | Diméthénamide           | FRONTIER                    |
|                  | Diquat                  | REGLONE, REGLONE            |
|                  | Éthalfuraline           | EDGE D.C.                   |
|                  | Fénoxaprop-éthyl        | EXCEL-SUPER                 |
|                  | Fluazifop-butyl         | FUSILADE, VENTURE           |
|                  | Flumésulam/métolachlore | BROADSTRIKE/DUAL            |
|                  | Fomesafen               | REFLEX                      |
|                  | Glyphosate              | ROUNDUP, GLYFOS             |
|                  | Glyphosate TMS          | TOUCHDOWN                   |
|                  | Imazéthapyr             | PURSUIT                     |
|                  | Linuron                 | LOROX                       |
|                  | Méthylfensulfuron       | PINNACLE                    |
|                  | Métobromuron            | PATORAN                     |
|                  | Métolachlore            | DUAL                        |
|                  | Métolachlore/linuron    | CHECK MATE EC               |
| Métribuzine      | METRIBUZINE             |                             |
| Monolinuron      | AFESIN                  |                             |
| Paraquat         | GRAMOXONE               |                             |
| Quizalofop-éthyl | ASSURE                  |                             |
| Séthoxydime      | POAST                   |                             |
| Trifluraline     | TREFLAN, RIVAL          |                             |

CPVQ, 1997

<sup>1</sup> La liste des noms commerciaux n'est pas exhaustive. Seuls quelques produits sont mentionnés à titre d'exemple.

En 1992, le ministère de l'Environnement instaurait un programme de suivi des pesticides portant sur la culture du maïs. Les premiers résultats des campagnes d'échantillonnage ont montré que la plupart des herbicides utilisés pour le maïs sont détectés dans l'eau des rivières et sont parfois présents en concentrations qui dépassent les seuils établis pour la protection de la vie aquatique. Depuis lors, de nombreuses stations échantillonnées ont révélé la présence d'herbicides provenant de la culture du maïs. Ce sont celles des

rivières des Fèves (bassin de la rivière Châteauguay), Saint-Régis, de la Tortue, l'Acadie et des Hurons (bassin de la rivière Richelieu), Salvail, à la Barbue, David, Chibouet, Noire et Yamaska (bassin de la rivière Yamaska), Saint-Esprit, l'Achigan et le ruisseau des Anges (bassin de la rivière L'Assomption), des rivières Bayonne, Saint-Zéphirin (bassin de la rivière Nicolet), Blanche (bassin de la rivière Bécancour) et Beurivage (bassin de la rivière Chaudière).

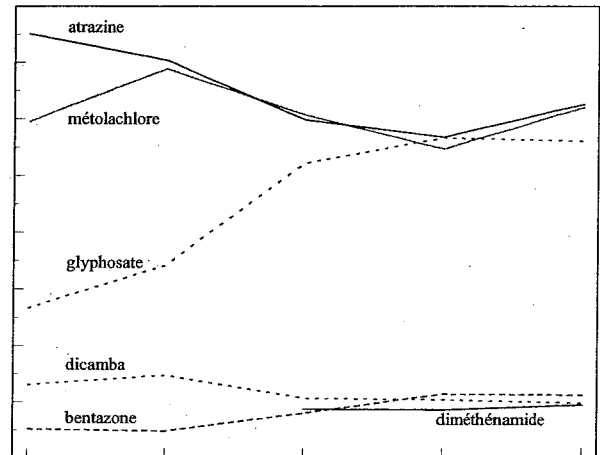


Figure 1 Évolution de la proportion (%) des ventes agricoles de quelques herbicides au Québec

Parmi ces stations, quatre furent retenues pour vérifier l'évolution à long terme de la contamination. Ce sont celles des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin. Étant situées dans de petits tributaires et très près des champs en culture, elles présentaient une contamination importante. Elles ont été aussi choisies pour couvrir différents secteurs de la grande région de culture intensive du maïs. Pour avoir un aperçu du gradient amont-aval des concentrations de pesticides ainsi que des concentrations présentes à l'embouchure des tributaires du Saint-Laurent, nous effectuons aussi un suivi à l'embouchure de la rivière Yamaska. De plus, pour tenir compte de la popularité croissante de la rotation maïs-soya, des herbicides utilisés dans le soya sont graduellement ajoutés à la liste des paramètres analysés.

L'objectif du programme de suivi est de vérifier l'évolution à long terme de la contamination par les pesticides dans les régions où le maïs et le soya occupent des superficies importantes, afin d'orienter les efforts de réduction de l'utilisation de ces produits en agriculture. Le présent rapport montre l'évolution de la contamination en 1996, 1997 et 1998 pour les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme.

#### MÉTHODOLOGIE

### Les stations et la fréquence d'échantillonnage

La localisation des stations échantillonnées depuis 1992 est présentée à la figure 2. Les quatre stations retenues pour le suivi à long terme sont celles des rivières Chibouet (bassin de la rivière Yamaska), des Hurons (bassin de la rivière Richelieu), Saint-Zéphirin (bassin de la rivière Nicolet) et de la rivière Saint-Régis. Ces dernières années, nous avons aussi fait des prélèvements à l'embouchure de la rivière Yamaska. Les superficies en maïs, en soya et autres cultures de ces bassins, en 1996, sont présentées au tableau 3.

L'analyse des résultats d'échantillonnage de 1992 avait démontré qu'une fréquence de trois échantillons par semaine permettait de vérifier de façon optimale la fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau. En 1996, 1997 et 1998, comme pour les années antérieures, l'échantillonnage a donc été réalisé à une fréquence de 3 fois par semaine de la fin mai à la fin août. Les échantillons d'eau sont prélevés à partir d'un pont. Les bouteilles sont fixées à un support métallique lesté d'un bloc de plomb.

Des bouteilles de verre clair d'un litre sont utilisées pour le prélèvement. Le dessous du bouchon est couvert d'un papier d'aluminium pour éviter que les pesticides qui pourraient être présents dans l'échantillon ne soient adsorbés sur le plastique du bouchon. Les échantillons sont conservés au frais dans des glacières jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Ils sont alors placés au réfrigérateur jusqu'à l'analyse.

### Les pesticides analysés et les critères de qualité de l'eau

Au total, une quarantaine de pesticides ont été analysés pour les quatre stations retenues pour le suivi à long terme. Étant effectuées par balayage systématique, les analyses nous renseignent sur un ensemble de produits, mais en réalité, seulement une vingtaine d'entre eux peuvent être employés dans la culture du maïs ou du soya. Faute de méthodes ou d'appareils d'analyse performants dans nos laboratoires, des produits tels que le glyphosate et les herbicides de type sulfonilurés n'ont pas été analysés. Les méthodes d'analyse et les limites de détection sont présentées à l'annexe 1.

Afin de juger de leur signification environnementale, les concentrations de pesticides mesurées dans les cours d'eau ont été comparées à des critères de qualité édictés par des organismes responsables de la protection de l'environnement ou de la santé publique (tableau 4).

### *Critères pour la protection de la vie aquatique*

Le critère de qualité utilisé pour évaluer le risque pour les organismes aquatiques est le critère de « toxicité aquatique chronique », soit la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pendant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Évidemment, le cycle de vie de certains organismes aquatiques peut être très court de sorte qu'une exposition à des concentrations qui dépassent les critères, même pour une durée relativement courte, peut entraîner des effets néfastes. Dans ce contexte, on estime que la situation est préoccupante lorsque la concentration d'un polluant dépasse le critère pendant quatre jours consécutifs (EPA, 1991).

De tels critères de qualité de l'eau n'ont pas été développés pour tous les pesticides. Dans certains cas, un critère provisoire a été calculé à l'aide de la méthode décrite dans MENVIQ, 1990. D'autre part, pour certains produits (ex. : diazinon, azinphos-méthyl, carbaryl, etc.), les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique sont inférieurs aux limites de détection des méthodes d'analyse. Lorsque ceux-ci sont détectés, ils dépassent automatiquement le critère de qualité de l'eau et lorsqu'il ne le sont pas, nous ne sommes pas assurés qu'ils ne sont pas présents en concentrations dommageables pour la vie aquatique.

### *Critères pour la protection de la santé humaine*

Bien que nos données décrivent la qualité de l'eau brute provenant des cours d'eau, nous utilisons aussi les critères d'eau potable pour interpréter nos résultats. Ceux-ci sont basés sur une consommation à vie, et représentent la concentration en deçà de laquelle une substance peut se trouver dans l'eau potable sans entraîner d'effets néfastes sur la santé (SNBSC, 1993; OMS, 1994). Le respect de ces valeurs indique que l'eau est propre à la consommation. D'autre part, comme les critères sont basés sur une consommation à vie, un dépassement occasionnel de la norme ne signifie pas nécessairement que l'eau est impropre à la consommation mais révèle plutôt la nécessité d'un suivi pour éviter que la situation ne se détériore. Notre programme de suivi de l'eau des rivières peut aider à orienter le suivi de l'eau potable.

Il existe également un critère de qualité de l'eau, le critère de santé humaine (consommation d'organismes



Tableau 3 Superficies (km<sup>2</sup>) et proportions du bassin versant (%) par type de culture en amont des stations d'échantillonnage en 1996

| Bassin<br>Sous-bassin       | Maïs            |      | Soya            |      | Autres cultures<br>en rangs <sup>1</sup> |      | Céréales <sup>2</sup> |      | Fourrages       |      | Autres cultures <sup>3</sup> |     | Superficie<br>cultivée totale |      | Superficie<br>totale |                 |
|-----------------------------|-----------------|------|-----------------|------|--|------|-----------------------|------|-----------------|------|------------------------------|-----|-------------------------------|------|----------------------|-----------------|
|                             | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup>                          | %    | km <sup>2</sup>       | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup>              | %   | km <sup>2</sup>               | %    | km <sup>2</sup>      | km <sup>2</sup> |
| Riv. Nicolet                | 220,9           | 6,5  | 40,9            | 1,2  | 14,2                                     | 0,4  | 112,8                 | 3,3  | 604,9           | 17,8 | 4,22                         | 0,1 | 997,9                         | 29,4 | 3390                 |                 |
| Riv. Saint-Zéphirin         | 34,1            | 36,7 | 4               | 4,3  | 2,4                                      | 2,6  | 8,0                   | 8,6  | 29,5            | 31,7 | 0,00                         | 0,0 | 78,0                          | 83,9 | 93                   |                 |
| Riv. Yamaska                | 856,4           | 19,0 | 173,1           | 3,8  | 77,0                                     | 1,7  | 169,9                 | 3,8  | 648,1           | 14,4 | 34,78                        | 0,8 | 1959,3                        | 43,4 | 4510                 |                 |
| Riv. Chibouet               | 58,9            | 39,3 | 13,6            | 9,1  | 1,5                                      | 1    | 14,7                  | 9,8  | 23,5            | 15,7 | 0,20                         | 0,1 | 112,4                         | 74,9 | 150                  |                 |
| Riv. Richelieu <sup>4</sup> | 816,9           | 21,1 | 232,1           | 6,0  | 85,7                                     | 2,2  | 148,8                 | 3,8  | 438,7           | 11,3 | 24,99                        | 0,6 | 1747,2                        | 45,1 | 3874                 |                 |
| Riv. des Hurons             | 72,1            | 26,0 | 24,9            | 9,0  | 10,8                                     | 3,9  | 14,1                  | 5,1  | 29,7            | 10,7 | 4,03                         | 1,5 | 155,6                         | 56,2 | 277                  |                 |
| Riv. Saint-Régis            | 32,4            | 31,2 | 16,7            | 16,1 | 19,1                                     | 18,4 | 11,1                  | 10,7 | 21,4            | 20,6 | 1,14                         | 1,1 | 101,8                         | 97,9 | 104                  |                 |

<sup>1</sup> Cultures en rangs autres que le maïs ou le soya : pommes de terre, pois, haricots, légumes, etc.

<sup>2</sup> Céréales : blé, orge, avoine, seigle, sarrasin, colza, etc.

<sup>3</sup> Autres cultures : arbres fruitiers, petits fruits, pépinières, etc.

<sup>4</sup> Superficie de la partie québécoise du bassin (16 % de la superficie totale)

Source : Statistique Canada, 1996

Tableau 4 Critères de qualité de l'eau pour les pesticides analysés ( $\mu\text{g/L}$ )

|                         | Vie aquat.<br>Chronique <sup>1</sup> | Irrigation <sup>3</sup>                | Eau potable <sup>4</sup> |
|-------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| Atrazine                | 2                                    | 10                                     | 5 <sup>5</sup>           |
| Azinphos-méthyl         | 0,005                                |  | 20                       |
| Bentazone               | 510 <sup>2</sup>                     |  |                          |
| Bromoxynil              | 5                                    | 0,35                                   | 5                        |
| Butilate                | 77 <sup>2</sup>                      |  |                          |
| Carbaryl                | 0,2                                  |  | 90                       |
| Carbofuran              | 1,75                                 |  | 90                       |
| Chlorfenvinphos         | -                                    |  | -                        |
| Chlorothalonil          | 0,18                                 | 5,8                                    | -                        |
| Chloroxuron             | -                                    | 0,5                                    | -                        |
| Chlorpyrifos            | 0,0035                               |  | 90                       |
| Cyanazine               | 2                                    |  | 10                       |
| 2,4-D                   | 47                                   |  | 100                      |
| 2,4-DB                  | 25 <sup>2</sup>                      |  |                          |
| 2,4-DP<br>(Dichlorprop) | -                                    |  | -                        |
| Diazinon                | 0,002                                |  | 20                       |
| Dicamba                 | 10                                   | 0,006                                  | 120                      |
| Dichlorvos              | -                                    |  | -                        |
| Diméthénamide           | 5,6 <sup>2</sup>                     |  | -                        |
| Diméthoate              | 6,2                                  |  | 20                       |
| Disulfoton              | -                                    |  | -                        |
| Diuron                  | 1,6                                  |  | 150                      |
| EPTC                    | 39 <sup>2</sup>                      |  | -                        |
| Éthyl-parathion         | -                                    |  | -                        |
| Linuron                 | 7                                    | 3,3 <sup>7</sup><br>0,071 <sup>8</sup> | -                        |
| Malathion               | 0,1                                  |  | 190                      |
| MCPA                    | 2,6                                  | 0,16 <sup>7</sup><br>0,03 <sup>8</sup> |                          |
| MCPB                    | 7,3 <sup>2</sup>                     |  |                          |
| Mécoprop                | 17 <sup>2</sup>                      |  |                          |
| Méthyl-parathion        | -                                    |  | 7                        |
| Métolachlore            | 8                                    | 28                                     | 50                       |
| Métribuzine             | 1                                    | 0,5                                    | 80                       |
| Mévinphos               | -                                    |  | -                        |
| Myclobutanil            | 11 <sup>2</sup>                      |  |                          |
| Parathion               | 0,013                                |  | 50                       |
| Phorate                 | -                                    |  | 2                        |
| Phosalone               | -                                    |  | -                        |
| Simazine                | 10                                   | 0,5                                    | 10 ou 2 <sup>6</sup>     |
| Tébuthiuron             | 1,6                                  | 0,27                                   | -                        |
| Terbufos                | -                                    |  | 1                        |
| Triclopyr               | -                                    |  | -                        |
| Trifluraline            | 0,1                                  |  | 45                       |

<sup>1</sup> MEF, 1998b; CCME, 1987 et mises à jour (1989-1996)<sup>2</sup> Critères calculés selon la méthode MENVIQ, 1992<sup>3</sup> CCME 1987 et mises à jour (1989-1996)<sup>4</sup> Santé Canada et Environnement Canada, 1995<sup>5</sup> Somme de l'atrazine et de ses produits de dégradation<sup>6</sup> OMS, 1994<sup>7</sup> Critère pour l'irrigation des céréales<sup>8</sup> Critère pour l'irrigation des autres cultures

aquatiques), qui établit à partir de quelle concentration dans l'eau certains produits peuvent commencer à s'accumuler dans la chair des organismes aquatiques. Ce critère vise à protéger la santé des personnes qui consomment des organismes aquatiques (poissons, mollusques, etc.) et à prévenir la perte d'utilisation de la ressource. Des dépassements fréquents de ce critère dans l'eau pourraient, par exemple, nous amener à recommander un suivi de la teneur dans la chair des poissons et à limiter la consommation de poissons.

Quoique les pesticides utilisés aujourd'hui soient moins bioaccumulables que les organochlorés autrefois utilisés, certains d'entre-eux présentent une certaine propension à s'accumuler dans la chair des organismes aquatiques. Parmi les produits analysés, un critère de santé humaine a été développé pour l'atrazine (0,78  $\mu\text{g/L}$ ), la cyanazine (0,47  $\mu\text{g/L}$ ) et le métolachlore (15  $\mu\text{g/L}$ ).

#### Critères pour les usages agricoles

Lorsqu'ils étaient disponibles, les critères pour la qualité de l'eau destinée à l'abreuvement des animaux ou à l'irrigation des cultures ont aussi été utilisés dans l'interprétation des résultats. Le plus souvent, c'est la valeur établie pour l'eau potable qui sert de critère pour l'abreuvement des animaux.

#### Présence simultanée de plusieurs pesticides et de leurs produits de dégradation

Les critères de qualité de l'eau sont actuellement établis en tenant compte de la toxicité d'une seule substance et de certaines conditions du milieu (pH, température, dureté de l'eau). Cependant, les organismes aquatiques sont typiquement exposés à de nombreux contaminants, soit simultanément, soit de façon séquentielle. De plus, la présence dans l'eau et la toxicité des produits de dégradation des pesticides sont encore peu connus. Mais dans certains cas documentés, les produits de dégradation sont plus toxiques que les produits parents.

Tel qu'évoqué dans notre rapport précédent (Giroux *et al.*, 1997), plusieurs chercheurs croient que le concept des effets additifs devrait être considéré dans l'évaluation des données de qualité de l'eau. L'approche proposée par Calamari et Vighi (1992) est le regroupement des contaminants en familles de produits dont le mode d'action est similaire et ce, même lorsque de faibles concentrations sont mesurées. Cette méthode a été appliquée aux résultats obtenus depuis 1992.

### Le traitement des données

Les statistiques descriptives (nombre d'observations, pourcentage de détection, maximum, moyenne, médiane) ont été calculées pour tous les pesticides pour lesquels la fréquence de détection était supérieure à 50 %. Pour ce traitement, les résultats « non détectés » ont été remplacés par la valeur de la moitié du seuil de détection.

Une analyse de variance a été appliquée aux données pour vérifier l'existence d'une tendance temporelle dans les concentrations des pesticides détectés le plus fréquemment. La moyenne des moindres carrés est utilisée pour l'analyse de la variance lorsque le nombre d'échantillons varie d'une station à l'autre et d'une année à l'autre. L'analyse de variance a été réalisée à l'aide de la procédure PROC.MIXED du logiciel SAS. Cette procédure permet de tenir compte d'une éventuelle corrélation souvent présente dans les séries temporelles de données. De plus, elle s'accommode de certaines valeurs manquantes dans une série de données ou de séries qui n'ont pas toujours le même nombre de données d'une année à l'autre ou d'une station à l'autre.

L'analyse permet d'obtenir les paramètres de régression entre le logarithme des concentrations ( $\mu\text{g/L} + 1$ ) de pesticides et l'année. Une pente significativement différente de zéro dans la régression veut dire qu'une tendance significative est observée aux cours des années étudiées.

Finalement, conformément à l'approche développée par Adams et Thurman (1991) et Thurman *et al.* (1991) et reprise par Pereira et Hostetler (1993), le rapport entre les concentrations de dééthyl-atrazine et celles de l'atrazine a été calculé afin de mieux comprendre les mécanismes de transport de l'atrazine vers les cours d'eau et d'évaluer la contribution de l'eau souterraine à cette contamination.

## RÉSULTATS

Parmi les 42 pesticides analysés, 29 ont été détectés dans l'eau des rivières échantillonnées (tableau 5). Les résultats complets sont présentés à l'annexe 2. Plusieurs pesticides, en particulier des herbicides, sont encore détectés dans les quatre rivières retenues pour le suivi de l'évolution à long terme de la contamination (rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin). Les produits détectés le plus fréquemment (dans plus de 50 % des échantillons prélevés) en moyenne au cours des 7 dernières années sont, dans l'ordre, l'atrazine

(100 %), le métolachlore (96,5 %), le bentazone (90,7 %), le dicamba (78,3 %), le 2,4-D (69,3 %), le diméthénamide (68,2 %) et la simazine (56,2 %).

L'herbicide atrazine est détecté dans tous les échantillons prélevés dans les quatre rivières. Le métolachlore est encore détecté très fréquemment. Le bentazone, le dicamba et le diméthénamide dont l'usage est en croissance sont très souvent détectés eux aussi. Les produits de dégradation de l'atrazine (dééthyl-atrazine ou DEA et déisopropyl-atrazine ou DIA) sont détectés respectivement dans 99 % et 95 % des échantillons. Plusieurs autres herbicides (bromoxynil, EPTC, métribuzine, linuron, 2,4-DB, 2,4-DP, butilate, diuron, MCPB), des insecticides (carbofuran, diméthoate, carbaryl, diazinon, chlorpyrifos, malathion, azinphos-méthyl) et un fongicide (myclobutanil) sont aussi été détectés dans l'eau.

Durant les périodes de pointe de concentrations d'atrazine ou de métolachlore, un grand nombre de pesticides sont détectés simultanément dans l'eau, 14 dans la rivière Chibouet, 15 dans la rivière Saint-Zéphirin, 18 dans la rivière Saint-Régis et 19 dans la rivière des Hurons.

### *Diminution des concentrations d'atrazine et augmentation du métolachlore*

Quoique l'atrazine soit encore parmi les produits les plus utilisés au Québec et qu'il soit encore détecté dans 100 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières échantillonnées, les valeurs maximales, moyennes et médianes des concentrations dans l'eau ont diminué ces dernières années, ainsi que la fréquence de dépassement du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Sauf dans la rivière Saint-Zéphirin où l'on a mesuré des valeurs élevées, le critère de qualité de l'eau est dépassé moins souvent et lorsqu'il l'est, les concentrations sont un peu moins élevées.

L'analyse statistique (tableau 6 et figure 3) montre une tendance significative à la baisse des concentrations d'atrazine, de cyanazine et de simazine dans l'eau, mais une hausse du métolachlore. Quoique statistiquement significatives, les pentes des droites de régression sont faibles ce qui signifie que les tendances observées pourraient facilement être inversées par une seule année de tendance opposée. On a considéré que la tendance était significative lorsque la pente de la droite de régression était différente de 0 au seuil de 5 % ( $\alpha \leq 0,05$ ).

Tableau 5 Fréquence moyenne de détection des pesticides (%) dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin, 1992 à 1998

|                           | 1992      | 1993       | 1994       | 1995       | 1996       | 1997       | 1998       | Moy.        |
|---------------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>HERBICIDES</b>         |           |            |            |            |            |            |            |             |
| Atrazine                  | 100       | 100        | 100        | 100        | 100        | 100        | 100        | <b>100</b>  |
| Dééthyl-atrazine          | 100       | 100        | 99,3       | 100        | 99,3       | 100        | 100        | <b>99,8</b> |
| Désisopropyl-atrazine     | NA        | NA         | 97,2       | 99,3       | 90,6       | 95,5       | 89,3       | <b>94,2</b> |
| Métolachlore              | 83,8      | 92,5       | 100        | 100        | 99,3       | 100        | 100        | <b>96,5</b> |
| Diméthénamide             | NA        | NA         | NA         | NA         | 57,7       | 78,7       | 65,7*      | <b>67,3</b> |
| Simazine                  | 67,6      | 62,5       | 78,7       | 58         | 67         | 51,6       | 6,1        | <b>56,2</b> |
| Cyanazine                 | 67,6      | 91,7       | 68,8       | 39,2       | 32,9       | 40         | 8,4        | <b>50,2</b> |
| EPTC                      | 13,5      | 27,5       | 22         | 17,5       | 26         | 19,3       | 22,4       | <b>21,2</b> |
| Métribuzine               | 0         | 3,3        | 4,3        | 9,1        | 22,3       | 14,2       | 14,7       | <b>9,7</b>  |
| Linuron                   | 0         | 10         | 11,3       | 8,4        | 16,1       | 3,8        | 1,7        | <b>7,3</b>  |
| Butilate                  | 2,7       | 4,2        | 2,8        | 1,4        | 9,3        | 4,5        | 0          | <b>3,5</b>  |
| Diuron                    | 0         | 1,7        | 7,1        | 2,1        | 2,5        | 0,6        | 0,6        | <b>2,0</b>  |
| Bentazone                 | NA        | NA         | NA         | NA         | NA         | 83,7       | 97,7       | <b>90,7</b> |
| Dicamba                   | NA        | 92,9       | 58,7       | 46,9       | 88,2       | 93,7       | 89,6       | <b>78,3</b> |
| 2,4-D                     | NA        | 54,8       | 65,3       | 57,2       | 68,9       | 77,5       | 91,9       | <b>69,3</b> |
| Mécoprop                  | NA        | 76,2       | 29,7       | 26,9       | 49,7       | 46,9       | 52,5       | <b>47,0</b> |
| MCPA                      | NA        | 35,7       | 25,6       | 32,4       | 41         | 49,4       | 39,9       | <b>37,3</b> |
| Bromoxynil                | NA        | NA         | NA         | NA         | NA         | 30         | 26,7       | <b>28,3</b> |
| 2,4-DB                    | NA        | 2,4        | 4,1        | 3,4        | 7,4        | 8,1        | 10,1       | <b>5,9</b>  |
| 2,4-DP                    | NA        | 2,4        | 0          | 2,8        | 7,4        | 15,6       | 2,1        | <b>5,0</b>  |
| MCPB                      | NA        | 0          | 0,8        | 1,4        | 3,1        | 2,5        | 1,1        | <b>1,5</b>  |
| <b>INSECTICIDES</b>       |           |            |            |            |            |            |            |             |
| Carbofuran                | 0         | 3,3        | 15,6       | 15,4       | 15,5       | 9          | 12,2       | <b>10,1</b> |
| Diméthoate                | 8,1       | 7,5        | 12,1       | 12,6       | 14,3       | 5,8        | 3,9        | <b>9,2</b>  |
| Carbaryl                  | 0         | 0          | 12,8       | 9,8        | 12,4       | 8,4        | 6,4        | <b>7,1</b>  |
| Diazinon                  | 0         | 0          | 4,3        | 6,3        | 8,1        | 3,2        | 4,8        | <b>3,8</b>  |
| Chlorpyrifos              | 0         | 0          | 0          | 5,6        | 5          | 5,8        | 1,6        | <b>2,6</b>  |
| Malathion                 | 0         | 1,7        | 2,8        | 3,5        | 1,8        | 1,3        | 2,1        | <b>1,9</b>  |
| Azinphos-méthyl           | 0         | 0,8        | 4,3        | 1,4        | 4,3        | 0          | 1,7        | <b>1,8</b>  |
| Phosalone                 | 0         | 0          | 0,7        | 0          | 0          | 0          | 0          | <b>0,1</b>  |
| Chlorfenvinphos           | 0         | 0          | 0          | 0          | 0,6        | 0          | 0          | <b>0,1</b>  |
| <b>FONGICIDE</b>          |           |            |            |            |            |            |            |             |
| Myclobutanil              | NA        | NA         | NA         | 0,7        | 8,7        | 1,3        | 2,8        | <b>3,4</b>  |
| <b>N Triaz-OPS-autres</b> | <b>37</b> | <b>120</b> | <b>141</b> | <b>143</b> | <b>161</b> | <b>155</b> | <b>178</b> | <b>935</b>  |
| <b>N Phénoxy</b>          | <b>-</b>  | <b>42</b>  | <b>121</b> | <b>144</b> | <b>161</b> | <b>160</b> | <b>178</b> | <b>806</b>  |

NA : Non analysé

\* Si l'on exclu la rivière Saint-Zéphirin, la fréquence moyenne de détection pour les trois autres rivières est de 86 %.

Tableau 6 Analyse statistique\* des tendances de l'évolution des concentrations des pesticides les plus fréquemment détectés

| HERBICIDES           | PENTE DE LA DROITE DE RÉGRESSION* | PROBABILITÉ |
|----------------------|-----------------------------------|-------------|
| Atrazine             | -0,0543                           | 0,0007      |
| Dééthyl-atrazine     | -0,0237                           | 0,0005      |
| Déisopropyl-atrazine | -0,0034                           | 0,4722      |
| Métolachlore         | 0,0327                            | 0,0191      |
| Simazine             | -0,0155                           | 0,0001      |
| Cyanazine            | -0,0265                           | 0,0001      |
| Dicamba              | -0,0040                           | 0,8062      |
| 2,4-D                | 0,0074                            | 0,1651      |

\* Régression du logarithme naturel des concentrations ( $\mu\text{g/L} + 1$ ) de pesticides en fonction de l'année.

Tableau 7 Fréquence moyenne de dépassement (%) des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique dans l'eau des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 1998

|                     | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>HERBICIDES</b>   |      |      |      |      |      |      |      |
| Atrazine            | 43,2 | 35,8 | 23,4 | 16,1 | 28,5 | 18,7 | 12,9 |
| Métolachlore        | 0    | 2,5  | 2,8  | 0,7  | 5,6  | 1,2  | 1,1  |
| Diméthénamide       | NA   | NA   | NA   | NA   | 0,6  | 0    | 0    |
| Cyanazine           | 0    | 0,8  | 2,1  | 1,4  | 0,6  | 0,6  | 0    |
| Métribuzine         | 0    | 0    | 0    | 0    | 1,2  | 0    | 0,5  |
| MCPA                | NA   | 2,4  | 0    | 0    | 1,2  | 0    | 0    |
| MCPB                | NA   | 0    | 0    | 0    | 0,6  | 0    | 0    |
| <b>INSECTICIDES</b> |      |      |      |      |      |      |      |
| Carbofuran          | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,6  | 0    | 0    |
| Carbaryl            | 0    | 0    | 8,5  | 5,6  | 0    | 0    | 0    |
| Diazinon            | 0    | 0    | 4,3  | 6,3  | 4,3  | 0    | 4,9  |
| Chlorpyrifos        | 0    | 0    | 0    | 4,9  | 4,9  | 0,6  | 1,7  |
| Malathion           | 0    | 0    | 0    | 0,7  | 0    | 0    | 0,5  |
| Azinphos-méthyl     | 0    | 0,8  | 4,3  | 1,4  | 4,3  | 0    | 1,6  |

N.A. : Non analysé

Tableau 8 Fréquence de dépassement (%) du critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour l'atrazine

|                | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| CHIBOUE        | 47   | 50   | 43   | 21   | 30   | 30   | 16,6 |
| DES HURONS     | 33   | 26   | 18   | 19,5 | 22   | 15   | 8,9  |
| SAINT-RÉGIS    | -    | 36   | 15   | 17   | 29,2 | 12,5 | 14,9 |
| SAINT-ZÉPHIRIN | 22   | 27,5 | 19   | 26   | 33   | 20,5 | 11,4 |

Tableau 9 Fréquence de dépassement (%) du critère de santé humaine (consommation d'organismes aquatiques) pour l'atrazine

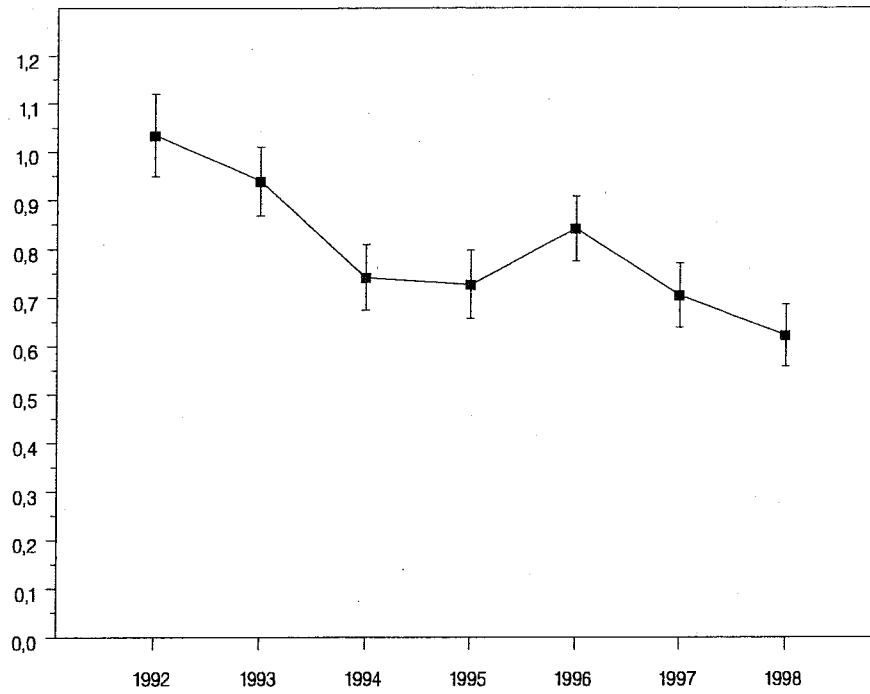
| CHIBOUE |      |      | DES HURONS |      |      | SAINT-RÉGIS |      |      | SAINT-ZÉPHIRIN |      |      |
|---------|------|------|------------|------|------|-------------|------|------|----------------|------|------|
| 1996    | 1997 | 1998 | 1996       | 1997 | 1998 | 1996        | 1997 | 1998 | 1996           | 1997 | 1998 |
| 60      | 78   | 50   | 53         | 33   | 35   | 53          | 42   | 25   | 54             | 64   | 43   |

Tableau 10 Fréquence de dépassement (%) des critères de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures

|              | CHIBOUE |       |      | DES HURONS |      |      | SAINT-RÉGIS |      |      | SAINT-ZÉPHIRIN |      |      |
|--------------|---------|-------|------|------------|------|------|-------------|------|------|----------------|------|------|
|              | 1996    | 1997  | 1998 | 1996       | 1997 | 1998 | 1996        | 1997 | 1998 | 1996           | 1997 | 1998 |
| Dicamba      | >82,5   | >90,5 | 85,7 | >75,6      | 100  | 95,5 | >92,7       | 100  | 100  | 58,9           | 79,5 | 75   |
| MCPA         | 37,5    | 19    | 26,2 | 65,8       | 41   | 42,2 | 29,3        | 22,5 | 27,6 | 30,7           | 53,8 | 34   |
| Atrazine     | 2,5     | 0     | 0    | 2,4        | 0    | 0    | 7,3         | 0    | 0    | 5,1            | 0    | 0    |
| Métolachlore | 0       | 0     | 0    | 0          | 0    | 0    | 0           | 0    | 0    | 0              | 0    | 2,3  |
| Simazine     | 2,5     | 0     | 0    | 0          | 0    | 0    | 0           | 0    | 0    | 0              | 0    | 0    |
| Linuron      | >10     | 0     | 4,8  | >9,7       | 5,1  | 0    | 24,4        | 7,5  | 0    | 0              | 2,5  | 0    |



### Atrazine



### Métolachlore

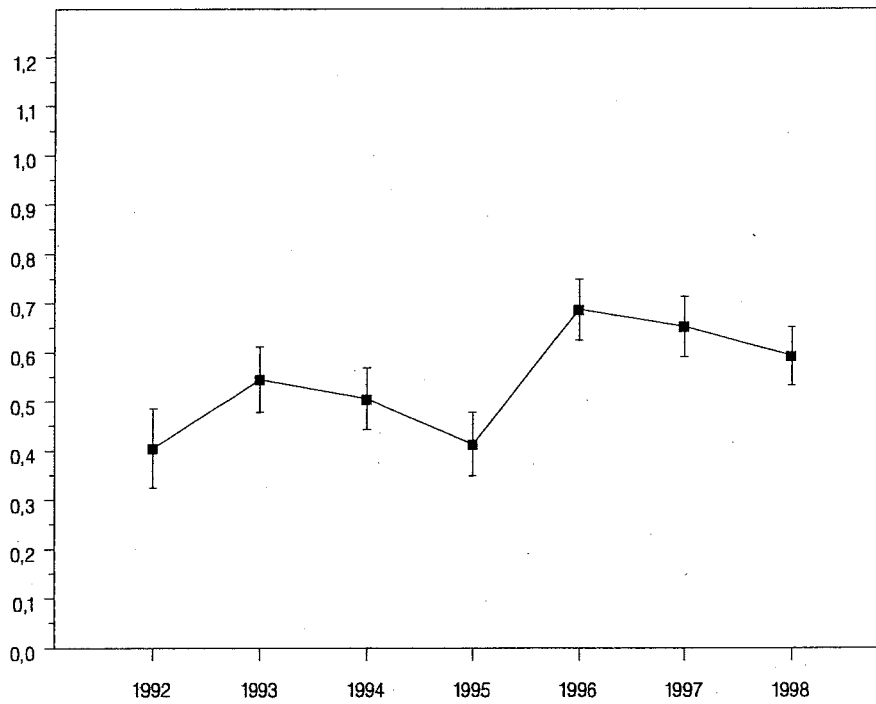


Figure 3 Tendances temporelles\* pour l'atrazine et le métolachlore

\* Tendances établies par le calcul des moyennes des moindres carrés ( $\pm$  erreur type) du logarithme naturel des concentrations ( $\mu\text{g/L} + 1$ ) des pesticides selon les années dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme.

En plus des quantités et de la distribution spatiale des pesticides utilisés, l'occurrence, l'ampleur et la distribution spatiale des précipitations influencent beaucoup le moment d'apparition des pesticides dans l'eau et l'importance de leurs concentrations. Pour observer l'influence des précipitations sur les teneurs mesurées, les hauteurs de pluie de diverses stations météorologiques situées autour des rivières étudiées ont été superposées aux concentrations d'atrazine. On observe souvent un décalage dans le temps entre les fortes précipitations et les fortes concentrations. Le décalage varie de un à deux jours selon les rivières mais cette règle n'est pas uniforme. On observe aussi des situations sans pluie où des teneurs élevées sont également mesurées. Comme les concentrations résultent d'une interrelation complexe entre différents facteurs, il n'a pas été possible de dissocier de la tendance temporelle, l'effet dû aux variations annuelles, saisonnières et spatiales des précipitations pour ne garder que la tendance qui serait attribuable à une hausse ou à une baisse des quantités de pesticides utilisées. Toutefois, comme l'analyse de la tendance est basée sur sept saisons de mesure au cours desquelles on peut s'attendre à ce qu'un équilibre entre les années sèches et pluvieuses soit survenu, il est donc raisonnable de croire que la baisse des concentrations d'atrazine est liée en bonne partie à la diminution de l'utilisation de l'atrazine au Québec, au cours des dernières années.

Par ailleurs, la diminution des concentrations d'atrazine n'est pas unique au Québec. En effet, à la suite de leur décision de retirer l'atrazine, plusieurs pays ont constaté une diminution des concentrations dans l'eau au cours des dernières années. Ainsi, en Italie, Griffini *et al.* (1997) rapportent une baisse remarquable des concentrations et de la fréquence de détection de plusieurs triazines incluant l'atrazine. Alors que l'atrazine était détecté dans 59 % des échantillons prélevés dans la rivière Arno en 1992, il était détecté dans 5 % seulement en 1995. Les auteurs attribuent cette baisse à la diminution de l'utilisation des triazines. En Suède, l'atrazine a été retirée du marché en 1989. Depuis lors, elle fut utilisée jusqu'à épuisement des stocks. Quoiqu'utilisée en quantité décroissante, elle a été détectée à chaque année de 1990 à 1996, dans l'eau d'un petit tributaire agricole où elle n'était pourtant pas parmi les produits les plus utilisés. La concentration médiane est de 0,1 µg/L (Kreuger, 1998). D'autre part, Buhler *et al.* (1993) ont trouvé de l'atrazine dans l'eau de drains souterrains jusqu'à trois ans après l'arrêt de l'application du produit.

Pour mieux comprendre les mécanismes de transport de l'atrazine vers les cours d'eau, une analyse du rapport

entre le dééthyl-atrazine et l'atrazine est présentée à l'annexe 5.

#### *Présence accrue d'autres herbicides*

En plus de la légère hausse des concentrations de métolachlore dans l'eau, on note une augmentation de la fréquence de détection du bentazone et du diméthénamide.

Avec l'accroissement des superficies en culture de soya, l'utilisation du **bentazone** a augmenté ces dernières années. Relativement peu utilisé avant 1996 (voir figure 1), on le retrouve aujourd'hui dans plus de 80 % des échantillons prélevés l'été dans les rivières qui drainent les champs en culture de maïs ou de soya. Ce produit est présent non seulement dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme, mais aussi dans d'autres rivières échantillonnées en 1998. C'est le cas à l'embouchure de la rivière Yamaska, mais aussi dans les rivières Blanche (bassin de la rivière Bécancour), David (bassin de la rivière Yamaska), Beurivage (bassin de la rivière Chaudière), Bayonne (rive nord du Saint-Laurent), dans les ruisseaux Saint-Georges et Point-du-Jour (bassin de la rivière L'Assomption).

Comme nous ne suivons ce produit que depuis 1997, il est trop tôt pour établir une tendance ; mais son usage croissant laisse présager des concentrations élevées dans l'eau pour les prochaines années.

La documentation scientifique sur la présence de bentazone dans l'eau est assez limitée. Toutefois, il a déjà été détecté en Suède, en Finlande et en Norvège (Lundbergh *et al.*, 1995). Les concentrations mesurées au Québec sont dans les mêmes gammes ou en concentrations parfois supérieures à ce qui a été mesuré en Suède où l'on observe un maximum de 10 µg/L pour ce produit à l'exutoire d'un petit bassin versant agricole (Kreuger, 1998).

Le **diméthénamide** n'est utilisé au Québec que depuis 1994. Malgré le fait qu'il ne représente qu'une faible proportion des herbicides utilisés en 1996, il était déjà détecté dans 58 % des échantillons d'eau prélevés cette année-là. Il est aussi détecté dans 79 % des échantillons prélevés en 1997 et dans 66 %, en 1998.

Les concentrations mesurées sont généralement faibles, soit moins de 0,5 µg/L, mais le produit a déjà été détecté une fois dans la rivière Saint-Régis en concentration supérieure au critère de 6 µg/L pour le respect de la vie

aquatique. La concentration mesurée était alors de 7 µg/L.

Le diméthénamide est identifié comme un produit possiblement cancérigène chez l'humain (NYSDEC, 1997). Par ailleurs, l'oxalamide qui est le produit de dégradation du diméthénamide présenterait lui aussi une certaine toxicité. Pour l'instant, notre analyse chimique ne couvre pas l'oxalamide, mais celui-ci pourrait être ajouté à la liste des produits à analyser.

À l'exception d'études en parcelles, on ne trouve encore aucun article scientifique concernant la présence du diméthénamide dans les cours d'eau à la suite d'un usage normal au champ. Pour l'instant il est donc difficile de comparer nos données, notre étude étant probablement parmi les premières à mettre en lumière la présence du diméthénamide dans l'environnement.

### *Dépassements des critères de qualité de l'eau*

#### *Protection de la vie aquatique*

En 1996, 1997 et 1998, on trouve encore des concentrations d'atrazine qui dépassent le critère de qualité de 2 µg/L pour la protection de la vie aquatique dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme (tableaux 7 et 8). L'année 1996 fut une année de forte utilisation des herbicides ce qui s'est traduit par une hausse des maximums mesurés dans la plupart des cours d'eau échantillonnés cette année-là. Toutefois, cette tendance s'estompe en 1997 et 1998.

À l'exception de la rivière Chibouet où l'atrazine dépasse encore le critère dans 30 % des échantillons prélevés en 1996 et 1997, on note une baisse d'environ 10 % de la fréquence de dépassement du critère dans les autres rivières, baisse qui n'apparaît qu'en 1998 pour la rivière Chibouet.

Les autres herbicides qui dépassent à l'occasion les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique sont le métolachlore, la cyanazine, la métribuzine, le MCPA, le MCPB et le diméthénamide. En 1996 et 1998, les insecticides diazinon, azinphos-méthyl et chlorpyrifos montrent des dépassements de leurs critères pour la protection de la vie aquatique, de même que le carbofuran en 1996 et le malathion en 1998. Ces dépassements sont surtout mesurés dans les rivières Saint-Régis et des Hurons.

#### *Eau potable et santé humaine*

En 1996, 1997 et 1998, seul l'herbicide atrazine a dépassé occasionnellement le critère de qualité de 5 µg/L

établi pour l'eau potable. Tous les autres produits respectent les recommandations.

Un critère de santé humaine a aussi été développé pour l'atrazine, la cyanazine et le métolachlore. Ce critère est fixé à 0,78 µg/L pour l'atrazine, à 0,47 µg/L pour la cyanazine et à 15 µg/L pour le métolachlore. Seule l'atrazine est présente dans l'eau en concentration assez élevée et pour une durée suffisamment longue pour que l'on puisse s'attendre à une certaine accumulation dans la chair des organismes aquatiques. La fréquence de dépassement du critère de santé humaine est présentée au tableau 9. Pour les trois dernières années de mesure le critère est dépassé, en moyenne, dans 63 % des échantillons de la rivière Chibouet, dans 50 % de ceux de la rivière Saint-Zéphirin et dans 40 % de ceux des rivières des Hurons et Saint-Régis.

#### *Usages agricoles*

En milieu agricole, l'eau de rivière peut parfois être utilisée pour le remplissage des réservoirs pour la préparation des mélanges de pesticides à pulvériser. Elle peut aussi être utilisée pour l'irrigation des cultures de légumes et de petits fruits, par exemple, ainsi que pour l'abreuvement du bétail.

Le critère de qualité de l'eau pour la présence de dicamba dans l'eau d'irrigation des cultures (0,006 µg/L) est dépassé dans 86 % des échantillons, en moyenne, pour les quatre rivières au cours des trois dernières années (tableau 10). Dans la rivière des Hurons en 1997 et dans la rivière Saint-Régis en 1997 et 1998, 100 % des échantillons prélevés dépassent la valeur recommandée pour l'eau d'irrigation. Le critère de qualité de l'eau d'irrigation pour le MCPA (0,03 µg/L) est aussi dépassé, en moyenne, dans 36 % des échantillons. Les autres herbicides qui dépassent occasionnellement les critères de qualité de l'eau d'irrigation sont l'atrazine, le métolachlore, la simazine et le linuron. Ainsi, des problèmes de phytotoxicité à certaines cultures pourraient survenir si l'eau de ces rivières est utilisée comme source d'alimentation pour l'irrigation.

#### *Évolution des concentrations de pesticides dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin*

Les figures 4 à 7 montrent l'évolution de 1996 à 1998 des teneurs des principaux pesticides dans les quatre cours d'eau et l'annexe 3, les statistiques descriptives par bassin.

#### *Rivière Chibouet (bassin de la rivière Yamaska)*

Le bassin de la rivière Chibouet draine les eaux provenant des terres agricoles de Sainte-Hélène-de-Bagot et de Saint-Hugues. Des quatre sous-bassins retenus, celui-ci présente la proportion la plus élevée en culture de maïs, soit 39 % de la superficie du bassin. Les autres cultures d'importance sont les fourrages (15,7 %), n'utilisant que peu ou pas de pesticides, les céréales (9,8 %) et le soya (9,1 %).

Les valeurs maximales, moyennes et médianes d'atrazine ont diminué ces dernières années par rapport à 1993 et 1994. De même, la fréquence de dépassement du critère de qualité pour le respect de la vie aquatique pour l'atrazine passe de 50 % et 43 % en 1993 et 1994 à 30 % en 1996 et 1997 et à 16,6 % en 1998. Les autres herbicides décelés fréquemment (dans plus de 50 % des échantillons) sont le métolachlore, le bentazone, le diméthénamide, le dicamba et le 2,4-D. En 1997, le bentazone et le diméthénamide sont détectés dans 100 % et 92 % des échantillons. Plusieurs autres herbicides et des insecticides ont aussi été détectés dans cette rivière. Environ 17 pesticides différents y sont décelés chaque année.

#### *Rivière des Hurons (bassin de la rivière Richelieu)*

La rivière des Hurons draine les eaux provenant des municipalités de Sainte-Madeleine, Sainte-Angèle-de-Monnoir, Sainte-Marie-de-Monnoir et Saint-Jean-Baptiste. Le maïs occupe 26 % de la superficie du bassin et le soya, 9 %. En comparaison, les autres cultures employant des pesticides sont moins importantes : céréales (5,1 %), et autres cultures en rangées (3,9 %).

Chaque année dans la rivière des Hurons, on retrouve un grand nombre de pesticides différents. En excluant les produits de dégradation, plus de 20 pesticides différents ont été détectés dans la rivière en 1996, 1997 et 1998.

Ici aussi, les pesticides les plus fréquemment détectés sont des herbicides, mais on y retrouve également un grand nombre d'insecticides ainsi qu'un fongicide, ces derniers n'étant pas nécessairement associés à la culture du maïs ou du soya.

En 1996 et 1997, ce n'est plus l'atrazine mais le métolachlore qui affiche les maximums les plus élevés, soit 16 µg/L en 1996 et 11 µg/L en 1997. En 1998, les concentrations d'atrazine et de métolachlore diminuent et celle du bentazone montre un pic plus élevé (5,8 µg/L). Les autres herbicides les plus fréquemment détectés sont, ici aussi, le dicamba, le bentazone et le diméthénamide. Plusieurs insecticides dépassent aussi leur critère pour la protection de la vie aquatique. Ce

sont l'azinphos-méthyl (dans 7 % des échantillons), le diazinon et le carbofuran (dans 2,4 % des échantillons, chacun).

#### *Rivière Saint-Régis (affluent direct au fleuve)*

La rivière Saint-Régis draine les eaux provenant des municipalités de Saint-Isidore, Saint-Constant et une partie de Saint-Rémi. La culture du maïs y occupe une bonne partie de la superficie totale du bassin (31,2 %). Dans l'ensemble, les cultures y sont très diversifiées : soya (16,1 %), céréales (10,7 %) et autres cultures en rangs (18,4 %).

Compte tenu de la multitude de pesticides utilisés sur ces différentes cultures, les produits retrouvés dans l'eau sont multiples, soit 20 à 25 pesticides différents annuellement. Ce sont surtout des herbicides mais on trouve aussi plusieurs insecticides et un fongicide.

En 1996, le métolachlore y atteint une valeur élevée de 26 µg/L. Dix-sept pour cent des échantillons prélevés cet été-là présentent à la fois des concentrations d'atrazine au delà du critère de qualité de 2 µg/L et des concentrations de métolachlore supérieures au critère de qualité de 8 µg/L pour la protection de la vie aquatique. Au total, l'atrazine dépasse le critère dans 29 % des échantillons.

D'autres herbicides dépassent occasionnellement leur critère respectif soit le diméthénamide, le métribuzine, la MCPA et le MCPB. Les insecticides qui dépassent aussi occasionnellement les critères pour la protection de la vie aquatique sont le diazinon, le chlorpyrifos et l'azinphos-méthyl. Ces dépassements se produisent pour >24 % des échantillons pour le diazinon, pour >19,5 % des échantillons pour le chlorpyrifos et pour >10 % des échantillons pour l'azinphos-méthyl. Le chlorpyrifos dépasse même en une occasion le critère de toxicité aiguë de 0,081 µg/L. Ceci peut avoir causé des mortalités chez les espèces aquatiques sensibles.

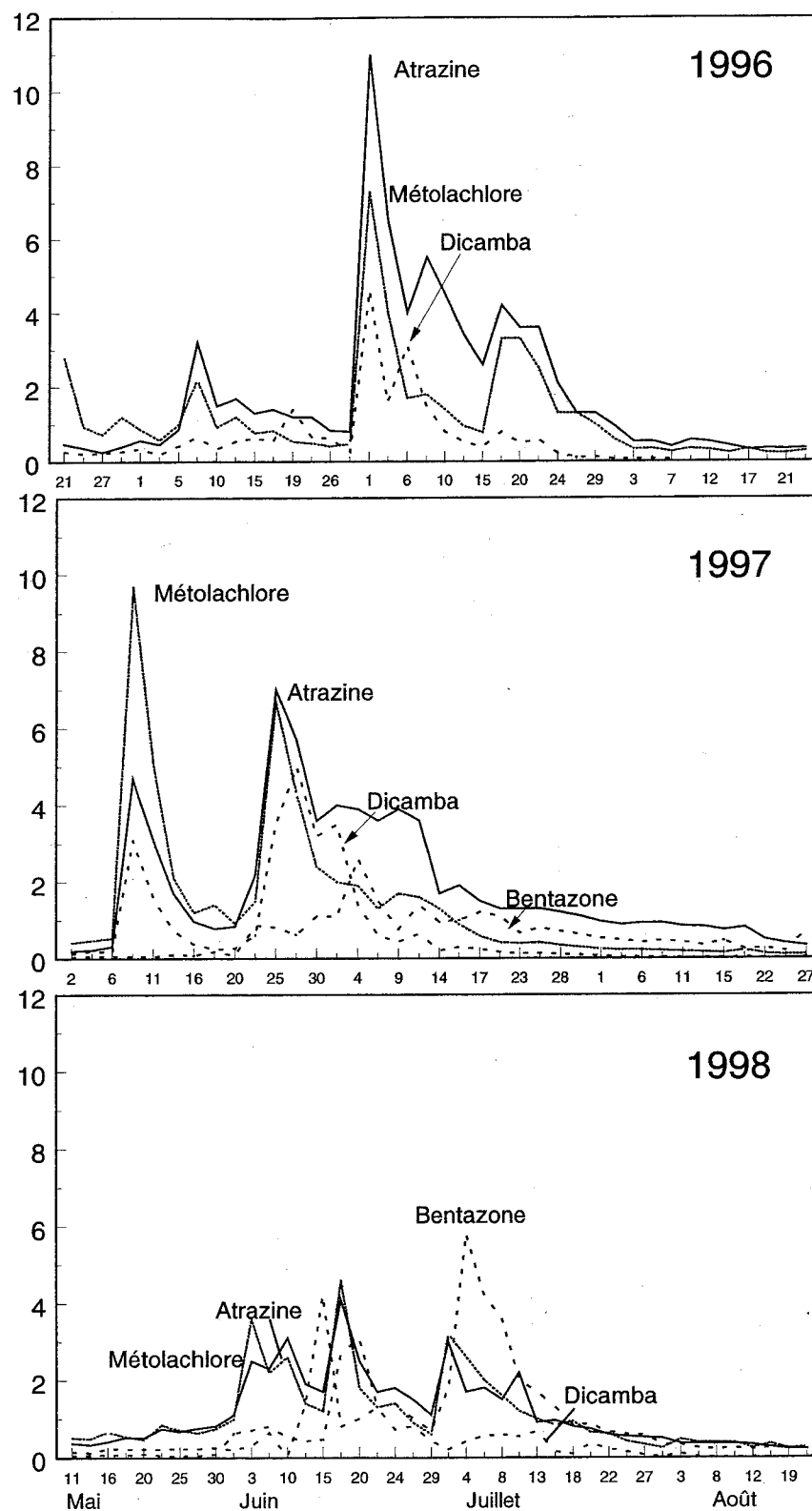


Figure 4 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Chibouet ( $\mu\text{g/L}$ )

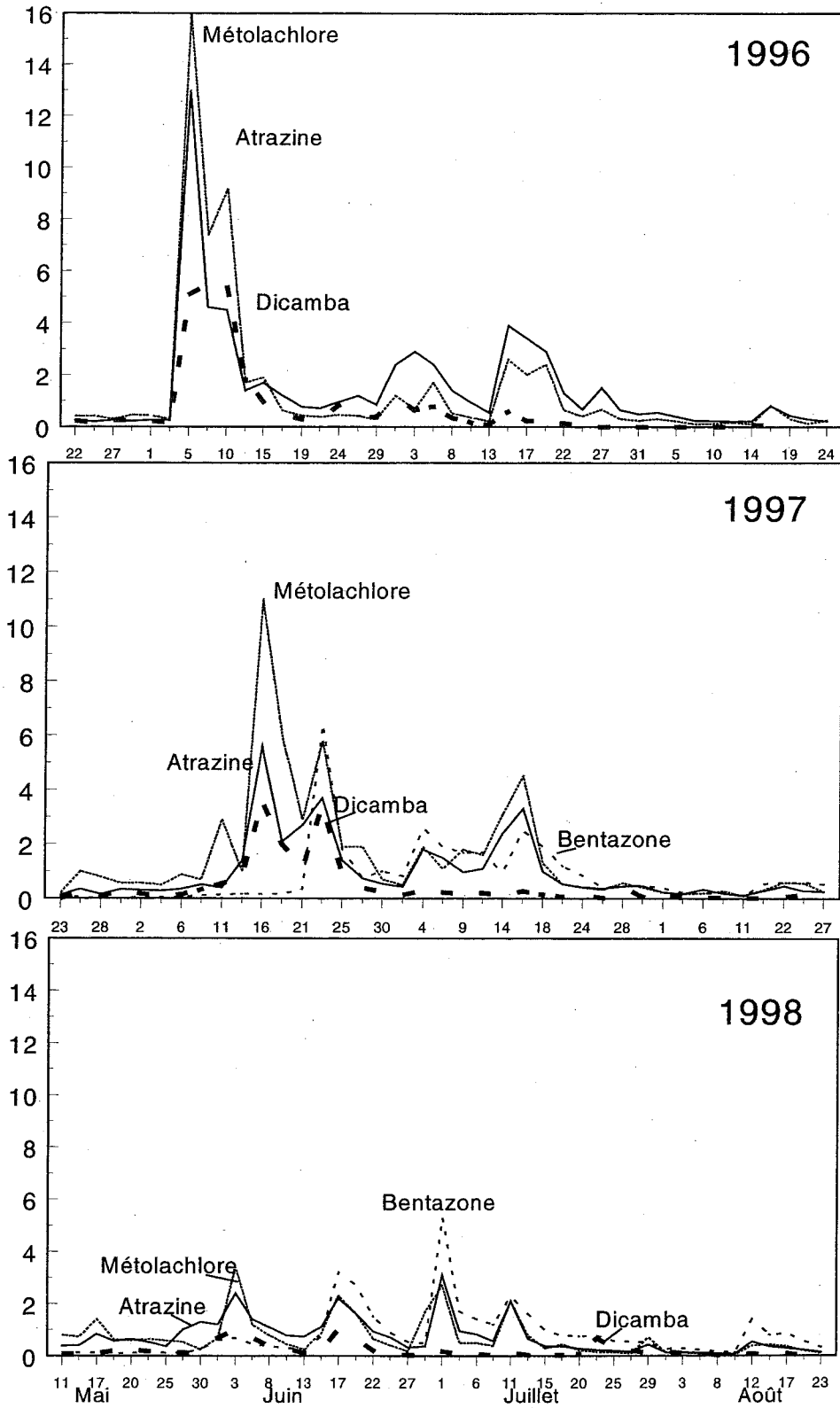


Figure 5 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière des Hurons ( $\mu\text{g/L}$ )

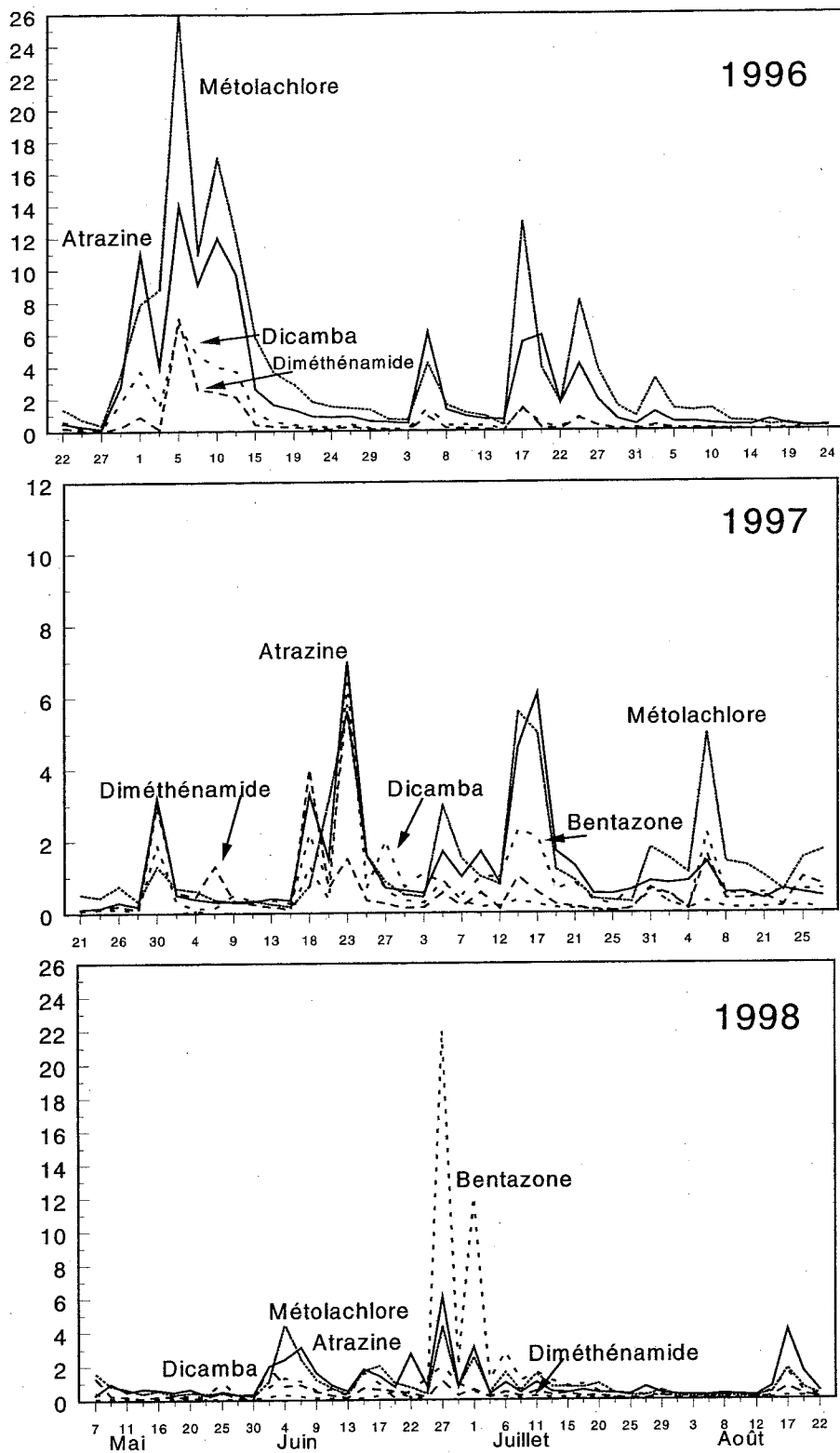


Figure 6 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Régis ( $\mu\text{g/L}$ )

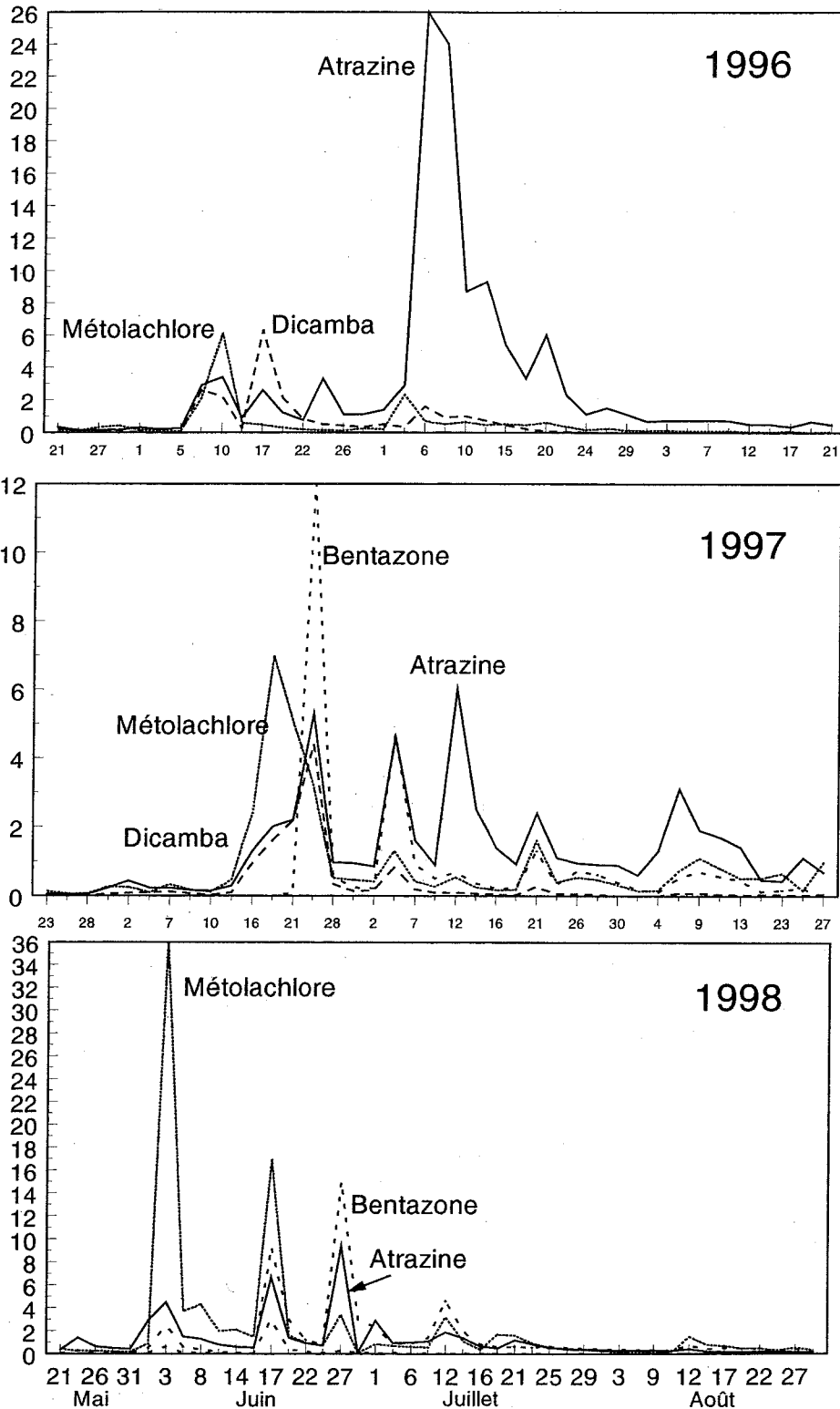


Figure 7 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Zéphirin (µg/L)



En 1997 et 1998, seule l'atrazine dépasse le critère pour la protection de la vie aquatique. La proportion du nombre d'échantillons dépassant le critère de qualité diminue par rapport à l'année 1996 et passe à 12,5 % en 1997 et à 14,9 % en 1998.

#### *Rivière Saint-Zéphirin (bassin de la rivière Nicolet)*

La rivière Saint-Zéphirin recueille les eaux provenant des terres agricoles de Saint-Zéphirin et La Visitation-de-Yamaska. La culture du maïs occupe une superficie de 36,7 %. Des quatre sous-bassins, celui-ci possède la plus faible proportion en soya, soit 4,3 % de la superficie du bassin. Les céréales occupent une superficie de 8,6 % et les autres cultures en rangées ont une superficie de 2,4 %.

En 1996, l'on trouve dans la rivière Saint-Zéphirin la concentration la plus élevée d'atrazine, soit 26 µg/L. Cette année-là, 33 % des échantillons prélevés dans la rivière dépassent le critère de 2 µg/L pour l'atrazine. En 1997, la proportion diminue à 20 %, puis à 11,4 % en 1998. Par contre, le diméthénamide y est détecté moins fréquemment que dans les quatre autres rivières à l'étude. En 1998, on y trouve aussi une concentration record de métolachlore. La valeur maximale mesurée est de 36 µg/L. Celle-ci constitue la valeur la plus élevée mesurée pour ce produit dans l'une ou l'autre des rivières échantillonnées depuis 1992.

Par ailleurs, malgré une proportion plus faible en soya (4,3 %), on y trouve des concentrations de bentazone plus élevées que celles mesurées dans les rivières Chibouet et des Hurons où le soya représente environ 9 % de la superficie du bassin. Bien que cet herbicide soit couramment utilisé dans la culture du soya et que l'accroissement de cette culture explique probablement en bonne part la hausse de son utilisation au Québec, le bentazone n'est évidemment pas exclusif à la culture du soya.

#### *Embouchure de la rivière Yamaska*

Afin d'avoir un aperçu du gradient des concentrations amont-aval et d'estimer les concentrations présentes à l'embouchure des tributaires du Saint-Laurent, nous effectuons aussi un suivi à l'embouchure de la rivière Yamaska.

Par rapport à 1994, où près de 30 % des échantillons prélevés l'été à l'embouchure de la rivière Yamaska dépassaient le critère de 2 µg/L d'atrazine, les dernières années de mesure montrent une diminution de la fréquence de dépassement du critère. En 1996, 1997 et 1998, la proportion des échantillons dépassant le critère

est d'environ 13 %. Les valeurs maximums d'atrazine mesurées ont aussi diminué par rapport à l'année 1994.

Toutefois, l'apport des tributaires et l'importance des superficies en maïs dans l'ensemble du bassin de la Yamaska font que, malgré le phénomène de dilution, les concentrations d'atrazine ne peuvent se diluer suffisamment pour respecter, en tout temps, à l'embouchure le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique.

De plus, comme dans les tributaires cités précédemment, le métolachlore, le dicamba, le bentazone et le diméthénamide sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Bien que les concentrations de ces produits à l'embouchure de la Yamaska respectent leur critère pour la protection de la vie aquatique, chacun d'entre eux sont parfois présents simultanément en concentrations non négligeables, soit plus de 1 µg/L.

## DISCUSSION

### *Les effets des pesticides sur les espèces aquatiques*

La seule présence de vie dans un cours d'eau ne signifie pas nécessairement que l'écosystème soit en bonne santé. De nombreux cours d'eau agricoles ne présentent plus aujourd'hui que quelques espèces tolérantes à la pollution et la diversité biologique qui caractérise les milieux sains a disparu.

Au cours des trois dernières années d'échantillonnage, on trouve encore des dépassements des critères de qualité de l'eau. Par ailleurs, la tendance en agriculture est à la diversification des produits utilisés. Pour l'environnement, cela se traduit par un plus grand nombre de produits présents dans l'eau et ce, à des concentrations souvent un peu plus faibles que celles mesurées dans le passé avec l'atrazine ou le métolachlore. L'état des connaissances scientifiques ne nous permet pas de déterminer avec certitude si ces mélanges complexes sont plus toxiques ou moins toxiques qu'auparavant. Des outils ont toutefois été mis au point pour tenter d'en évaluer le risque.

### **Les effets des dépassements de critères de qualité de l'eau**

Les effets de l'atrazine sur les espèces aquatiques ont été abondamment étudiés. Nos rapports précédents (Berryman et Giroux, 1994; Giroux *et al.*, 1997) énumèrent les effets déjà cités dans la documentation scientifique :

- réduction de croissance des algues vertes;

- inhibition partielle de la photosynthèse du phytoplancton et d'une espèce de macrophytes;
- dommages au rein et au foie chez la truite;
- réduction réversible de la productivité primaire, de la production d'oxygène dissous et de la respiration des communautés aquatiques;
- réduction de la production de cellules chez l'algue *Scenedesmus spicatus*.

Outre l'atrazine, les autres herbicides détectés, ces dernières années, en concentration parfois supérieure au critère de qualité de l'eau sont le métolachlore, le diméthénamide, la cyanazine, le métribuzine, le MCPA et le MCPB.

Pour les insecticides, ce sont le carbofuran, le diazinon, le chlorpyrifos, le malathion et l'azinphos-méthyl. La documentation scientifique sur les effets de ces produits à des concentrations faibles et en milieu naturel est plutôt rare (effets chroniques) et tous les types d'effets possibles n'ont pas nécessairement été étudiés. Il est ainsi difficile de décrire les effets de ces produits sur les organismes aquatiques de nos cours d'eau.

Compte tenu de leur effet toxique sur les végétaux, les herbicides peuvent avoir, à certaines concentrations, des effets sur les plantes aquatiques. Quelques-uns des effets chroniques ont été décrits pour l'atrazine, notamment la réduction de croissance des algues. Il est fort probable que ce genre d'effet soit commun à bon nombre d'herbicides.

Dans la documentation scientifique, l'évaluation de la phytotoxicité des herbicides pour les espèces aquatiques repose souvent sur des procédures standards basées sur des concentrations plus élevées que ce que l'on trouve dans nos milieux aquatiques. Les tests sont aussi réalisés sur différentes espèces d'algues mais beaucoup plus rarement sur des plantes vasculaires supérieures (macrophytes). Bien que certains herbicides affectent des mécanismes communs à tous les végétaux, d'autres herbicides visent des mécanismes qui n'existent que dans certains types de végétaux comme les plantes vasculaires. Kirby et Sheahan (1994) rapportent que les tests basés uniquement sur les algues sont insuffisants pour rendre compte d'éventuels effets adverses sur les plantes aquatiques vasculaires. Ainsi, par exemple, les tests d'algues auraient été inappropriés pour évaluer la toxicité des herbicides phénoxyacides (dicamba, 2,4-D) parce que ces produits agissent comme les auxines pour modifier la croissance des plantes alors que la croissance des algues n'est pas contrôlée par les auxines.

Par ailleurs, en plus des effets indirects sur les espèces aquatiques qui se servent des algues comme nourriture,

comme support ou comme protection, il n'est pas exclu que les herbicides puissent avoir des effets directs sur les insectes aquatiques, mollusques et poissons. Il en est de même pour les insecticides détectés en concentrations dépassant les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique.

### Les effets combinés des pesticides sur les espèces aquatiques

Plusieurs chercheurs ont évalué la toxicité, pour le milieu aquatique, de mélanges de certains contaminants (Alabaster *et al.*, 1994) et de mélanges de pesticides (Hatakeyama *et al.*, 1997, Pape-Lindstrom *et al.*, 1997, Marinovitch *et al.*, 1996, Thompson, 1996, Faust *et al.*, 1993, Faust *et al.*, 1994, Altenburger *et al.*, 1990). Plusieurs croient que le **concept d'additivité** peut être utilisé pour évaluer la toxicité de mélanges de produits. Pour quantifier l'effet additif de mélanges de produits, Calamari et Vighi (1992) propose l'équation suivante pour les produits ayant un mode d'action similaire :

$$CQ_m = \sum_{i=1}^n C_i / CQ_i$$

où

n = nombre de produits dans le mélange

C<sub>i</sub> = concentration de chacun des produits dans le mélange

CQ<sub>i</sub> = critère de qualité de l'eau individuel

Lorsque le résultat est supérieur à 1, des effets sur le milieu aquatique peuvent survenir.

Bien que la plupart des études citées précédemment ont été confirmées à partir de tests de toxicité aiguë, on a appliqué le principe d'additivité aux concentrations sous-létales (chroniques) d'herbicides présentes dans les échantillons d'eau prélevés en 1996, 1997 et 1998. Le calcul ne tient pas compte d'éventuels effets additifs ou synergiques des insecticides, bien que ceux-ci soient également possibles.

Il ressort de ce calcul, que, pour les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Zéphirin, en plus des échantillons où un ou plusieurs pesticides dépassent les critères de qualité de l'eau, il y a 2 % à 8 % des échantillons qui présenteraient des teneurs en herbicides susceptibles d'affecter la vie aquatique, sans qu'aucun d'entre-eux ne dépasse les critères de qualité établis pour la protection de la vie aquatique. Pour la rivière Saint-Régis, la proportion des échantillons où la somme des herbicides présents pourrait causer des effets à la vie aquatique est de l'ordre de 15 %.

Toutefois, si l'on restreint le calcul aux seuls herbicides qui ont un mode d'action connu et similaire pour les espèces végétales visées (mauvaises herbes dans les cultures), la somme demeure inférieure à 1 et il n'y aurait pas d'effets attendus sur les espèces aquatiques. Cependant, pour certains herbicides fréquemment détectés dans l'eau, tels que le métolachlore et le diméthénamide, le mode d'action précis chez les mauvaises herbes est encore inconnu; à plus forte raison les effets sur les espèces aquatiques.

À la suite de notre publication de 1997, (Giroux *et al.*, 1997), l'Institut français de l'environnement a utilisé cette même approche pour l'évaluation de leurs données de concentrations de pesticides dans l'eau (IFEN, 1998).

Afin de compléter le portrait des impacts sur le milieu aquatique, une étude est actuellement en cours au ministère (Direction des écosystèmes aquatiques). Elle vise à évaluer l'impact des polluants agricoles sur les organismes aquatiques pour un petit cours d'eau dont le bassin est principalement en culture de maïs, soya et céréales. Une telle étude de l'écosystème aquatique (diversité, abondance et état de santé des espèces aquatiques) ne nous permettra sans doute pas de distinguer l'effet spécifiquement lié à la présence de pesticides, mais elle pourra fournir quelques indications nouvelles sur les effets conjugués de la présence de faibles concentrations de plusieurs pesticides et d'autres polluants agricoles (azote, phosphore, etc.).

#### Déclin du Chevalier cuirvé

Des études récentes montrent que, même à des concentrations très faibles, certains pesticides peuvent avoir des effets sur les activités de nage ou sur les comportements de regroupement des poissons (Saglio et Trijasse, 1998). Les pesticides, notamment l'atrazine, sont parmi les produits soupçonnés d'interférer dans les mécanismes de reproduction de certains poissons.

Au Québec, Gendron et Branchaud (1997) croient que de tels mécanismes sont parmi les causes qui expliquent le déclin du Chevalier cuirvé (*Moxostoma hubbsi*), espèce unique au Québec et qui peuplait autrefois les rivières Richelieu et Yamaska. Son secteur de distribution se limite aujourd'hui presque essentiellement à la rivière Richelieu, où la population rencontre de sérieuses difficultés à se reproduire.

Selon Moore et Waring (1998) l'atrazine, même présente en très faible concentration (0,5 µg/L) peut produire une interférence olfactive sur certaines espèces de poissons.

#### CONCLUSION

Des pesticides sont encore régulièrement présents durant l'été dans les rivières qui drainent les régions où l'on cultive le maïs et le soya. En effet, les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme montrent encore la présence de plusieurs produits.

Les pesticides détectés sont surtout des herbicides reliés aux cultures de maïs et de soya, notamment : l'atrazine, le métolachlore, le bentazone, le dicamba, le 2,4-D, le diméthénamide et la simazine. D'autres herbicides et des insecticides sont aussi détectés.

Même si elles sont encore présentes dans 100 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme, les concentrations d'atrazine sont généralement plus faibles que ce que l'on mesurait auparavant. En effet, l'analyse statistique montre une tendance significative à la baisse des concentrations d'atrazine. Cette baisse est cohérente avec la diminution de l'utilisation de ce produit rapportée dans les bilans de ventes de pesticides effectués par le ministère de l'Environnement.

Toutefois, cette note positive est atténuée par l'augmentation des concentrations de métolachlore au cours des dernières années ainsi que par l'apparition de plus en plus fréquente dans l'eau du bentazone et du diméthénamide. Le bentazone est maintenant détecté dans 91 % des échantillons et le diméthénamide dans 67 % des échantillons.

De plus, même s'ils sont moins fréquents qu'auparavant, des dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique se produisent encore pour l'atrazine et pour quelques autres pesticides ce qui peut affecter les espèces aquatiques.

Plusieurs herbicides, notamment le dicamba et le MCPA, sont présents dans les quatre rivières échantillonnées, en concentrations supérieures aux critères pour l'irrigation des cultures. Ceci implique que certaines cultures pourraient être endommagées si ces rivières sont utilisées comme source d'alimentation pour l'irrigation.

Les producteurs et productrices de grandes cultures utilisent une gamme de produits plus diversifiée. Cette situation a entraîné une plus grande diversité des pesticides détectés dans l'eau. Pour l'instant, l'état des connaissances scientifiques ne nous permet pas d'évaluer avec certitude le risque de la présence de ces mélanges complexes sur les espèces aquatiques. Mais bon nombre de chercheurs croient que leurs effets pourraient s'additionner. Selon cette hypothèse, en plus des 10 % à

30 % d'échantillons qui dépassent encore les critères de qualité de l'eau, 2 % à 15 % des échantillons prélevés dans le cadre de notre étude présenteraient des teneurs d'herbicides susceptibles d'affecter les espèces aquatiques, en dépit du fait que chaque produit respecte les critères de qualité de l'eau.

La Stratégie phytosanitaire mise de l'avant par le MAPAQ et ses partenaires, en 1992, visait à réduire de 50 % l'utilisation des pesticides au Québec entre 1992 et l'an 2000 et à ramener les concentrations mesurées dans l'eau en deçà des critères de qualité de l'eau. À l'approche de l'échéance, on constate une baisse de la contamination de l'eau par l'atrazine. Mais en 1998, les concentrations mesurées dans l'eau dépassent encore de 9 % à 16 % du temps le critère établi pour la protection de la vie aquatique. L'amélioration est contrebalancée par l'apparition dans l'eau d'autres herbicides.

Le fait d'introduire des cultures de rotation et de diversifier l'utilisation des pesticides est peut-être une première étape vers des changements des pratiques culturales. Toutefois, des gains environnementaux réels ne pourront survenir sans diminution des superficies traitées et sans une réduction importante des quantités totales effectives d'herbicides (et autres pesticides) dans ces cultures.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAMS, C.D., E.M. THURMAN, 1991. *Formation and Transport of Deethylatrazine in the Soil and Vadose Zone*, J. Environ. Qual., 20 : 540-547.
- ALABASTER, J.S., D. CALAMARI, V. DETHLEFSEN, H. KONEMAN, R. LLOYD, J.F. SOLBÉ. 1994. *Mixtures of toxicants*. Dans : *Water Quality for freshwater fish.*, Ed. Gwyneth Howells, 222 p.
- ALTENBURGER, R., W. BÖDEKER, M. FAUST, H. GRIMME, 1990. *Evaluation of the Isobologram Method for the Assessment of Mixtures of Chemicals, Combination effect studies with pesticides in algal biotests*, Ecotoxicology and environmental safety, 20 : 98-114.
- BERRYMAN, D., I. GIROUX, 1994. *La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive de maïs au Québec ; Campagnes d'échantillonnage de 1992 et 1993*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq EN940594, rapport n° PES-4, 134 p., 5 annexes.
- BUHLER, D.D., G.W. RANDAL, W.C. KOSKINEN, D.L. WISE, 1993. *Atrazine and Alachlor Losses from Subsurface Tile Drainage of a Clay Loam Soil*. J. Environ. Qual., 22 : 583-588.
- CALAMARI, D., M. VIGHI, 1992. *A proposal to define quality objectives for aquatic life for mixtures of chemical substances*. Chemosphere. 25(4) : 531-542.
- CCME, 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*. + annexes 1989 à 1996. Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement.
- CPVQ, 1996. *Le soya en expansion*. Colloque sur le soya, Cahier des conférences. Conseil des production végétales du Québec, 114 p.
- CPVQ, 1997. *Mauvaises herbes, Répression 1997-1998*. Agdex 640, publication V 9711. Conseil des productions végétales du Québec Inc., ISBN 2-89457-124-0, 217 p.
- CPVQ, 1998. *Répertoire des traitements de protection des cultures 1998-1999*. Agdex 605, VS 033, Conseil des productions végétales du Québec Inc., ISBN 2-89457-163-1, 139 p.
- EPA, 1991. *Technical support document for water quality-based toxics control*. Office of Water, U.S.E.P.A., Washington, DC 20460.
- FAUST, M., R. ALTENBURGER, W. BÖDEKER, L.H. GRIMME, 1993. *Additive effects of herbicide combinations on aquatic non target organisms*. The Science of the Total Environment, Supplement 1993,942-952.
- FAUST, M., R. ALTENBURGER, W. BÖDEKER, L.H. GRIMME, 1994. *Algal Toxicity of Binary Combinations of Pesticides*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 53 : 134-141.
- GARMOUMA, M., M. BLANCHARD, A. CHESTERIKOFF, P. ANSART, M. CHEVREUIL, 1997. *Seasonal Transport of herbicides (Triazines and phenylureas) in a small Stream draining an agricultural basin : Mèlarchez (France)*, Wat. Res., 31(6) : 1489-1503.
- GENDRON A., A. BRANCHAUD, 1997. *Impact potentiel de la contamination du milieu aquatique sur la reproduction du suceur cuivré (Moxostoma hubbsi) : Synthèse des connaissances*. Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction

régionale de la Montérégie; Service de l'Aménagement et de l'Exploitation de la Faune.

GIROUX, I. M. DUCHEMIN, M. ROY, 1997. *Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec; Campagnes d'échantillonnage de 1994 et 1995.* ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq EN970099, rapport n° PES-8, 54 p., 6 annexes.

GRIFFINI, O., M.L. BAO, C. BARBIERI, D. BURRINI, F. PANTANI, 1997. *Occurrence of Pesticides in the Arno River and in Potable Water-A Survey of the Period 1992-1995*, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 59 : 202-209.

HATAKEYAMA, S., H. SHIRAIISHI, S. UNO. 1997, *Overall pesticide effects on growth and emergence of two species of Ephemoptera in a model stream carrying pesticide-polluted river water*, Ecotoxicology, 6 : 167-180.

IFEN, 1998. *Les pesticides dans les eaux, Collecte et traitement des données.* Institut français de l'Environnement, Collection Études et Travaux N° 19. 190 p.

KREUGER, J., 1998. *Pesticides in stream water within an agricultural catchment in Southern Sweden, 1990-1996.* The Science of the Total Environment, 216 : 227-251.

KREUGER, J., L. TÖRNQVIST, 1998, *Multiple regression analysis of pesticide occurrence in streamflow related to pesticide properties and quantities applied.* Chemosphere, 37(2) : 189-207.

KIRBY, M.F., D.A. SHEAHAN, 1994. *Effects of Atrazine, Isoproturon, and Mecoprop on the Macrophyte Lemna minor and the Alga Scenedesmus subspicatus.* Bull. Environ. Contam. Toxicol., 53 : 120-126.

LACHANCE, P., 1998. Communication personnelle. Agronome, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

LAPP, P., C.A. MADRAMOOTOO, P. ENRIGHT, F. PAPINEAU, J. PERRONE, 1998. *Water quality of an intensive agricultural watershed in Quebec.* Journal of the American Water Resources Association, Avril 1998, 427-437.

LUNDBERGH, I., J. KREUGER, A. JOHNSON, 1995. *Pesticides in surface waters, A review of pesticide residues in surface waters in Nordic countries.* Germany and the Netherlands and problems related to pesticide contamination. Council of Europe Press. 59 p.

MARINOVITCH, M., F. GHILARDI, C.L. GALLI, 1996. *Effect of pesticide mixtures on in vitro nervous cells : Comparison with single pesticides.* Toxicology : 108 : 201-206.

MEF, 1998a. *Bilan des ventes de pesticides au Québec en 1996.* Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des politiques des secteurs agricole et naturel, Division des pesticides.

MEF, 1998b. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec.* Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques.

MENVIQ, 1990, révisé en 1992. *Méthodologie de calcul de critères de qualité de l'eau pour les substances toxiques.* Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de l'expertise scientifique, Service d'évaluation des rejets toxiques, Québec, 147 p.

MOORE, A., C. WARING, 1998. *Mechanistic effects of a triazine pesticide on reproductive endocrine function in mature male atlantic salmon (Salmo salar L. parr).* Pesticide Biochemistry and Physiology : 62(1) : 41-51.

NYSDEC, 1997. *Registration of a New AI Dimethenamid.* Document de décision réglementaire. du New York State Department of Environmental Conservation. File : A \dimethenamid-newai-5-97.htm

OMS, 1994. *Directives de la qualité pour l'eau de boisson.* 2<sup>e</sup> édition, volume 1, Recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, Genève, 1994. 197 p.

PEREIRA, W.E., F. D. HOSTETLER, 1993. *Nonpoint source Contamination of the Mississippi River and its Tributaries by Herbicides.* Environ. Sci. Technol, 27(8) : 1542-1552.

SAGLIO, P. , S. TRIJASSE, 1998. *Behavioral responses to atrazine and diuron in goldfish.* Archives of Environmental Contamination & Toxicology, 35(3) : 484-491.

SNBSC, 1993. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.* 5<sup>e</sup> édition, Santé nationale et Bien-être social Canada., 24 p.

SOMASUNDARAM, L., J.R. COATS, 1991. *Pesticide Transformation Products, Fate and Significance in the Environment*. ACS Symposium Series 459.

STATISTIQUE CANADA, 1996. *Recensement de l'agriculture*, 1996.

THOMPSON, H., 1996. *Interactions between pesticides; a review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment*. *Ecotoxicology* : 5 : 59-81.

THURMAN, E. M., D.A. GOOLSBY, M. T. MEYER, W. KOLPIN, 1991. *Herbicides in Surface Waters of the Midwestern United States : The Effect of Spring Flush*. *Environ. Sci. Technol.*, 25(10) : 1794-1796.

THURMAN, E.M., M.T. MEYER, 1996. *Herbicide Metabolites in Surface Water and Groundwater*. ACS Symposium Series 630. American Chemical Society, Washington, D.C., 318 p.

**ANNEXE 1**

**Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection**

## Annexe 1 Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection

### *Balayage des organophosphorés triazines et autres*

Pour l'analyse des triazines, organophosphorés et autres, les pesticides sont extraits de l'échantillon par passage à travers une colonne de type octadécyle (C18). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec une solution d'acétate d'éthyl saturée d'eau. L'éluat est ensuite concentré à faible volume sous atmosphère d'argon. Une purification sur gel de silice est effectuée si nécessaire.

Les pesticides sont séparés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant la surface des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'un étalon d'extraction (propoxur et atrazine D<sub>5</sub>) et d'un étalon d'injection (iprodione et terbutryne).

### *Phénoxyacides*

Pour l'analyse des herbicides de type phénoxyacide, il y a d'abord acidification de l'échantillon à pH 2 pour activer la formation des formes non-ionisées. Les pesticides sont ensuite extraits par passage à travers une colonne de type octadécyle (C18). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec un mélange d'acide acétique et d'acétonitrile. L'éluat recueilli est évaporé à sec sous atmosphère d'argon. Une estérification (méthylation) est effectuée à l'aide d'une solution de BF<sub>3</sub>/méthanol acidifiée.

Les pesticides dérivés sont ensuite extraits avec une solution d'hexane et séparés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse. Le temps de rétention dans la colonne ainsi qu'un groupe d'ions caractéristiques permettent l'identification de chacun des composés présents au moyen d'un détecteur de masse spécifique (MSD). Les concentrations sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalon de concentrations connues. Un contrôle de qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide de marqueurs isotopiques (dicamba-D<sub>3</sub> et 2,4-D C<sub>16</sub>), comme étalon d'extraction et d'un étalon d'injection (1,3,5-tribromobenzène).

### *Triazines par méthode immunoenzymatique dans la rivière Yamaska en 1996 et 1997*

L'analyse des triazines par la méthode immunoenzymatique a été utilisée pour le dépistage des triazines à l'embouchure de la rivière Yamaska. Cette analyse donne la somme des triazines présentes dans l'échantillons et non la concentration de chaque substance (ex. : atrazine, cyanazine, simazine). Aussi, dans certains cas, il est nécessaire de procéder à l'analyse complète par chromatographie pour comparer les résultats obtenus aux critères de qualité de l'eau, ceux-ci étant établis individuellement pour chaque produit. En 1996 et 1997, les analyses complètes ont été réalisées seulement pour les échantillons qui présentaient les concentrations de triazines les plus élevées.

Le seuil de détection pour l'analyse des triazines par la méthode immunoenzymatique est comparable à celui obtenu par l'analyse par chromatographie, soit 0,05 µg/L.



Limites de détection ( $\mu\text{g/L}$ ) pour les pesticides analysés en 1996, 1997 et 1998

|                      | 1996 | 1997 | 1998 |
|----------------------|------|------|------|
| Atrazine             | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Dééthyl-atrazine     | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Déisopropyl-atrazine | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Azinphos-méthyl      | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Bentazone            | NA   | 0,03 | 0,03 |
| Bromoxynil           | NA   | 0,01 | 0,01 |
| Butilate             | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Carbaryl             | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Carbofuran           | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Chlorfenvinphos      | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Chlorothalonil       | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Chloroxuron          | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Chlorpyrifos         | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Cyanazine            | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 2,4-D                | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| 2,4-DB               | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 2,4-DP(Dichlorprop)  | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| Diazinon             | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Dicamba              | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| Dichlorvos           | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Diméthénamide        | 0,05 | 0,06 | 0,03 |
| Diméthoate           | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Disulfoton           | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Diuron               | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| EPTC                 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Fonofos              | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Linuron              | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Malathion            | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| MCPA                 | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| MCPB                 | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| Mécoprop             | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| Méthidathion         | NA   | 0,03 | 0,02 |
| Méthyl-parathion     | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Métolachlore         | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Mévinphos            | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
|                      | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Myclobutanil         | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| Parathion            | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Phorate              | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Phosalone            | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Simazine             | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Tébutiuron           | 0,19 | 0,2  | 0,2  |
| Terbufos             | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Triclopyr            | 0,05 | 0,01 | 0,01 |
| Trifluraline         | 0,06 | 0,06 | 0,06 |

NA : Non analysé

Grisé : La limite de détection a changé durant la période d'étude

**ANNEXE 2**

**Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis,  
Saint-Zéphirin et Yamaska, 1992 à 1998**





















CONCENTRATIONS DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN EN 1992 (µg/L)

|              | Mai  |      | Juin |      | Juillet |      | Août |      | Sept |      |
|--------------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
|              | 6    | 20   | 2    | 16   | 30      | 14   | 28   | 10   | 26   | 9    |
| HERBICIDES   |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| Atrazine     | 0,17 | 0,18 | 4,3  | 1,2  | 0,83    | 4,01 | 1,2  | 0,69 | 0,31 | 0,3  |
| DEA          | 0,12 | 0,21 | 0,28 | 0,33 | 0,24    | 1,58 | 0,74 | 0,51 | 0,33 | 0,18 |
| Métolachlore | 0    | 0    | 0,5  | 0,2  | 0       | 0,3  | 0,1  | 0,1  | 0    | 0    |
| Cyanazine    | 0    | 0    | 0,26 | 0,61 | 0,16    | 0,68 | 0,14 | 0    | 0    | 0    |
| Simazine     | 0    | 0    | 0    | 0,06 | 0,05    | 0,13 | 0,04 | 0    | 0    | 0    |
| EPTC         | 0    | Tr   | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

CONCENTRATIONS DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN EN 1993 (µg/L)

|              | Mai  |      | Juin |      | Juillet |      | Août |      | Sept |      |
|--------------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
|              | 31   | 4    | 7    | 9    | 11      | 14   | 16   | 18   | 22   | 24   |
| HERBICIDES   |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| Atrazine     | 0,31 | 0,36 | 1,1  | 0,53 | 0,59    | 1,7  | 0,73 | 0,6  | 5,1  | 2,2  |
| DEA          | 0,34 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,21    | 0,24 | 0,22 | 0,24 | 1,2  | 0,57 |
| Métolachlore | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,5  | 0,1     | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,9  | 0,3  |
| Cyanazine    | 0    | 0    | 0    | 0,13 | 0,23    | 0,15 | 0,1  | 0,1  | 2,2  | 1,3  |
| Simazine     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,04 |
| EPTC         | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0,05 | 0    |
| INSECTICIDES |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| Diméthoate   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

CONCENTRATIONS DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN EN 1994 (µg/L)

|              | Mai  |      | Juin |      | Juillet |      | Août |      | Sept |      |
|--------------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
|              | 25   | 27   | 30   | 1    | 3       | 6    | 8    | 10   | 13   | 15   |
| HERBICIDES   |      |      |      |      |         |      |      |      |      |      |
| Atrazine     | 0,12 | 2,6  | 0,24 | 0,89 | 0,39    | 0,59 | 0,33 | 0,31 | 6,2  | 3,3  |
| DEA          | 0,18 | 0,26 | 0,18 | 0,19 | 0,22    | 0,22 | 0    | 0,18 | 0,58 | 0,5  |
| DIA          | 0,03 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,06    | 0,05 | 0    | 0,04 | 0,22 | 0,17 |
| Métolachlore | 0,07 | 1,2  | 0,1  | 0,14 | 0,11    | 0,47 | 0,09 | 0,12 | 1,4  | 1,1  |
| Cyanazine    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0,09 | 0    | 0    | 0    |
| Simazine     | 0    | 0,04 | 0    | 0    | 0       | 0    | 0,04 | 0    | 0,48 | 0,16 |
| EPTC         | 0    | 0,24 | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0,1  | 0,02 |
| Dicamba      |      |      |      |      |         |      |      |      | 0,13 | 0,17 |
| MCPA         |      |      |      |      |         |      |      |      | 0,07 | 0    |
| Mécoprop     |      |      |      |      |         |      |      |      | 0    | 0,95 |
| 2,4-D        |      |      |      |      |         |      |      |      | 0    | 0,11 |
| 2,4-DB       |      |      |      |      |         |      |      |      | 0    | 0,43 |
| INSECTICIDES |      |      |      |      |         |      |      |      | 0    | 0,49 |
| Diméthoate   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Diazinon     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| Carbaryl     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

Le zéro signifie que le produit a été "non détecté" au seuil de détection présenté à l'annexe 1





CONCENTRATIONS DES PESTICIDES DÉTECTÉS À L'EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE YAMASKA EN 1994 (µg/L)

| HERBICIDES   | Mai  |      |      |      |     | Juin |     |     |     |      | Juillet |      |      |      |     | Août |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|--------------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|------|---------|------|------|------|-----|------|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|              | 26   | 27   | 30   | 1    | 3   | 8    | 10  | 13  | 15  | 17   | 20      | 22   | 25   | 27   | 29  | 4    | 6 | 8   | 15 | 18  | 20  | 22  | 24  | 28   | 29   | 31   | 3    | 5    | 8    | 10   | 12   | 15   | 17   | 19   |  |  |
| Triazines    | 0,12 | 0,48 | 4,3  | 0,62 | 0,4 | 1,2  | 3,3 | 4,3 | 1,3 | 5,1  | 8,2     | 5,1  | 1,3  | 13   | 7,5 | 8,1  | 2 | 1,7 | 1  | 1,3 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 0,49 | 0,54 | 0,76 | 0,52 | 0,58 | 0,56 | 0,45 | 0,41 | 0,34 | 0,24 | 0,25 |  |  |
| Atrazine     | 0,07 | 0,11 | 0,26 | 0,13 |     |      |     |     |     | 4,3  | 0,47    | 1,3  | 1,3  | 6,7  | 5   |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| DEA          | 0    | 0    | 0    | 0,04 |     |      |     |     |     | 0,18 | 0,18    | 0,55 | 0,31 | 0,83 |     |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Métochlorure | 0,18 | 0,6  | 6,4  | 0,9  |     |      |     |     |     | 2,5  | 4,2     | 1,8  | 4,2  | 1,8  |     |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Cyanazine    | 0    | 0    | 0,26 | 0,1  |     |      |     |     |     | 0,34 | 0,24    | 0,12 | 0,12 | 0,07 |     |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Simazine     | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,05 |     |      |     |     |     | 1,03 | 0,07    | 0,03 | 0,03 | 0,02 | Tr  |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| EPTC         | 0,02 | 0    | 0,04 | 0    |     |      |     |     |     | Tr   | 0,02    | Tr   | Tr   | Tr   | Tr  |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Butylate     | 0    | 0    | 0,14 | 0    |     |      |     |     |     | 0    | 0       | 0,03 | Tr   | Tr   | Tr  |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Métribuzine  | 0    | 0    | 0,1  | 0    |     |      |     |     |     | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0   |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| Linuron      | 0    | 0    | 0,09 | 0    |     |      |     |     |     | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0   |      |   |     |    |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |

CONCENTRATIONS DES PESTICIDES DÉTECTÉS À L'EMBOUCHURE DE LA RIVIÈRE YAMASKA EN 1995 (µg/L)

| HERBICIDES   | Juin |      |      |      |      | Juillet |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              | 4    | 7    | 9    | 12   | 14   | 16      | 19   | 21   | 23   | 27   | 28   | 30   | 34   | 35   | 7    | 12   | 14   | 17   | 19   | 21   | 24   | 26   | 28   | 31   |
| Triazines    | 4    | 1,9  | 1,3  | 0,82 | 0,92 | 0,47    | 0,43 | 0,39 | 0,4  | 0,35 | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,29 | 0,24 | 0,29 | 0,33 | 0,28 | 1,8  | 0,76 | 0,95 | 2    |
| Atrazine     | 3,2  | 1,5  |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1,9  | 0,37 | 0,52 | 1,9  |
| DEA          | 0,3  | 0,18 |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,17 | 0,23 | 0,23 |      |
| DJA          | 0,13 | 0,07 |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,77 | 1,4  | 1,4  |      |
| Métochlorure | 2,6  | 1,2  |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 0,04 | 0,04 |      |
| Cyanazine    | 0,17 | 0,07 |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,05 | 0,05 | 0,05 |      |
| Simazine     | 0,07 | 0,05 |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 0    | 0    |      |
| EPTC         | Tr   | 0    |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 0    | 0    |      |
| Butylate     | 0    | 0    |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Tr   | Tr   | 0    |      |
| Métribuzine  | Tr   | 0    |      |      |      |         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,02 | 0    | 0    |      |
| Dicamba      | 2    | 0,93 | 0,39 | 0,22 | 0,12 | 0,09    | 0,11 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,07 | 0,17 | 0,13 | 0,09 |
| Mécoprop     | 0,08 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0,05 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,05 | 0    | 0,27 |
| MCFA         | 0,1  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |      |
| 2,4-D        | 0,16 | 0,14 | 0,1  | 0    | 0,12 | 0,06    | 0,05 | 0,08 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0    | 0,05 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,05 | 0,13 | 0,12 | 0,69 |





**ANNEXE 3**

**Statistiques descriptives par rivière**

Fréquence de détection moyenne (en %) par bassin pour les pesticides détectés dans plus de 50 % des échantillons prélevés durant l'été

|               | RIVIÈRE CHIBOUET |      |      |      |      |      |      |      |      |      | RIVIÈRE DES HURONS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               | 1992             | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995               | 1996 | 1997 | 1998 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |      |
| Atrazine      | 100              | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100                | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| DEA           | 100              | 100  | 100  | 100  | 97,5 | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100                | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| DIA           | NA               | NA   | 94,5 | 100  | 87,5 | 94,5 | 93   | NA   | NA   | 100  | 94                 | 95   | 100  | 84,4 | NA   | NA   | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Métolachlore  | 93               | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 72   | 100  | 100  | 100                | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| Diméthénamide | NA               | NA   | NA   | NA   | 67,5 | 92   | 78,5 | NA   | NA   | 92   | 78,5               | 68   | 79,5 | 80   | NA   | NA   | NA   | NA   | NA   | 79,5 | 80   | 80   |
| Simazine      | 20               | 29   | 70   | 45   | 60   | 32   | 0    | 83   | 100  | 32   | 0                  | 87   | 97,5 | 20   | 100  | 100  | 87   | 85   | 97,5 | 95   | 20   | 20   |
| Cyanazine     | 40               | 82   | 16   | 2,6  | 10   | 54   | 0    | 72   | 91   | 54   | 0                  | 89,5 | 63   | 8,9  | NA   | NA   | 89,5 | 56   | 63   | 36   | 8,9  | 8,9  |
| Bentazone     | NA               | NA   | NA   | NA   | NA   | 100  | 100  | NA   | NA   | 100  | 100                | NA   | NA   | 100  | NA   | NA   | NA   | NA   | NA   | 84,6 | 100  | 100  |
| Dicamba       | NA               | NA   | 57,6 | 52,6 | 92,5 | 95   | 88,1 | NA   | NA   | 95   | 88,1               | 52,6 | 85   | 95,5 | NA   | NA   | 52,6 | 48,5 | 85   | 100  | 100  | 95,5 |
| 2,4-D         | NA               | NA   | 50   | 55   | 57,5 | 59,5 | 85,7 | NA   | NA   | 59,5 | 85,7               | 60,5 | 88   | 97   | NA   | NA   | 60,5 | 79   | 88   | 97   | 97   | 98   |

|               | RIVIÈRE SAINT-REGIS |      |      |      |      |      |      |      |      |      | RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               | 1992                | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995                   | 1996 | 1997 | 1998 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |      |
| Atrazine      | NA                  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100                    | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| DEA           | NA                  | 100  | 94   | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100                    | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 97   | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  |
| DIA           | NA                  | NA   | 94   | 100  | 90   | 97,5 | 91,5 | NA   | NA   | 97,5 | 91,5                   | 90   | 90   | 88,6 | NA   | NA   | 97   | 100  | 90   | 90   | 90   | 88,6 |
| Métolachlore  | NA                  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 100  | 55,5 | 69   | 100  | 100                    | 97,4 | 100  | 100  | NA   | NA   | 94,5 | 100  | 97,4 | 100  | 100  | 100  |
| Diméthénamide | NA                  | NA   | NA   | NA   | 90   | 100  | 100  | NA   | NA   | 100  | 100                    | 2,5  | 43,5 | 4,5  | NA   | NA   | NA   | NA   | 2,5  | 43,5 | 4,5  | 4,5  |
| Simazine      | NA                  | 46   | 94   | 83   | 80,5 | 52,5 | 2,1  | 44   | 62   | 52,5 | 2,1                    | 28   | 25,6 | 2,3  | NA   | NA   | 59   | 18   | 28   | 25,6 | 2,3  | 2,3  |
| Cyanazine     | NA                  | 100  | 85   | 37   | 32   | 45   | 4,2  | 55,5 | 86   | 45   | 4,2                    | 73   | 51   | 20,4 | NA   | NA   | 73   | 58   | 25,6 | 51   | 20,4 | 20,4 |
| Bentazone     | NA                  | NA   | NA   | NA   | NA   | 75   | 100  | NA   | NA   | 75   | 100                    | NA   | 74   | 91   | NA   | NA   | NA   | NA   | NA   | 74   | 91   | 91   |
| Dicamba       | NA                  | 90,9 | 65   | 57   | 97,5 | 100  | 100  | NA   | NA   | 100  | 100                    | 45   | 79,5 | 75   | NA   | NA   | 45   | 29   | 77   | 79,5 | 75   | 75   |
| 2,4-D         | NA                  | 66,6 | 100  | 60   | 100  | 100  | 100  | NA   | NA   | 100  | 100                    | 27   | 54   | 92   | NA   | NA   | 27   | 34   | 28   | 54   | 92   | 92   |

NA : Non analysé

**Concentrations moyennes, médianes et maximums pour les pesticides les plus fréquemment détectés dans les rivières des régions en culture intensive de maïs (µg/L)**

|                | RIVIERE CHIBOUET |       |       |       |       |       |       | RIVIERE DES HURONS |       |       |       |       |       |       |
|----------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 1992             | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1992               | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  |
| <b>MOYENNE</b> |                  |       |       |       |       |       |       |                    |       |       |       |       |       |       |
| Atrazine       | 2,866            | 3,387 | 3,769 | 2,045 | 1,884 | 1,884 | 1,157 | 2,194              | 2,059 | 1,419 | 0,528 | 1,497 | 0,975 | 0,735 |
| DEA            | 0,776            | 0,547 | 0,628 | 0,419 | 0,5   | 0,305 | 0,32  | 0,388              | 0,466 | 0,413 | 0,226 | 0,304 | 0,248 | 0,198 |
| DES            | -                | -     | 0,186 | 0,139 | 0,205 | 0,112 | 0,111 | -                  | -     | 0,139 | 0,094 | 0,13  | 0,114 | 0,071 |
| Métolachlore   | 0,814            | 1,9   | 2,655 | 0,63  | 1,249 | 1,397 | 1,107 | 0,52               | 1,133 | 1,025 | 0,449 | 1,407 | 1,538 | 0,696 |
| Diméthénamide  | -                | -     | -     | -     | 0,132 | 0,119 | 0,114 | -                  | -     | -     | -     | 0,077 | 0,116 | 0,061 |
| Simazine       | 0,024            | 0,062 | 0,035 | 0,008 | 0,048 | 0,004 | 0     | 0,355              | 0,487 | 0,087 | 0,042 | 0,034 | 0,061 | 0     |
| Cyanazine      | 0,038            | 0,305 | 0,011 | 0,003 | 0,009 | 0,027 | 0     | 0,15               | 0,227 | 0,22  | 0,05  | 0,184 | 0,032 | 0     |
| Bentazone      | -                | -     | -     | -     | -     | 0,588 | 0,964 | -                  | -     | -     | -     | -     | 0,764 | 0,825 |
| Dicamba        | -                | -     | 0,796 | 0,228 | 0,568 | 0,652 | 0,419 | -                  | 0,35  | 0,36  | 0,086 | 0,664 | 0,453 | 0,196 |
| 2,4-D          | -                | -     | 0,081 | 0,226 | 0,052 | 0,03  | 0,068 | -                  | 0,081 | 0,15  | 0,173 | 0,105 | 0,226 | 0,117 |
| <b>MEDIANE</b> |                  |       |       |       |       |       |       |                    |       |       |       |       |       |       |
| Atrazine       | 2,815            | 2,1   | 1,7   | 1,2   | 1,075 | 1,2   | 1,1   | 1,38               | 1,2   | 0,92  | 0,42  | 0,78  | 0,45  | 0,545 |
| DEA            | 0,375            | 0,365 | 0,49  | 0,3   | 0,2   | 0,24  | 0,39  | 0,35               | 0,34  | 0,37  | 0,18  | 0,22  | 0,18  | 0,155 |
| DES            | -                | -     | 0,145 | 0,1   | 0,065 | 0,09  | 0,12  | -                  | -     | 0,12  | 0,07  | 0,08  | 0,07  | 0,055 |
| Métolachlore   | 0,7              | 0,85  | 1,3   | 0,31  | 0,85  | 0,53  | 0,94  | 0,4                | 0,5   | 0,54  | 0,25  | 0,43  | 0,7   | 0,49  |
| Diméthénamide  | -                | -     | -     | -     | 0,025 | 0,09  | 0,06  | -                  | -     | -     | -     | 0,025 | 0,06  | 0,05  |
| Simazine       | 0,008            | 0     | 0,025 | 0     | 0,01  | 0     | 0     | 0,08               | 0,3   | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0,03  | 0     |
| Cyanazine      | 0,02             | 0,16  | 0     | 0     | 0     | 0,02  | 0     | 0,11               | 0,115 | 0,09  | 0,04  | 0,025 | 0     | 0     |
| Bentazone      | -                | -     | -     | -     | -     | 0,465 | 0,7   | -                  | -     | -     | -     | -     | 0,24  | 0,545 |
| Dicamba        | -                | -     | 0,095 | 0,055 | 0,305 | 0,145 | 0,22  | -                  | 0,2   | 0,115 | 0     | 0,22  | 0,14  | 0,1   |
| 2,4-D          | -                | -     | 0     | 0,145 | 0,025 | 0,005 | 0,04  | -                  | 0,03  | 0,1   | 0,13  | 0,07  | 0,11  | 0,1   |
| <b>MAXIMUM</b> |                  |       |       |       |       |       |       |                    |       |       |       |       |       |       |
| Atrazine       | 5,6              | 29    | 16    | 11    | 11    | 7     | 4,1   | 6,2                | 15    | 12    | 2,8   | 13    | 5,6   | 3,1   |
| DEA            | 2,6              | 4,1   | 1,9   | 1,2   | 2,2   | 0,82  | 0,95  | 1,01               | 1,9   | 0,94  | 0,73  | 0,86  | 1,2   | 0,74  |
| DES            | -                | -     | 0,61  | 0,42  | 1,8   | 0,34  | 0,33  | -                  | -     | 0,4   | 0,29  | 0,5   | 0,51  | 0,35  |
| Métolachlore   | 2,6              | 21    | 12    | 3,8   | 7,3   | 9,7   | 4,6   | 1,4                | 12    | 7,6   | 2,6   | 16    | 11    | 3,4   |
| Diméthénamide  | -                | -     | -     | -     | 1,6   | 0,4   | 0,58  | -                  | -     | -     | -     | 1,3   | 0,74  | 0,28  |
| Simazine       | 0,09             | 0,56  | 0,19  | 0,05  | 1,4   | 0,02  | 0     | 3,73               | 5,2   | 0,88  | 0,16  | 0,37  | 0,43  | 0     |
| Cyanazine      | 0,12             | 1,7   | 0,06  | 0,1   | 0,22  | 0,2   | 0     | 0,64               | 1,3   | 2,2   | 0,23  | 2,9   | 0,34  | 0     |
| Bentazone      | -                | -     | -     | -     | -     | 2,6   | 5,8   | -                  | -     | -     | -     | -     | 6,4   | 5,3   |
| Dicamba        | -                | -     | 5,4   | 2,1   | 4,6   | 5     | 4,2   | -                  | -     | 2,3   | 1,9   | 5,5   | 3,6   | 1     |
| 2,4-D          | -                | -     | 0,46  | 1,3   | 0,38  | 0,2   | 0,84  | -                  | -     | 0,46  | 0,62  | 0,98  | 1,7   | 0,48  |
| N              | 14               | 30    | 34    | 37    | 40    | 37    | 42    | 15                 | 30    | 37    | 34    | 41    | 39    | 45    |
| N Phénoxy      | -                | -     | 26    | 38    | 40    | 42    | 42    | -                  | 30    | 30    | 33    | 41    | 39    | 45    |

NOTE : Pour le calcul des moyennes et médianes, les résultats "non détectés" ont été remplacés par la moitié du seuil de détection présenté à l'annexe 1

Concentrations moyennes, médianes et maximums pour les pesticides les plus fréquemment détectés dans les rivières des régions en culture intensive de maïs (µg/L)

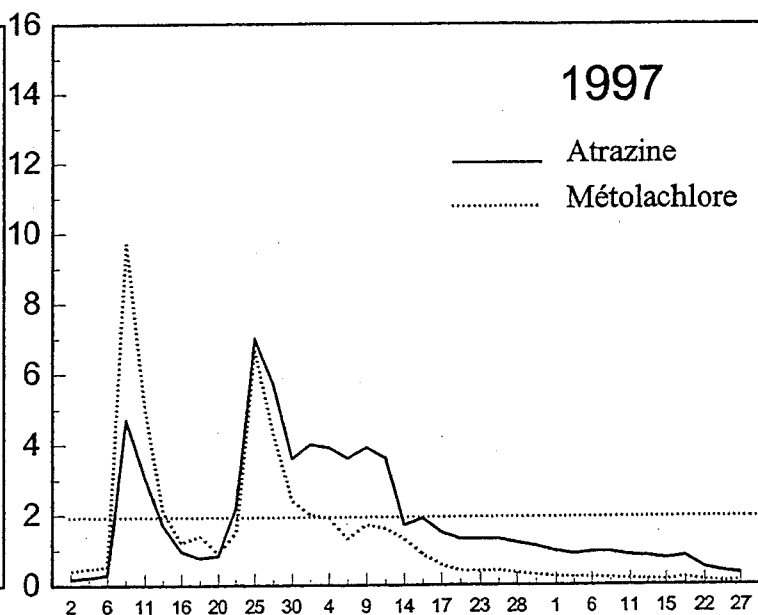
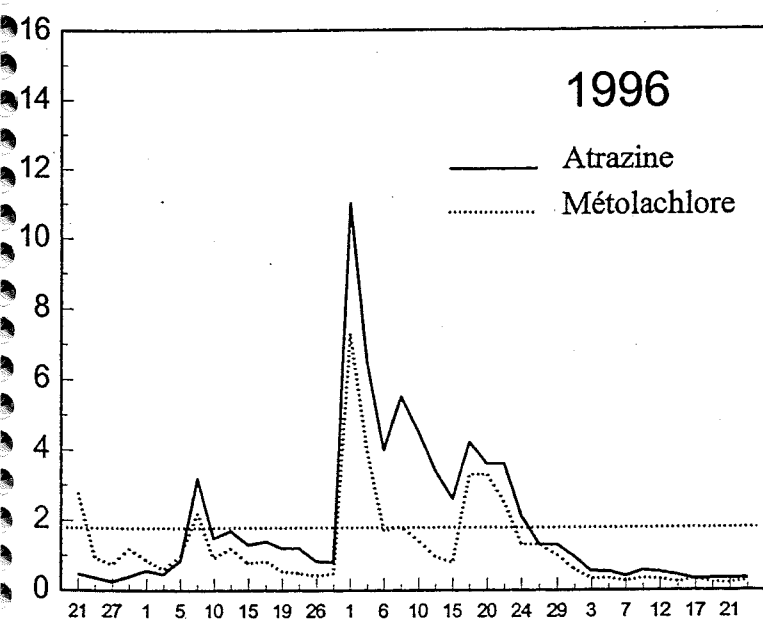
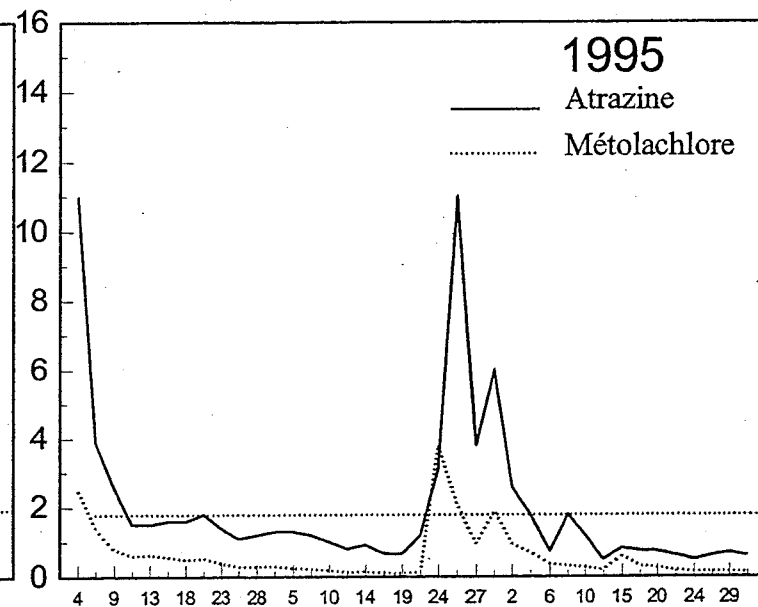
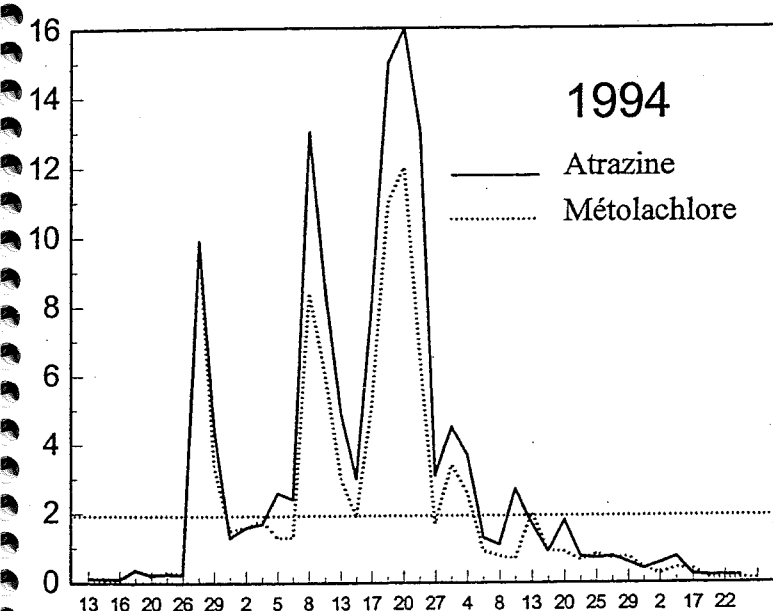
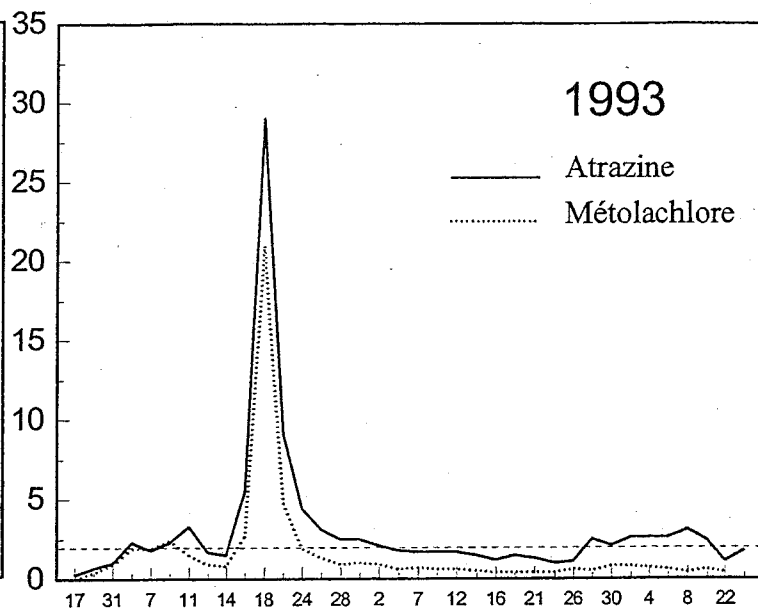
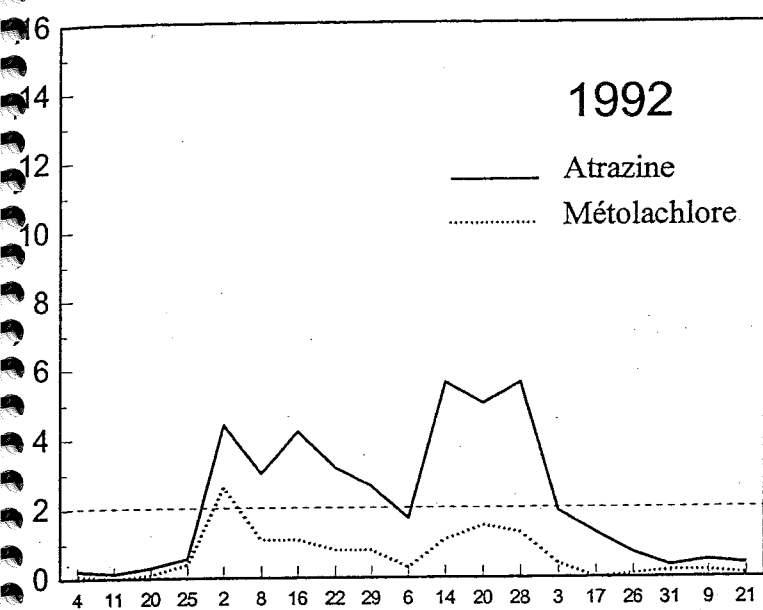
|                | RIVIERE SAINT-REGIS |       |       |       |       |       |       |       |       |       | RIVIERE SAINT-ZEPHIRIN |       |       |       |  |  |
|----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|--|--|
|                | 1992                | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995                   | 1996  | 1997  | 1998  |  |  |
| <b>MOYENNE</b> |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                        |       |       |       |  |  |
| Atrazine       | -                   | 2,377 | 1,239 | 1,437 | 2,62  | 1,23  | 1,02  | 1,59  | 2,106 | 1,473 | 1,608                  | 3,021 | 1,341 | 1,171 |  |  |
| DEA            | -                   | 0,386 | 0,26  | 0,256 | 0,331 | 0,265 | 0,241 | 0,528 | 0,467 | 0,365 | 0,388                  | 0,726 | 0,286 | 0,353 |  |  |
| DES            | -                   | -     | 0,101 | 0,105 | 0,145 | 0,108 | 0,102 | -     | -     | 0,123 | 0,135                  | 0,262 | 0,097 | 0,12  |  |  |
| Métolachlore   | -                   | 2,003 | 0,718 | 1,045 | 3,867 | 1,397 | 0,899 | 0,156 | 0,19  | 0,313 | 0,174                  | 0,499 | 0,85  | 2,148 |  |  |
| Diméthénamide  | -                   | -     | -     | -     | 0,531 | 0,587 | 0,342 | -     | -     | -     | -                      | 0     | 0,037 | 0,013 |  |  |
| Simazine       | -                   | 0,041 | 0,066 | 0,027 | 0,02  | 0,006 | 0,003 | 0,035 | 0,025 | 0,038 | 0,006                  | 0,004 | 0,005 | 0,001 |  |  |
| Cyanazine      | -                   | 0,385 | 0,128 | 0,023 | 0,016 | 0,021 | 0,001 | 0,231 | 0,282 | 0,558 | 0,359                  | 0,015 | 0,217 | 0,056 |  |  |
| Bentazone      | -                   | -     | -     | -     | -     | 0,63  | 1,088 | -     | -     | -     | -                      | -     | 0,696 | 1,251 |  |  |
| Dicamba        | -                   | 0,616 | 0,172 | 0,39  | 0,891 | 0,62  | 0,427 | -     | -     | 0,18  | 0,079                  | 0,568 | 0,316 | 0,215 |  |  |
| 2,4-D          | -                   | 0,161 | 0,295 | 0,165 | 0,274 | 0,326 | 0,504 | -     | -     | 0,066 | 0,042                  | 0,027 | 0,049 | 0,053 |  |  |
| <b>MÉDIANE</b> |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                        |       |       |       |  |  |
| Atrazine       | -                   | 1,35  | 0,83  | 0,47  | 0,89  | 0,625 | 0,54  | 1,015 | 1,4   | 0,59  | 0,79                   | 1,1   | 0,95  | 0,57  |  |  |
| DEA            | -                   | 0,27  | 0,24  | 0,15  | 0,17  | 0,15  | 0,14  | 0,33  | 0,39  | 0,28  | 0,305                  | 0,27  | 0,26  | 0,23  |  |  |
| DES            | -                   | -     | 0,09  | 0,07  | 0,07  | 0,075 | 0,06  | -     | -     | 0,09  | 0,1                    | 0,08  | 0,09  | 0,07  |  |  |
| Métolachlore   | -                   | 1,25  | 0,48  | 0,35  | 1,5   | 0,88  | 0,55  | 0,1   | 0,1   | 0,12  | 0,115                  | 0,17  | 0,42  | 0,655 |  |  |
| Diméthénamide  | -                   | -     | -     | -     | 0,11  | 0,35  | 0,21  | -     | -     | -     | -                      | 0     | 0     | 0     |  |  |
| Simazine       | -                   | 0     | 0,04  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0     | 0,02  | 0,03  | 0,01  | 0                      | 0     | 0     | 0     |  |  |
| Cyanazine      | -                   | 0,21  | 0,05  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0,15  | 0,14  | 0,07  | 0,05                   | 0     | 0,02  | 0     |  |  |
| Bentazone      | -                   | -     | -     | -     | -     | 0,255 | 0,15  | -     | -     | -     | -                      | -     | 0,22  | 0,475 |  |  |
| Dicamba        | -                   | 0,28  | 0,115 | 0,08  | 0,24  | 0,315 | 0,21  | -     | -     | 0     | 0                      | 0,11  | 0,06  | 0,055 |  |  |
| 2,4-D          | -                   | 0,13  | 0,22  | 0,06  | 0,16  | 0,185 | 0,23  | -     | -     | 0     | 0                      | 0     | 0,005 | 0,03  |  |  |
| <b>MAXIMUM</b> |                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                        |       |       |       |  |  |
| Atrazine       | -                   | 13    | 4,3   | 17    | 14    | 7     | 6,1   | 4,3   | 10    | 13    | 13                     | 26    | 6     | 9,4   |  |  |
| DEA            | -                   | 1,6   | 0,8   | 1     | 1,3   | 1,7   | 1,8   | 1,58  | 1,4   | 2,1   | 1,3                    | 4,5   | 1,3   | 0,89  |  |  |
| DES            | -                   | -     | 0,29  | 0,41  | 0,59  | 0,66  | 0,95  | -     | -     | 0,85  | 0,5                    | 2     | 0,48  | 0,89  |  |  |
| Métolachlore   | -                   | 14    | 4,8   | 10    | 26    | 5,6   | 4,5   | 0,5   | 0,9   | 1,5   | 1,3                    | 6,1   | 7     | 36    |  |  |
| Diméthénamide  | -                   | -     | -     | -     | 7     | 4     | 2     | -     | -     | -     | -                      | Tr    | 0,37  | 0,49  |  |  |
| Simazine       | -                   | 0,45  | 0,39  | 0,3   | 0,13  | 0,02  | 0,13  | 0,13  | 0,07  | 0,48  | 0,08                   | 0,04  | 0,04  | 0,04  |  |  |
| Cyanazine      | -                   | 1,5   | 0,79  | 0,27  | 0,11  | 0,17  | 0,02  | 0,68  | 2,2   | 11    | 3                      | 0,08  | 6,8   | 1,6   |  |  |
| Bentazone      | -                   | -     | -     | -     | -     | 6,4   | 22    | -     | -     | -     | -                      | -     | 12    | 15    |  |  |
| Dicamba        | -                   | 2,9   | 0,84  | 5,7   | 6,6   | 5,8   | 2     | -     | -     | 1,4   | 0,92                   | 6,3   | 4,4   | 3     |  |  |
| 2,4-D          | -                   | 0,48  | 1     | 0,75  | 1,2   | 2,7   | 2,9   | -     | -     | 0,43  | 0,32                   | 0,44  | 0,44  | 0,31  |  |  |
| N.             | -                   | 30    | 33    | 35    | 41    | 40    | 47    | 8     | 30    | 37    | 38                     | 39    | 39    | 44    |  |  |
| N Phénoxy      | -                   | 12    | 34    | 35    | 41    | 40    | 47    | -     | -     | 31    | 38                     | 39    | 39    | 44    |  |  |

NOTE : Pour le calcul des moyennes et médianes, les résultats "non détectés" ont été remplacés par la moitié du seuil de détection présenté à l'annexe 1

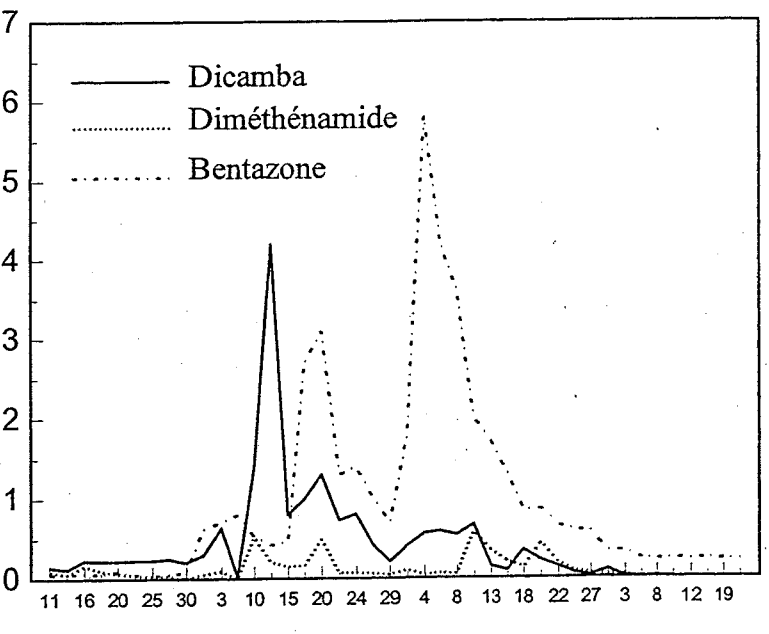
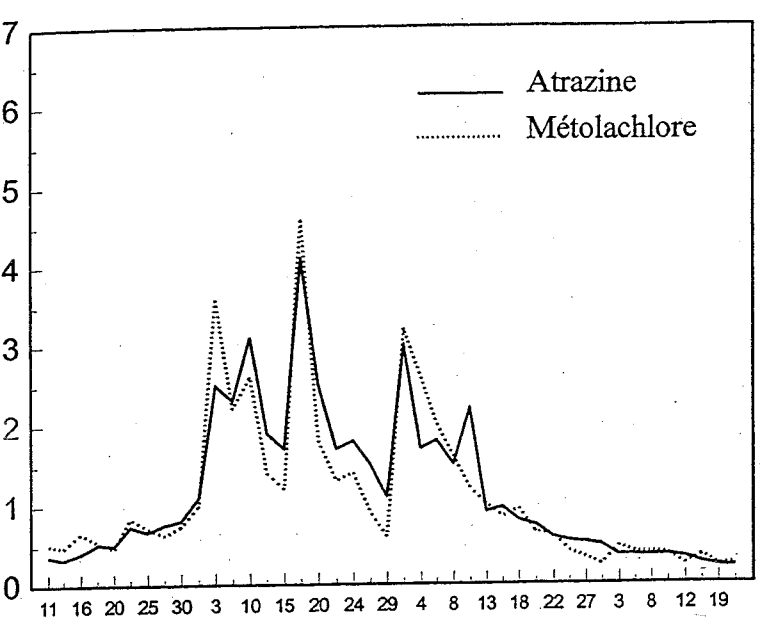
**ANNEXE 4**

**Évolution des concentrations pour les rivières Chibouet,  
des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin, 1992 à 1998**

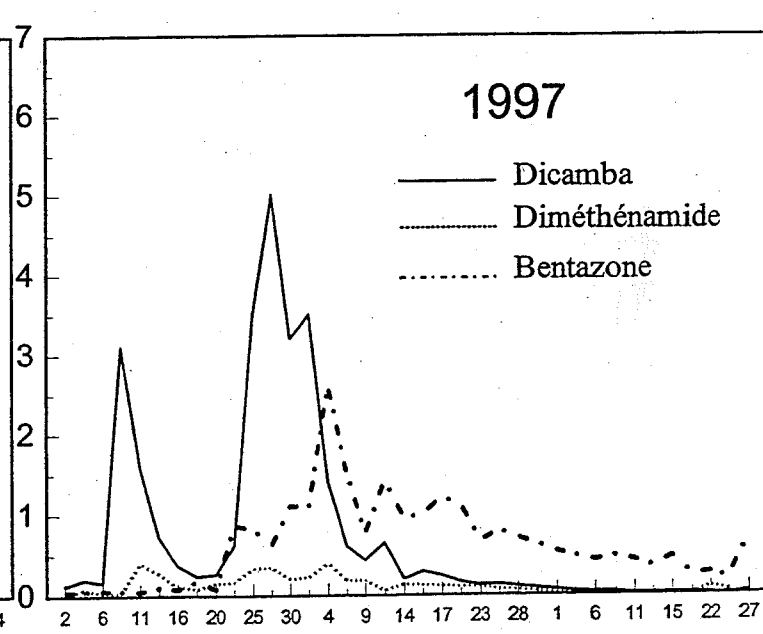
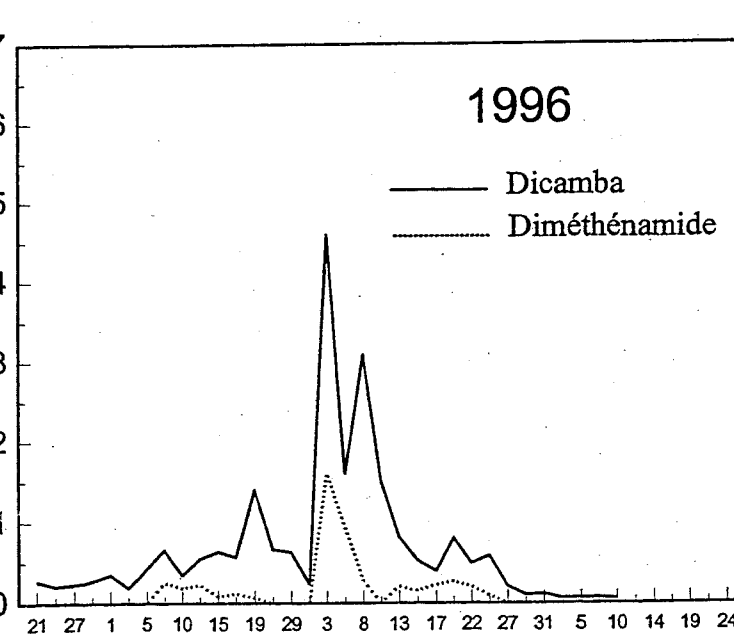
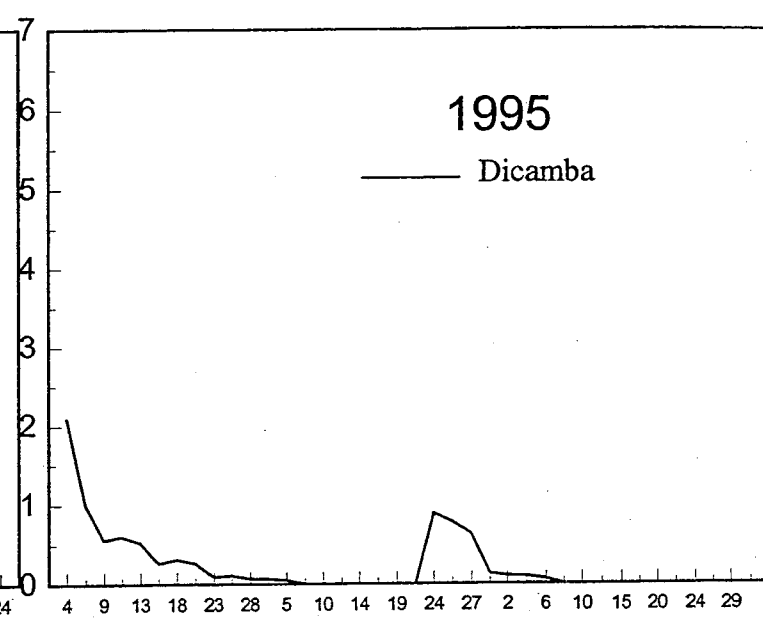
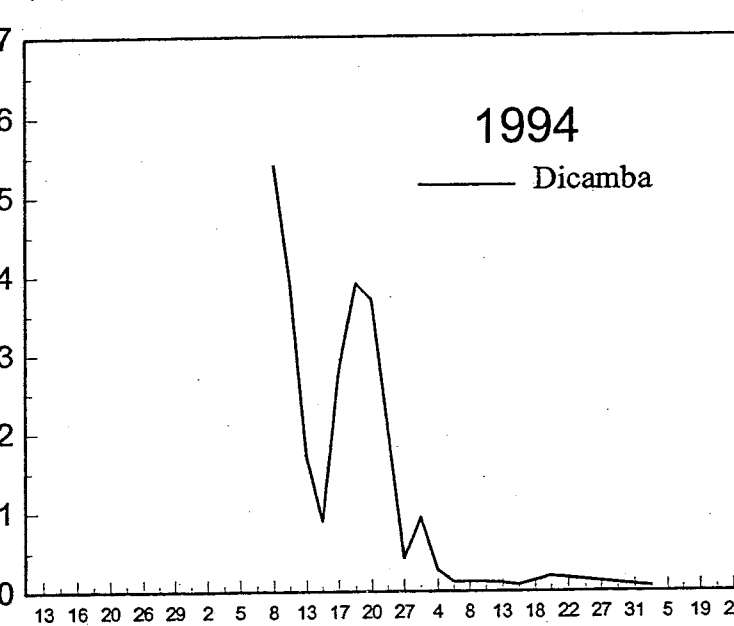
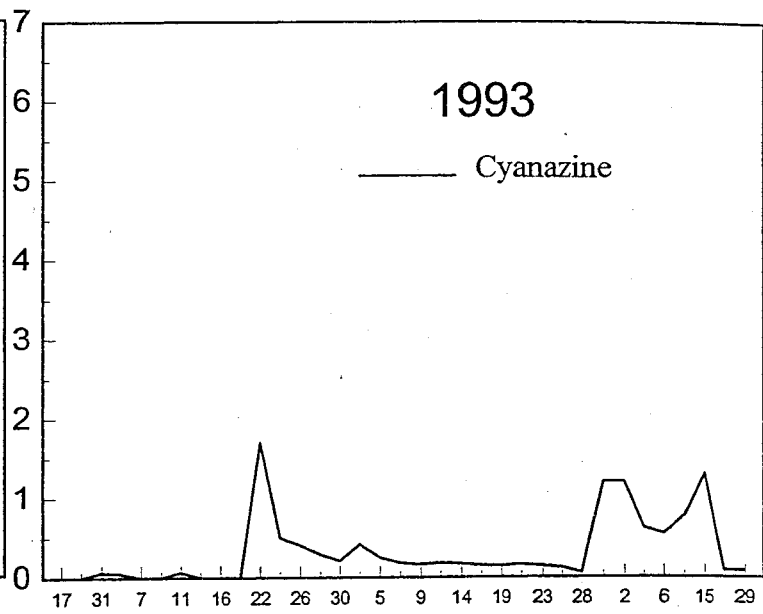
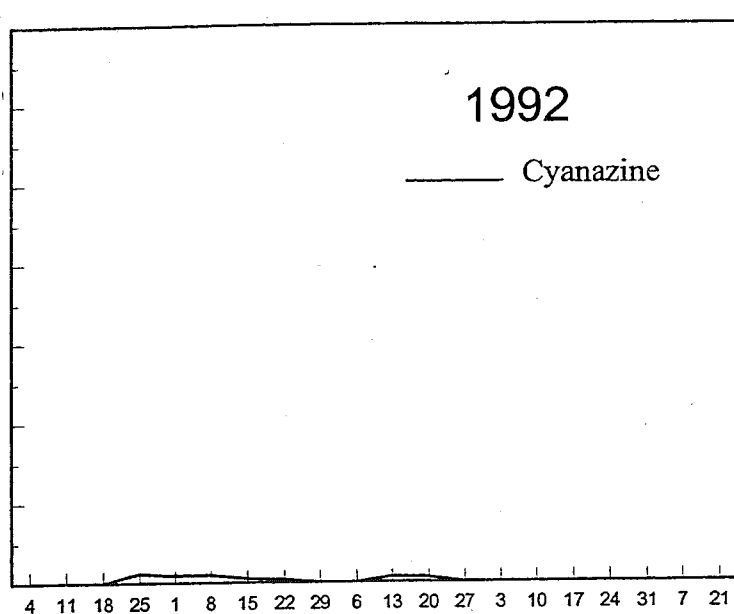
Évolution des concentrations d'atrazine et de métolachlore dans la rivière  
Chibouet de 1992 à 1997 ( $\mu\text{g/L}$ )



Évolution des concentrations d'atrazine, de métolachlore et de quelques autres herbicides dans la rivière Chibouet en 1998 ( $\mu\text{g/L}$ )

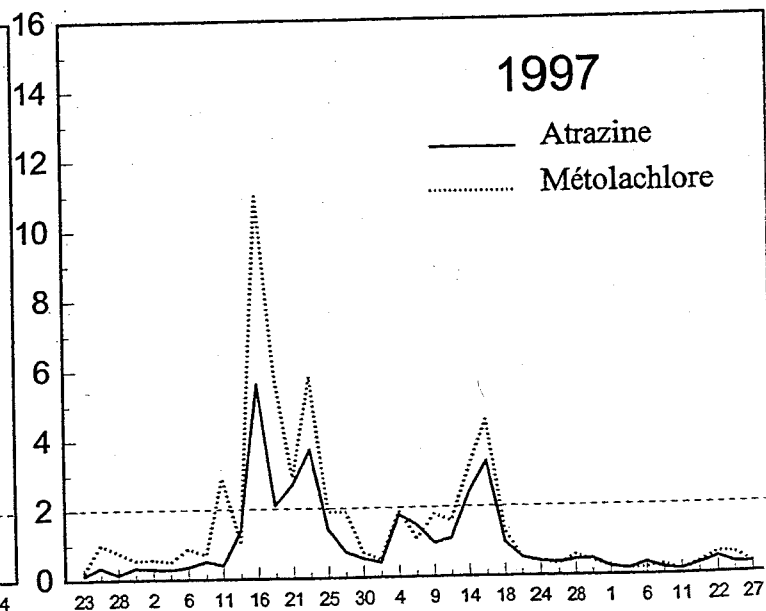
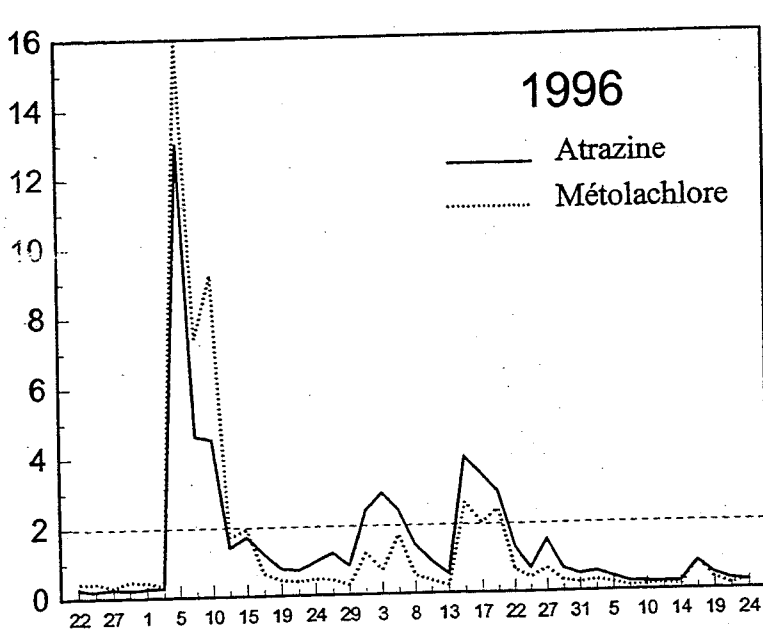
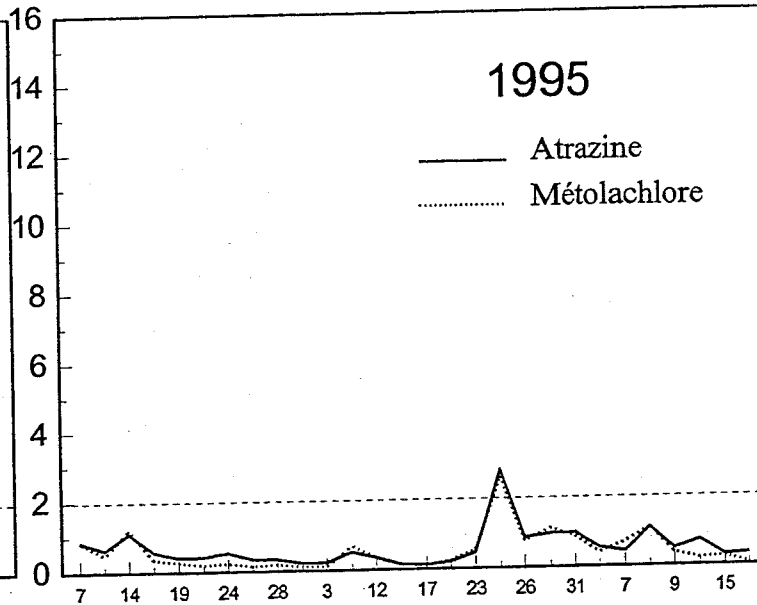
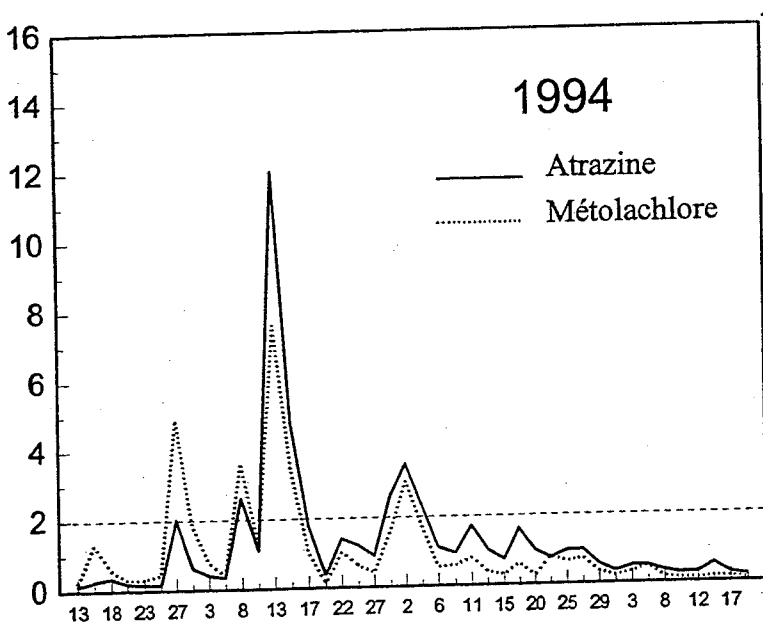
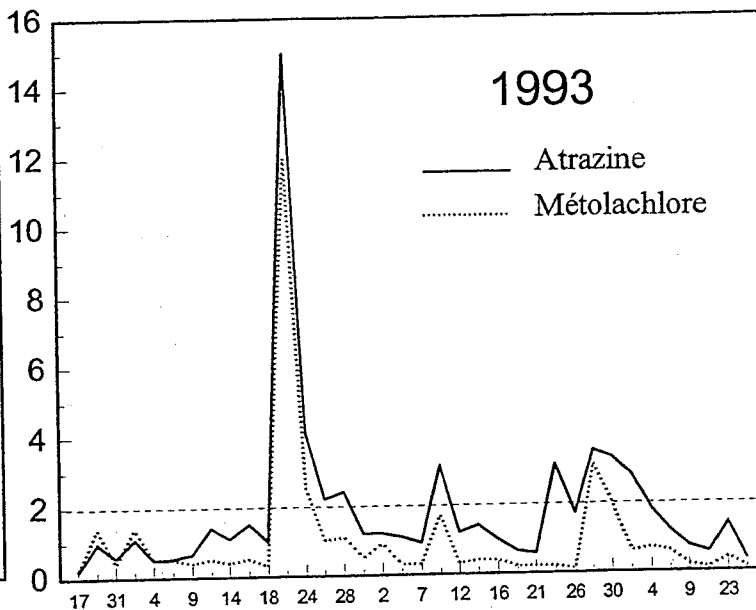
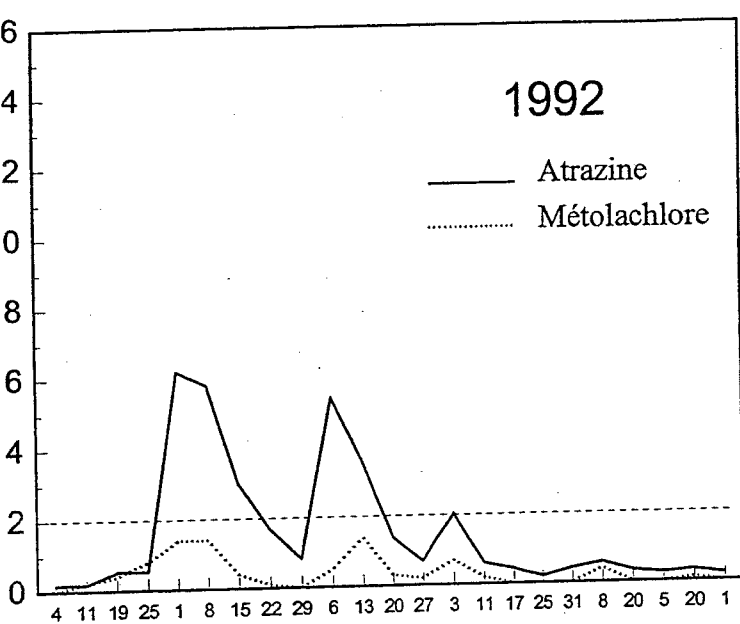


Évolution des concentrations de certains herbicides dans la rivière Chibouet de 1992 à 1997 ( $\mu\text{g/L}$ )

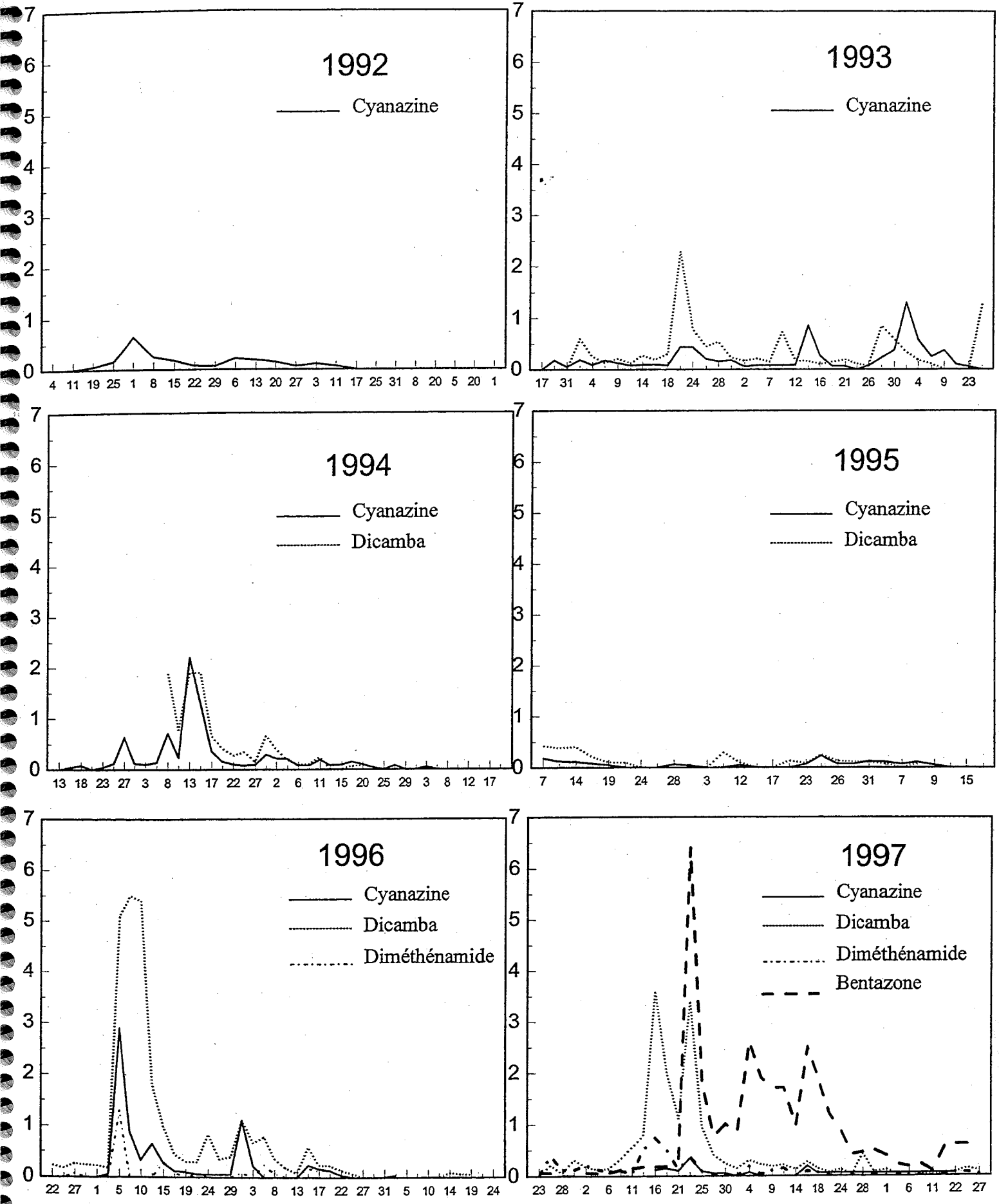




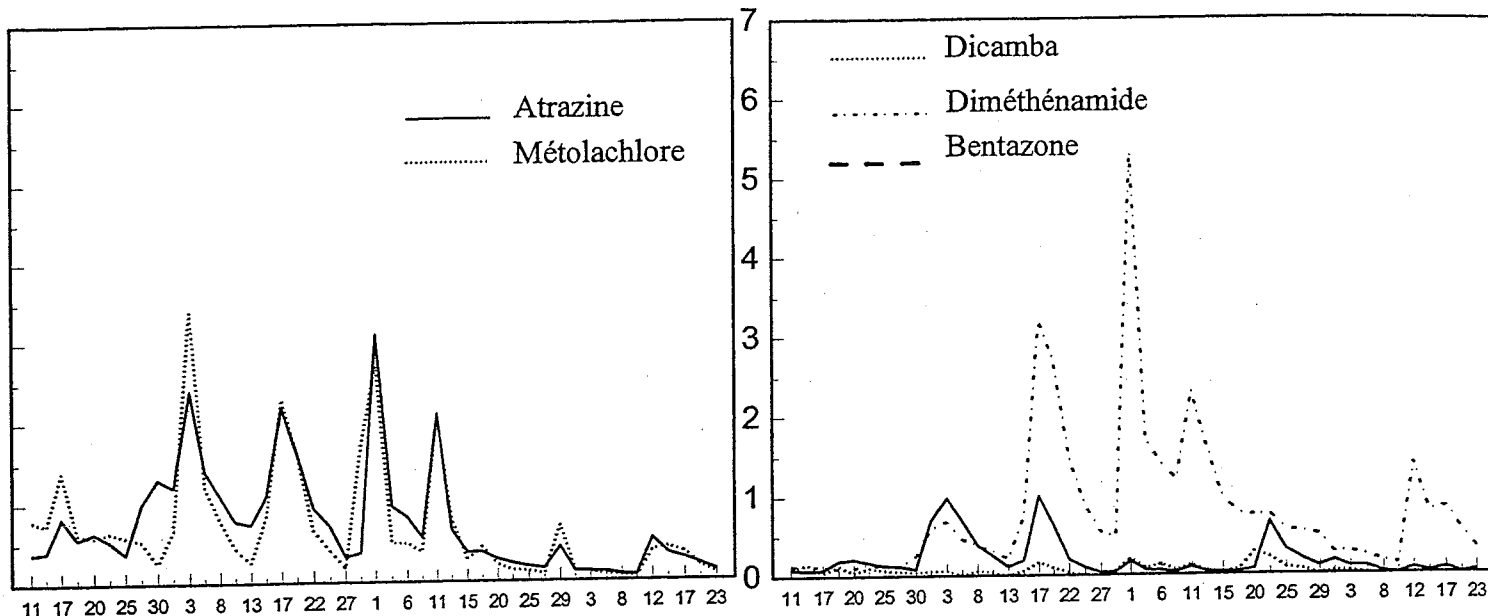
Évolution des concentrations d'atrazine et de métolachlore dans la rivière  
des Hurons de 1992 à 1997 ( $\mu\text{g/L}$ )



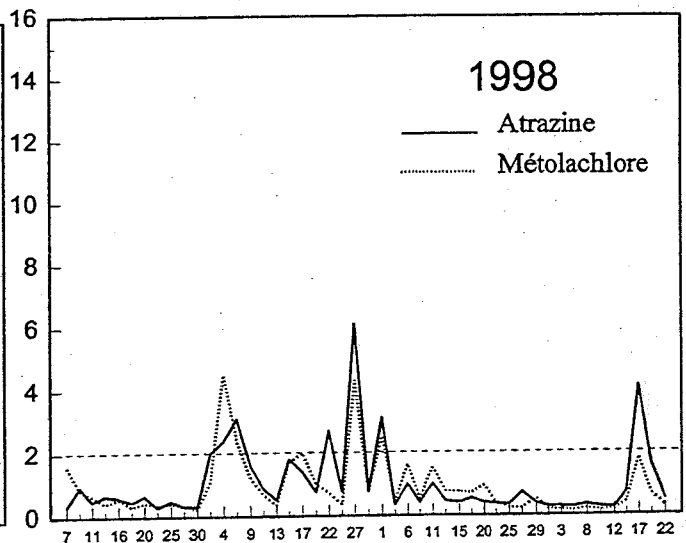
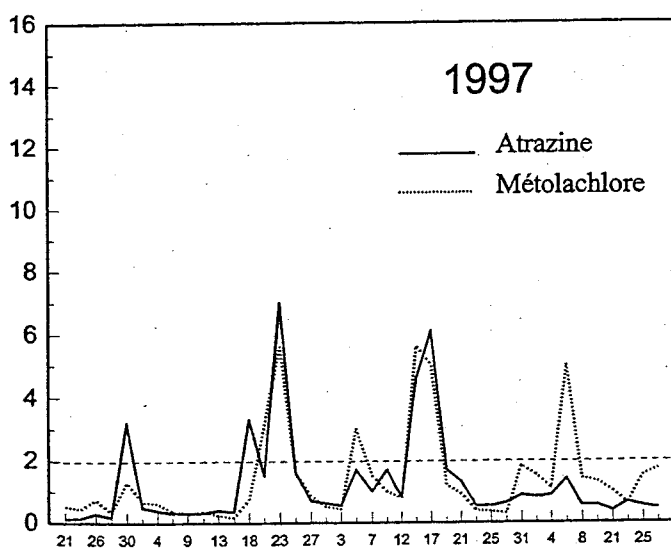
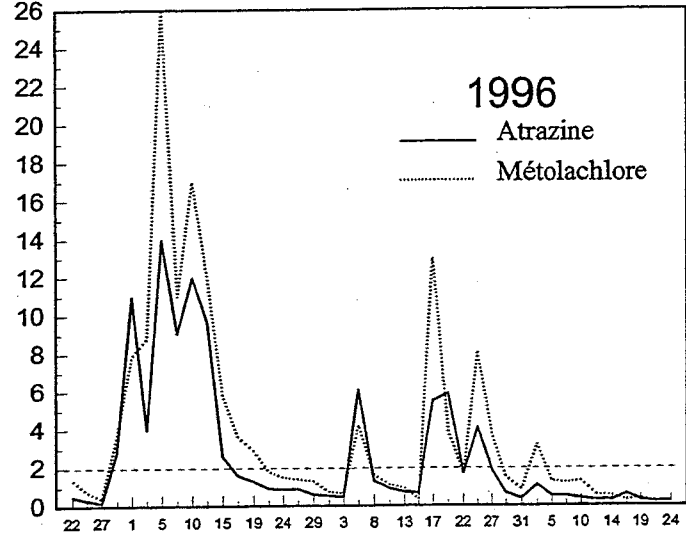
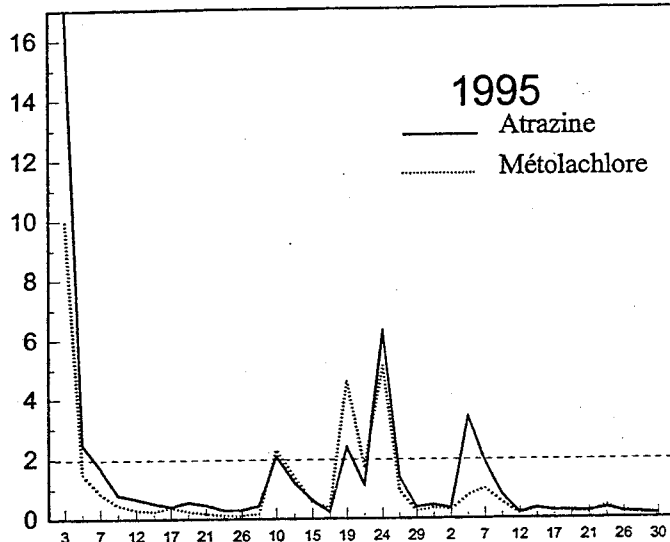
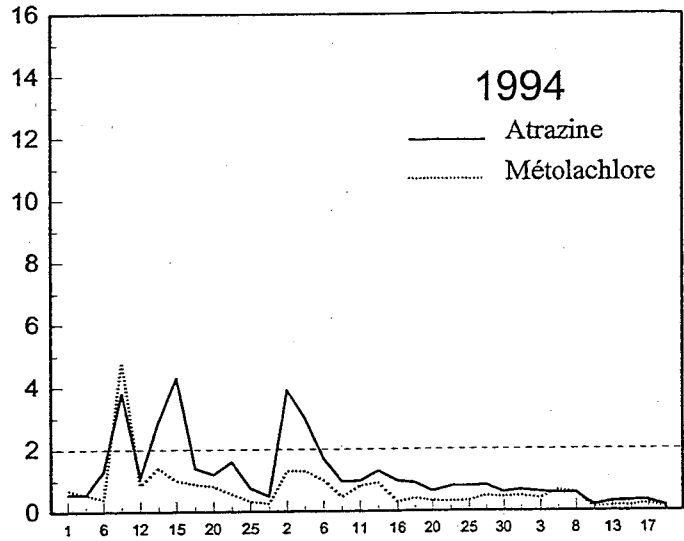
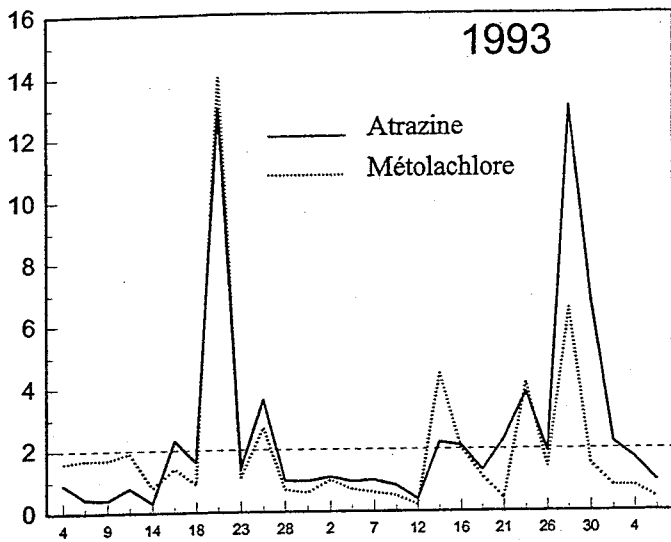
Évolution des concentrations de certains herbicides dans la rivière  
des Hurons de 1992 à 1997 ( $\mu\text{g/L}$ )



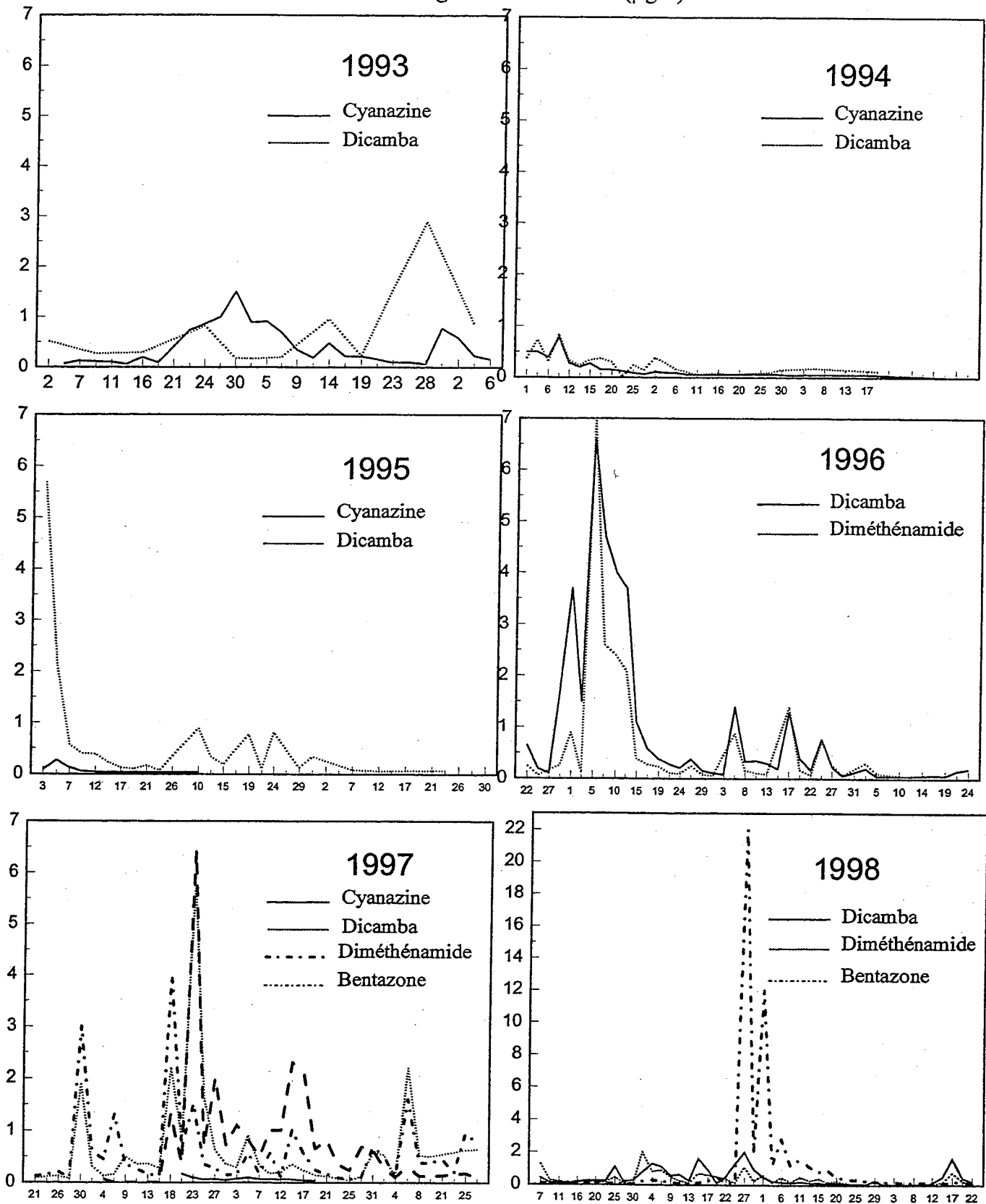
Évolution des concentrations d'atrazine, de métolachlore et de certains autres herbicides dans la rivière des Hurons en 1998 ( $\mu\text{g/L}$ )



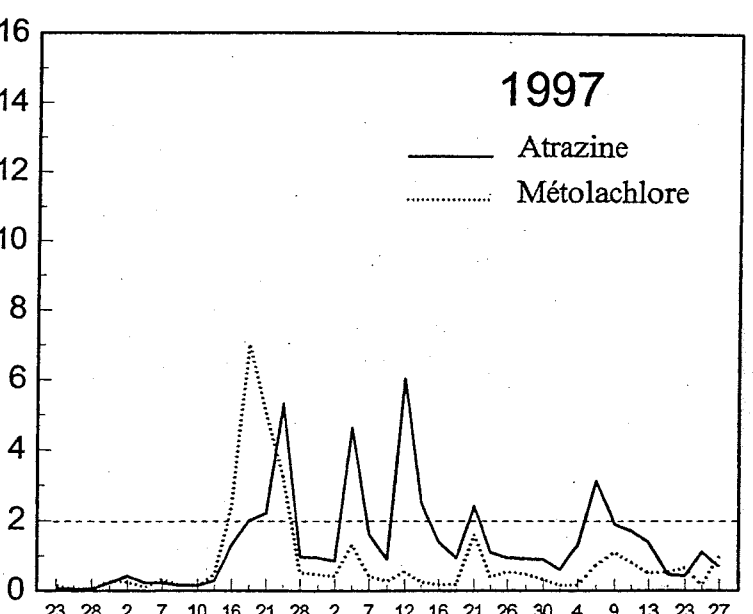
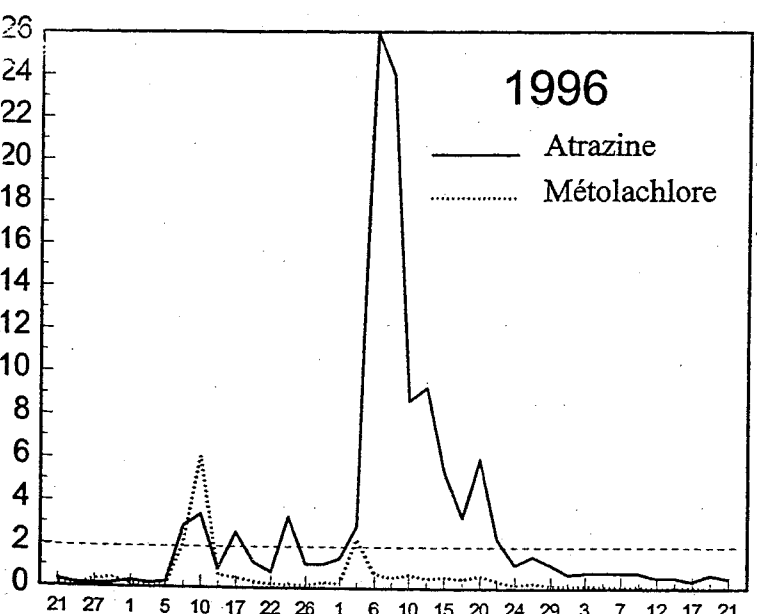
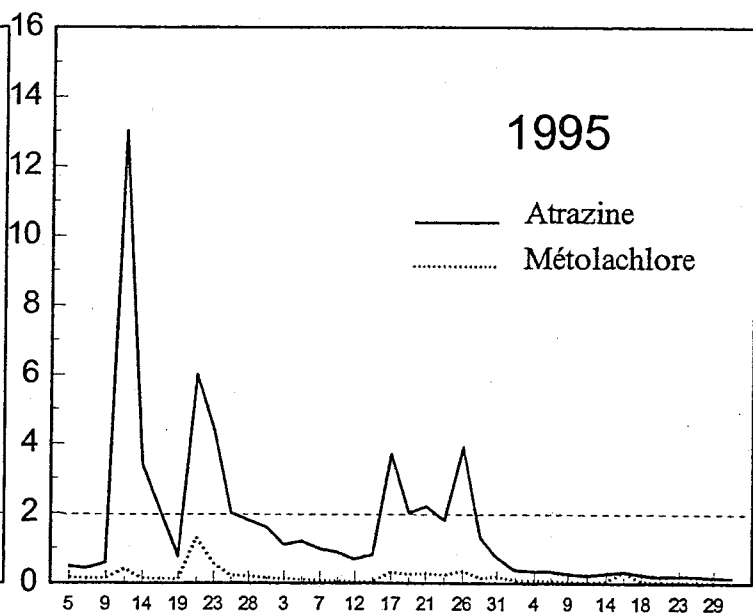
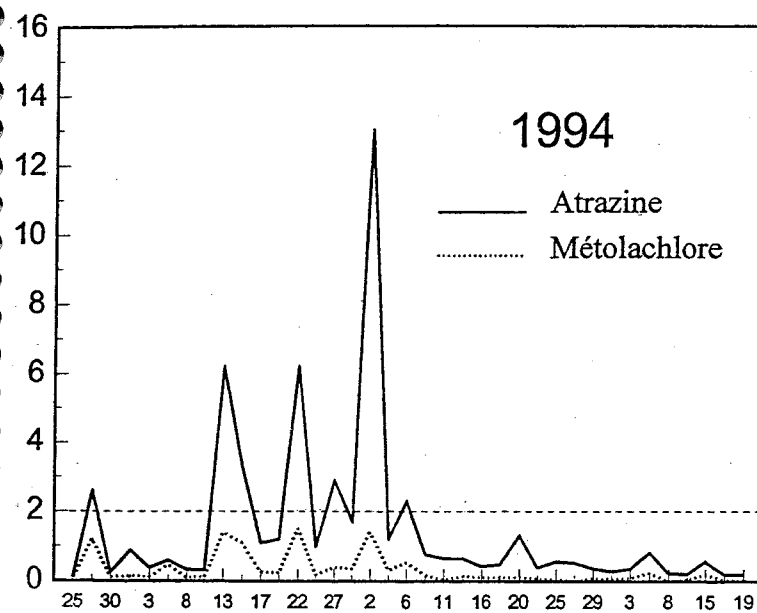
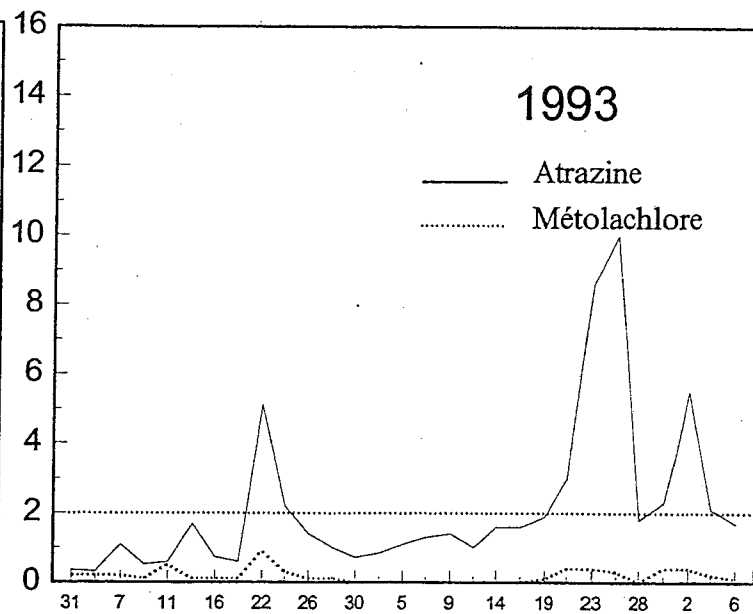
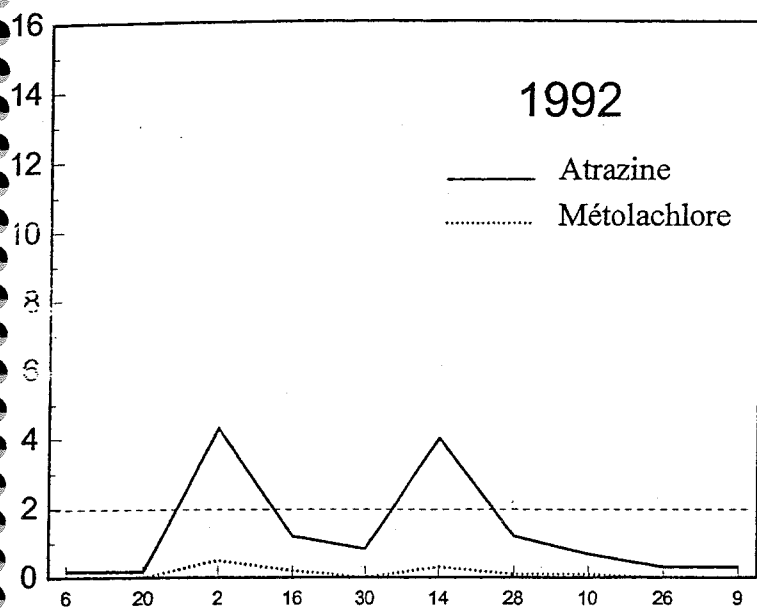
Évolution des concentrations d'atrazine et de métolachlore dans la rivière  
Saint-Régis de 1993 à 1998 ( $\mu\text{g/L}$ )



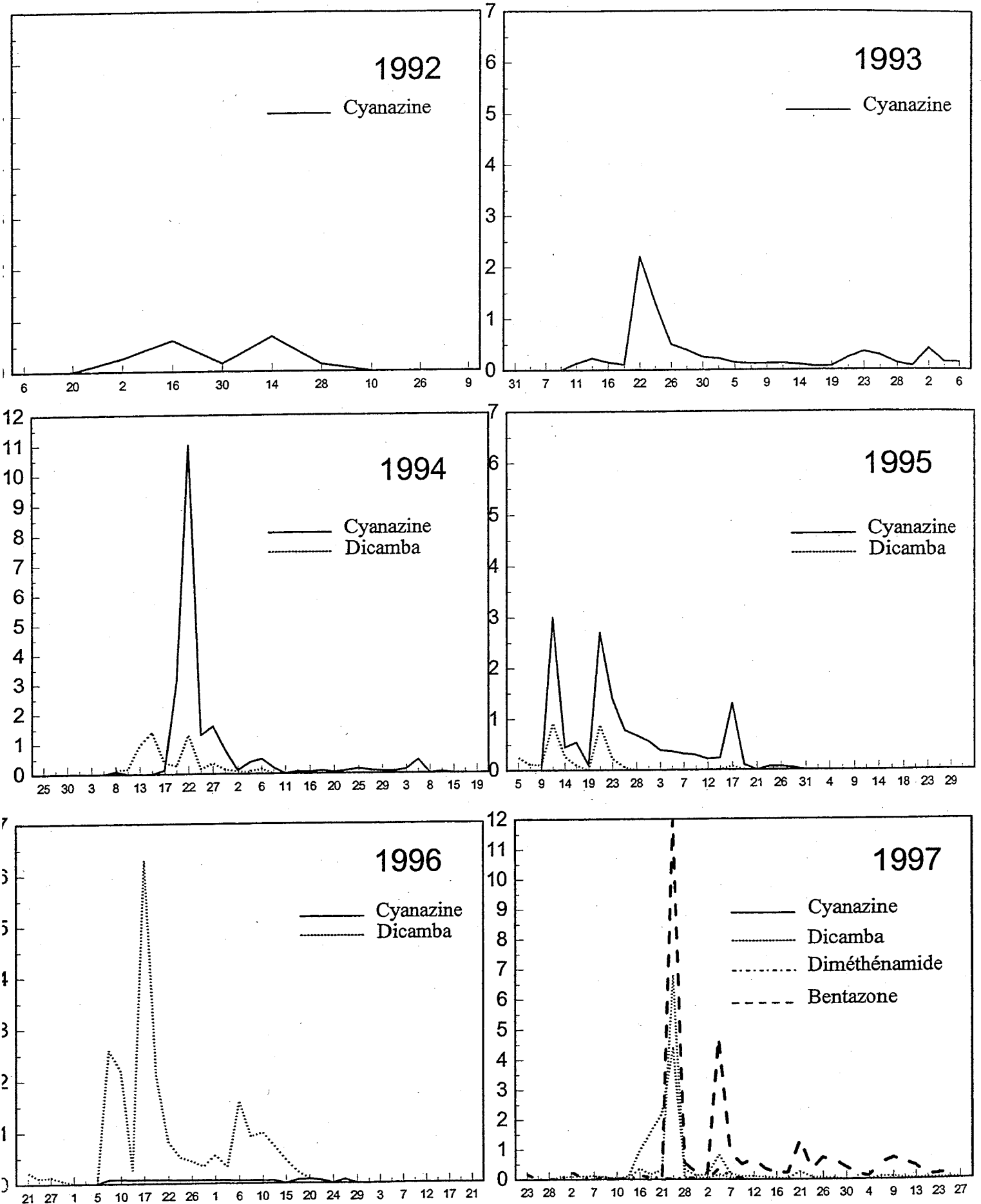
Évolution des concentrations de certains herbicides dans la rivière  
Saint-Régis de 1993 à 1998 ( $\mu\text{g/L}$ )



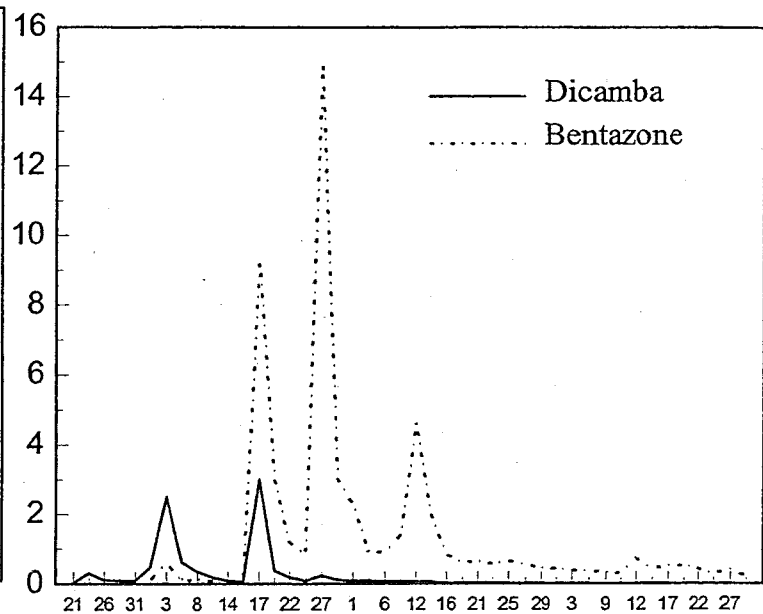
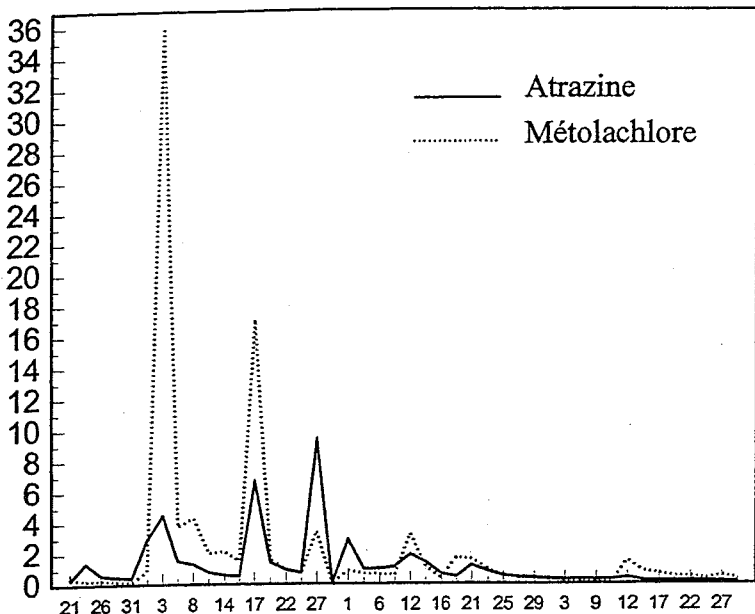
Évolution des concentrations d'atrazine et de métolachlore dans la rivière  
Saint-Zéphirin de 1992 à 1997 ( $\mu\text{g/L}$ )



Évolution des concentrations de certains herbicides dans la rivière  
Saint-Zéphirin de 1992 à 1997(µg/L)



# Évolution des concentrations d'atrazine, de métolachlore et de certains autres herbicides dans la rivière Saint-Zéphirin en 1998 ( $\mu\text{g/L}$ )





**ANNEXE 5**

**Mécanismes de transport de l'atrazine et de ses produits  
de dégradation vers les cours d'eau**

## Annexe 5 Mécanismes de transport de l'atrazine et de ses produits de dégradation vers les cours d'eau

Plusieurs chercheurs ont étudié les mécanismes de transport des pesticides vers les cours d'eau et vers l'eau souterraine. Il y a quelques années, on croyait que les propriétés physicochimiques (solubilité, persistance, potentiel d'adsorption aux particules du sol) des produits étaient prédominantes et déterminaient leur transport vers les cours d'eau ou les eaux souterraines. Sans écarter le fait que ces facteurs puissent jouer un rôle, on croit aujourd'hui que les quantités utilisées, le délai entre l'application des produits, les épisodes de pluie subséquentes ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques des bassins versants sont les facteurs les plus déterminants (Garmouma *et al.*, 1997 ; Kreuger, 1998 ; Kreuger et Törnqvist, 1998).

Le dééthyl-atrazine (DEA) et le désisopropyl-atrazine (DIA) sont les deux produits de dégradation analysés. Le DEA est détecté en moyenne dans 99,7 % des échantillons et le DIA dans (95,6 %). Ils sont donc relativement persistants et mobiles dans l'environnement (Pereira et Hostetler, 1993). Le DIA est un produit de la dégradation de quatre triazines : l'atrazine, la simazine, la cyanazine et la propazine (Thurman et Meyer, 1996). Comme l'atrazine est présente en plus forte concentration que les autres triazines, il est probable que, dans ces cours d'eau, le DIA résulte principalement de la dégradation de l'atrazine. Les mesures faites dans la rivière Saint-Zéphirin du 6 au 13 juillet renforcent cette hypothèse (voir résultats détaillés à l'annexe 2). En effet, au cours de cette période, on trouve des concentrations de DIA entre 1 et 2 µg/L en même temps que des concentrations élevées d'atrazine et de DEA. En revanche, les concentrations de simazine et de cyanazine sont très faibles, soit moins de 0,03 µg/L pour la simazine et moins de 0,08 µg/L pour la cyanazine.

Adams et Thurman (1991) ont décrit le rapport dééthyl-atrazine/atrazine (DAR) comme un indicateur de la pollution diffuse de l'eau souterraine ou du transport de l'atrazine des eaux souterraines vers les cours d'eau (Thurman *et al.*, 1991). Avec cet indice, Pereira et Hostetler (1993) ont démontré que le ruissellement de surface était le principal mécanisme expliquant la présence de l'atrazine dans le Mississipi.

Le DAR a été calculé pour les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin pour toutes les données obtenues de 1992 à 1998. En moyenne, pour

les mois de juin et de juillet, la valeur du DAR est inférieure à 0,3, ce qui signifie que la concentration de DEA durant l'été est très faible par rapport à celle de l'atrazine, suggérant un transport rapide de l'atrazine vers les cours d'eau sans contact prolongé avec le sol, là où il pourrait se transformer en DEA. Conformément à ce qui est rapporté par les autres auteurs, le transport par ruissellement de surface serait effectivement le mécanisme privilégié. Par contre, au début mai, à la fin d'août et pour les autres mois de l'année, lorsque les concentrations d'atrazine sont plus faibles et stables, la valeur du DAR est généralement supérieure à 0,5 et parfois même supérieure à 1, ce qui signifie que la concentration de DEA est supérieure à celle de l'atrazine. Durant cette période, la recharge par les eaux souterraines serait le principal mécanisme d'entrée de ces polluants vers les cours d'eau.

Par ailleurs, on remarque aussi des épisodes, au cours des mois de juin et juillet, où la valeur du DAR est plus élevée sans excéder la valeur de 1. Ces événements surviennent généralement en même temps ou peu après les pics de concentrations d'atrazine et peuvent correspondre à l'apport aux cours d'eau provenant des drains souterrains à la suite d'événements de pluie.

### Valeur moyenne du DAR pour chaque rivière

|                           | MOYENNE      |             |
|---------------------------|--------------|-------------|
|                           | Juin-juillet | Autres mois |
| CHIBOUE                   | 0,283        | 0,478       |
| DES HURONS                | 0,308        | 0,581       |
| SAINTE-RÉGIS <sup>1</sup> | 0,244        | 0,274       |
| SAINTE-ZÉPHIRIN           | 0,332        | 0,616       |

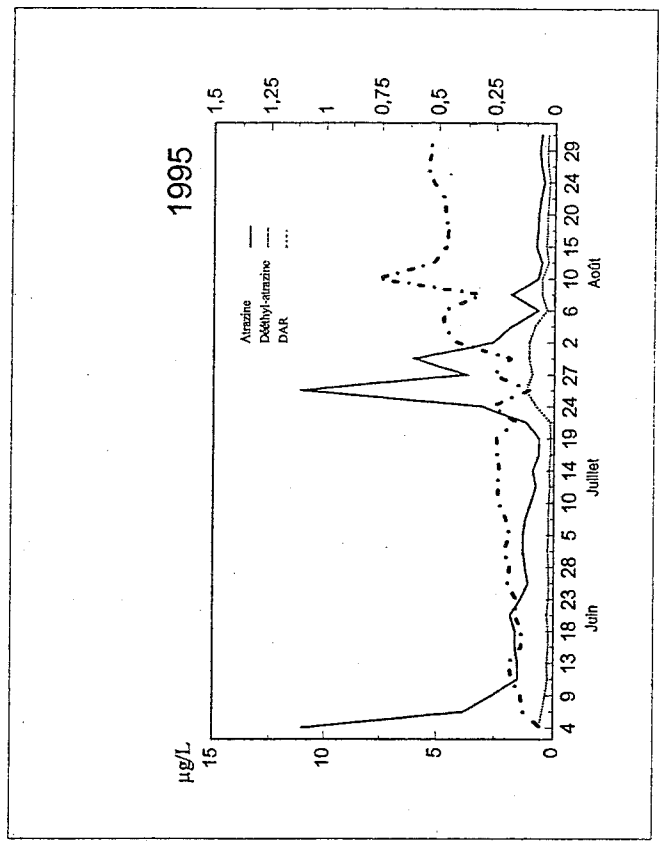
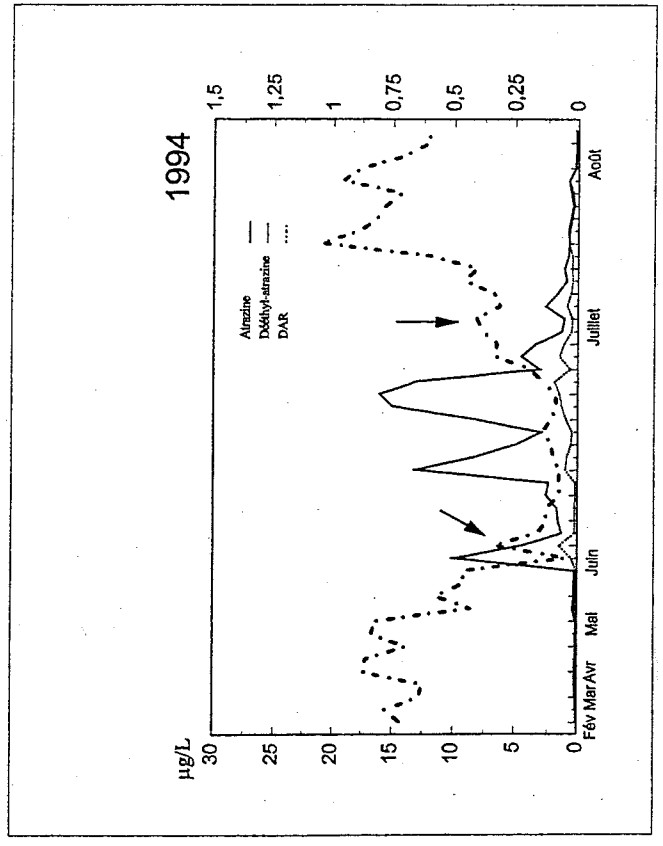
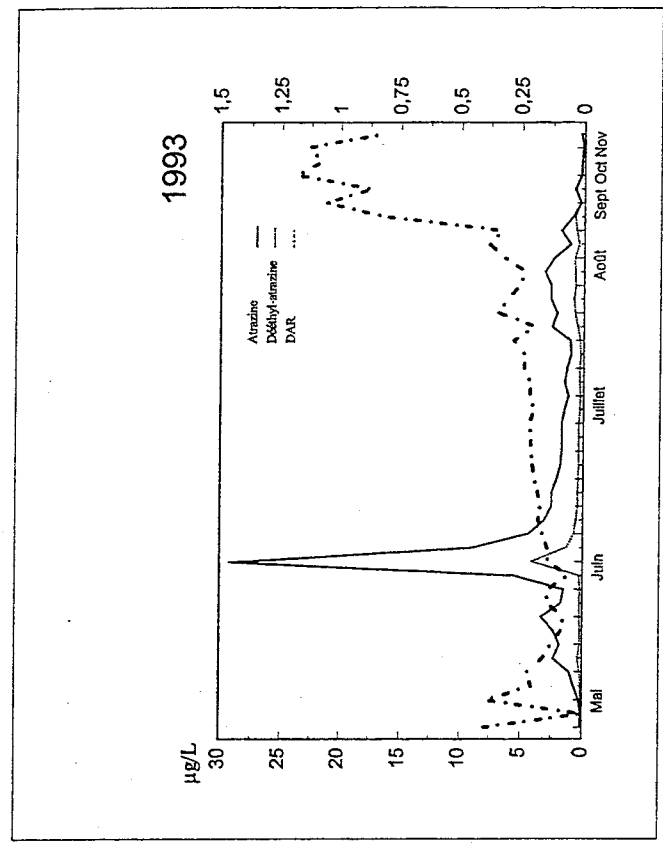
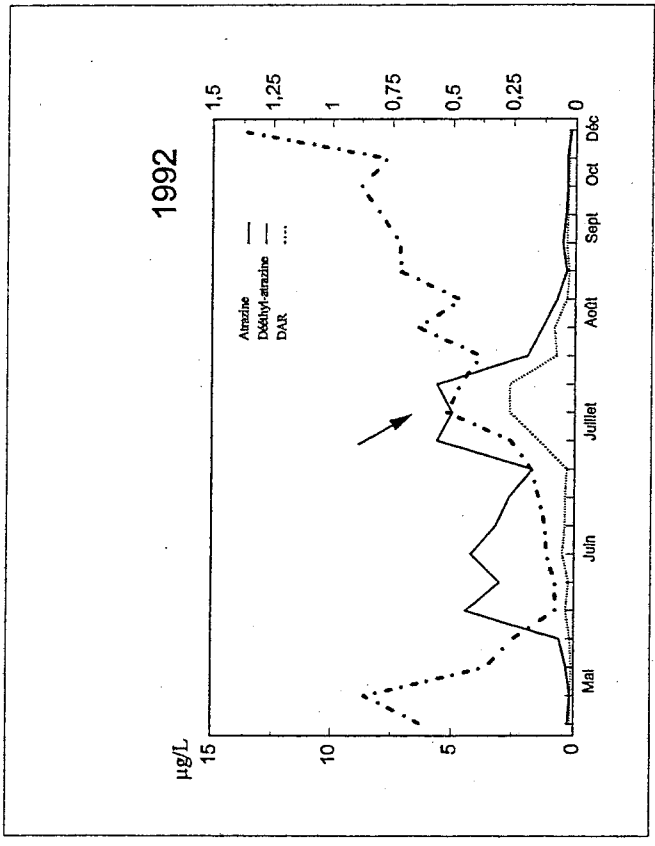
<sup>1</sup> La faible différence peut s'expliquer par le manque de données pour l'année 1992. Pour les autres rivières, nous avons cette année-là plusieurs valeurs pour les mois d'hiver.

Au Québec, une étude sur le transport des polluants agricoles dans le ruisseau Saint-Esprit (Lapp *et al.*, 1998) confirme aussi que le ruissellement de surface est le principal mécanisme de transport de l'atrazine vers les cours d'eau.

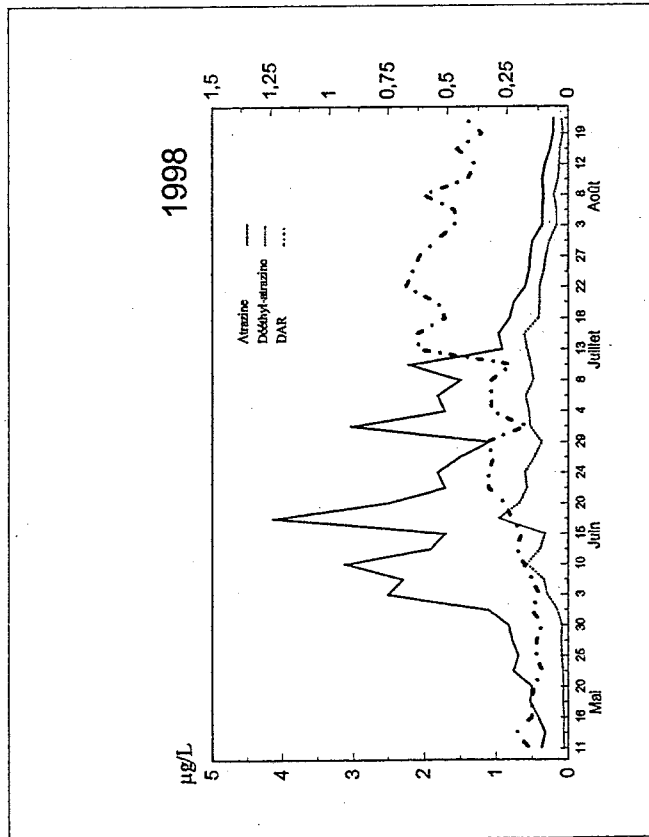
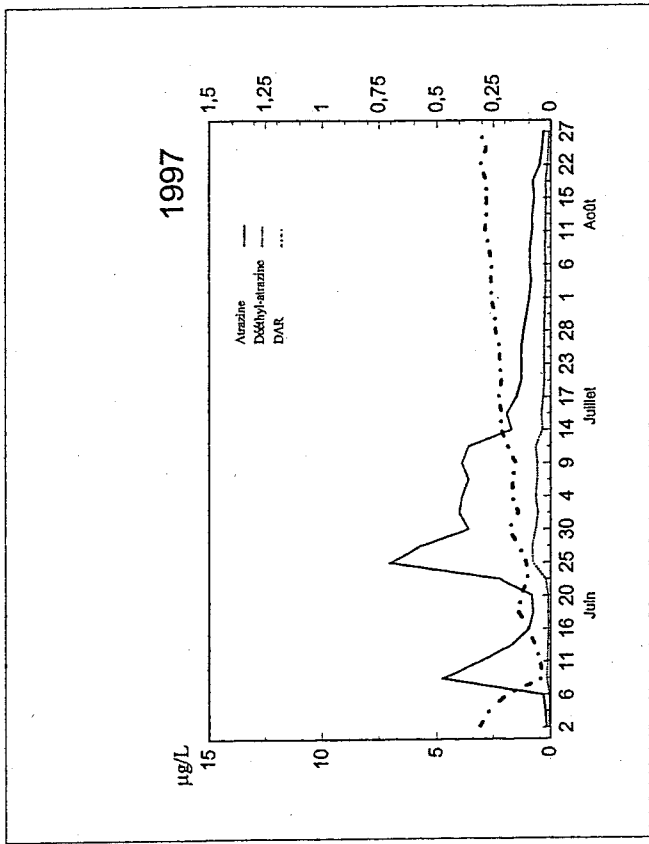
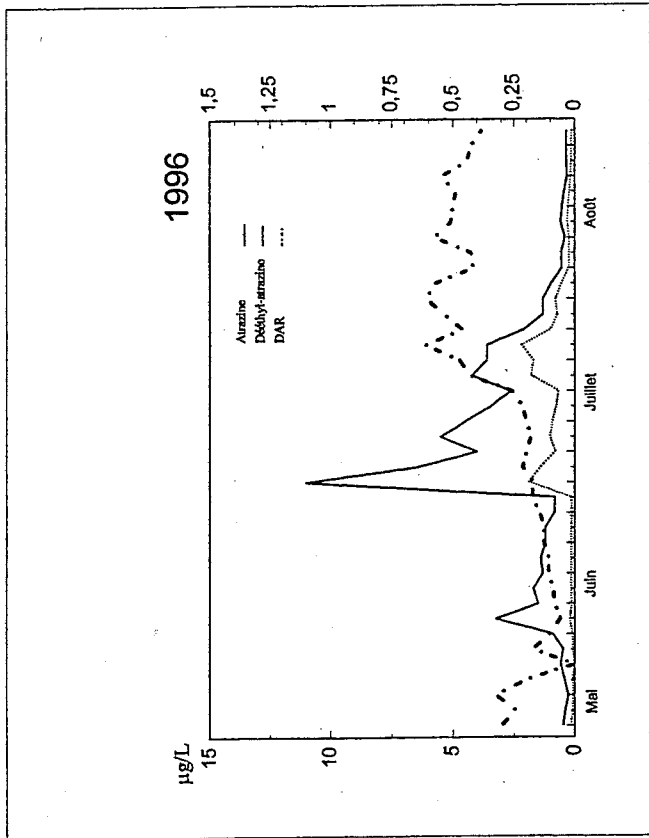




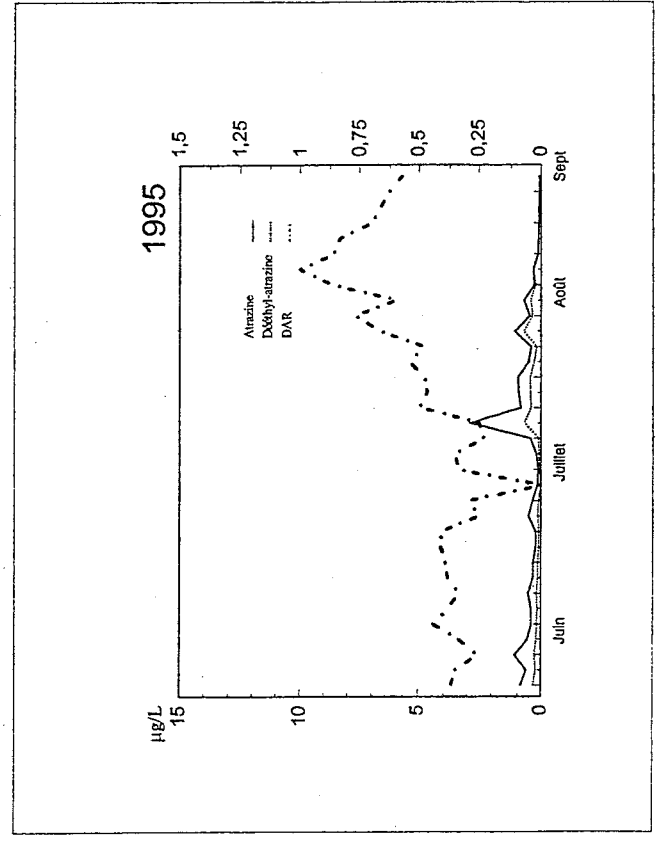
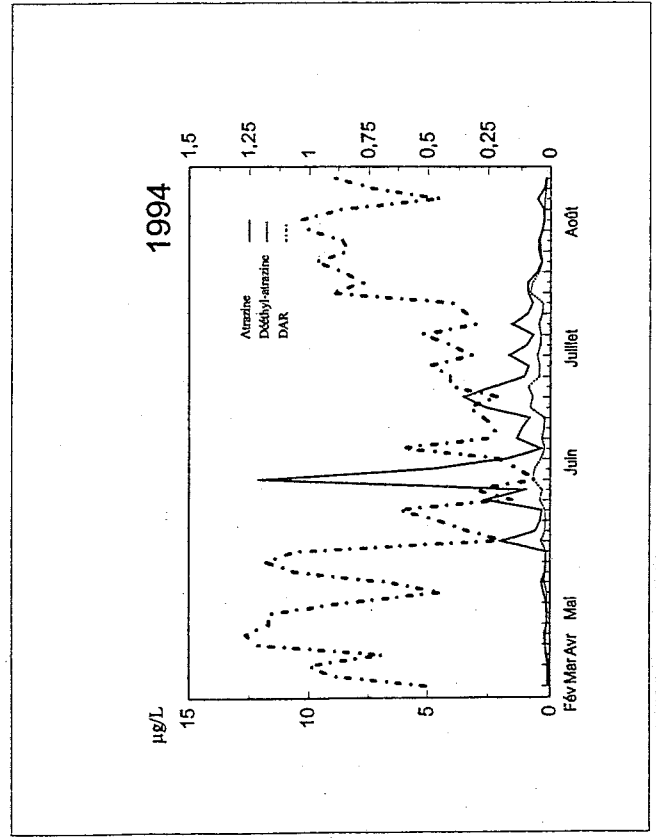
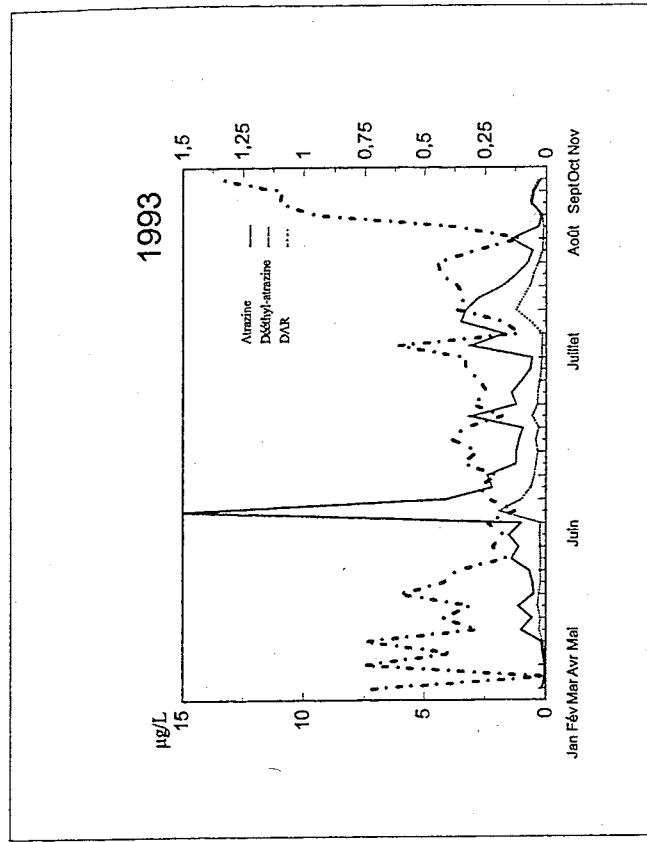
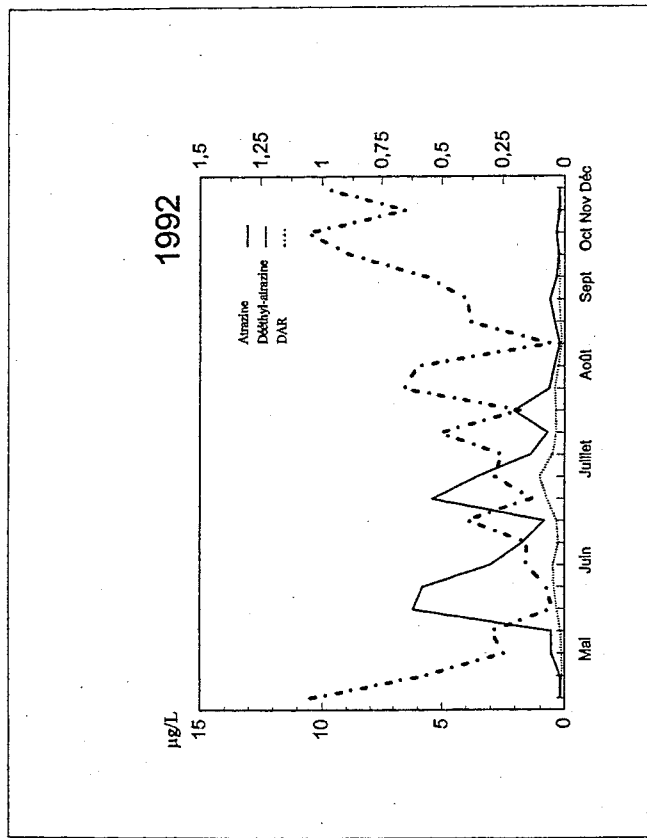
ÉVOLUTION DU RATIO DE/AATRAZINE DANS LA RIVIÈRE CHIBOUJET



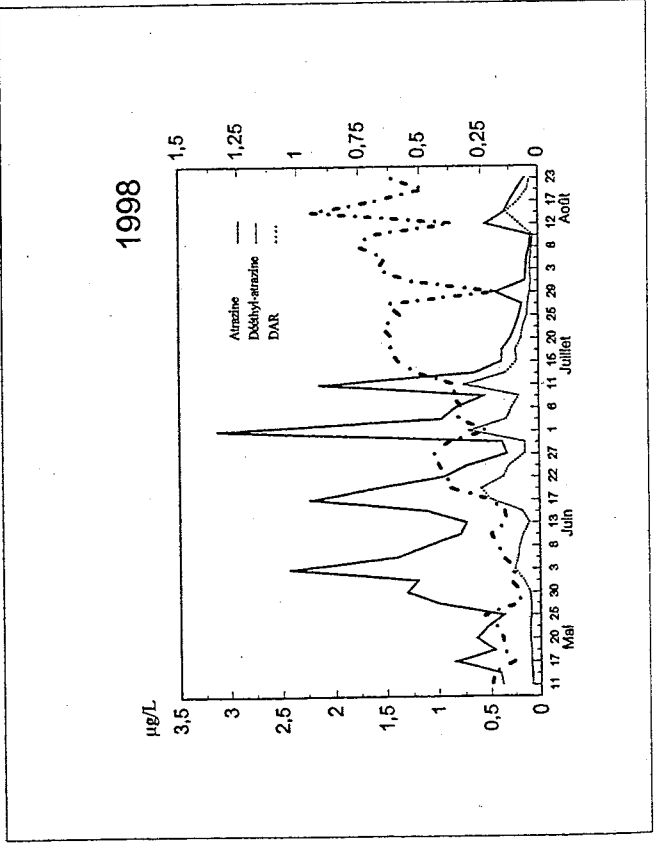
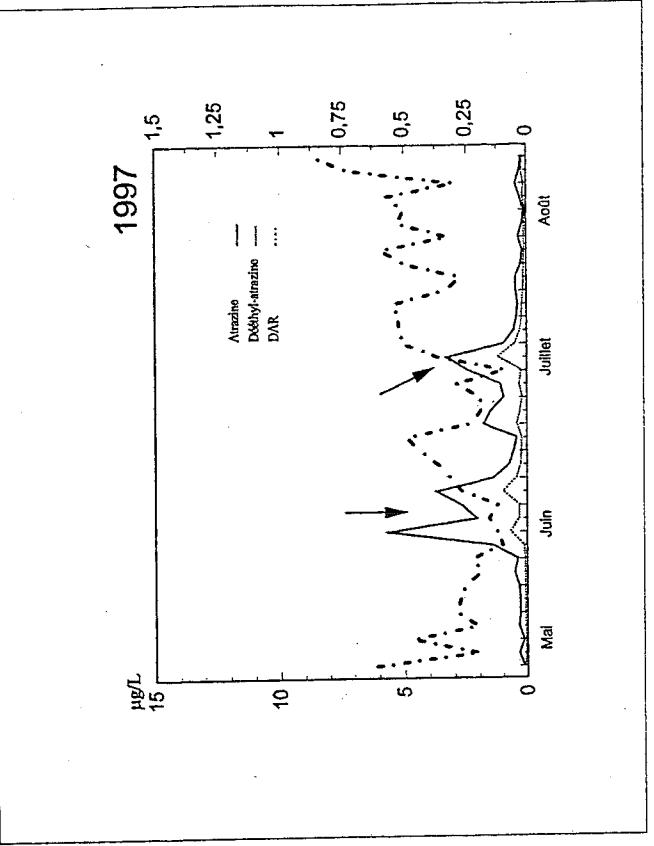
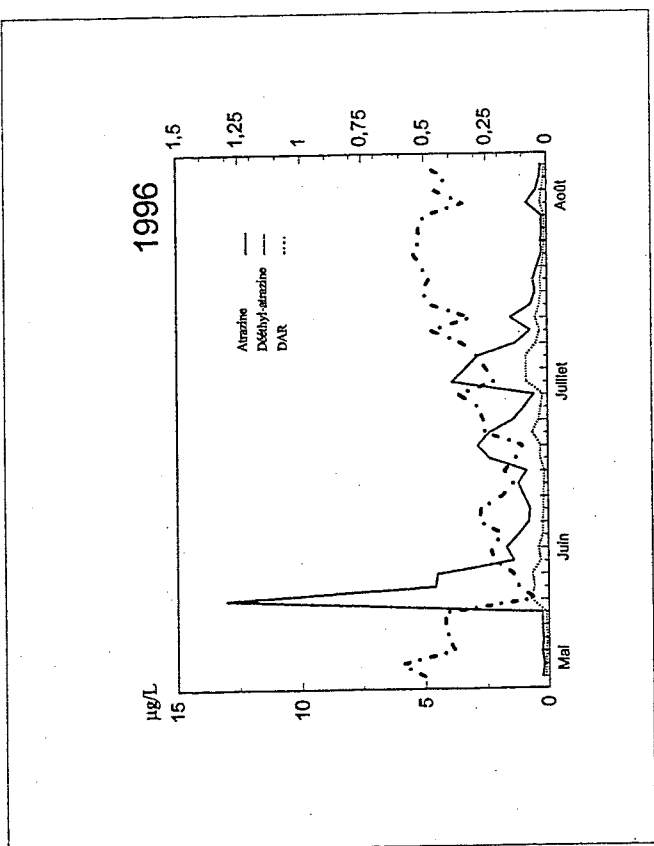
ÉVOLUTION DU RATIO DE/AATRAZINE DANS LA RIVIÈRE CHIBOUET



ÉVOLUTION DU RATIO DE/A/TRAZINE DANS LA RIVIÈRE DES HURONS

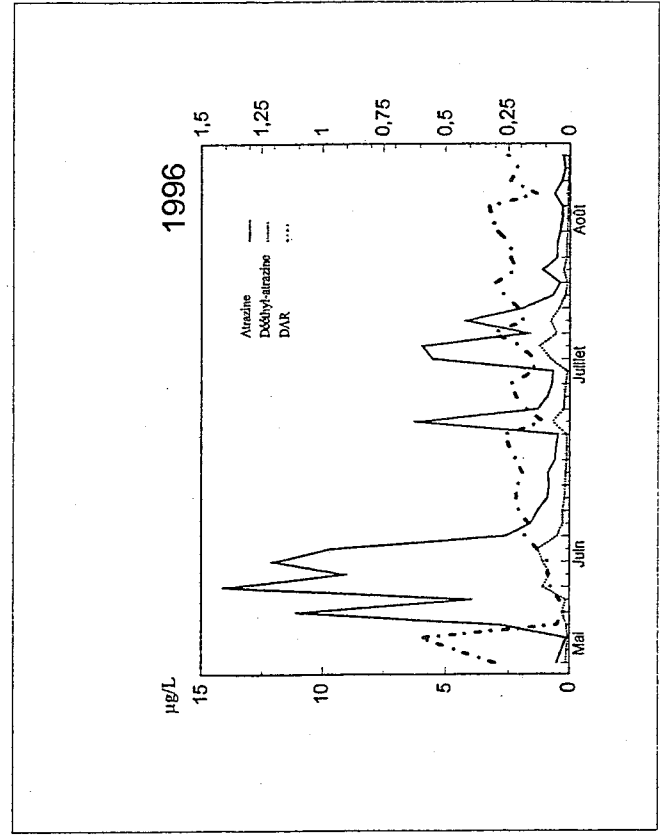
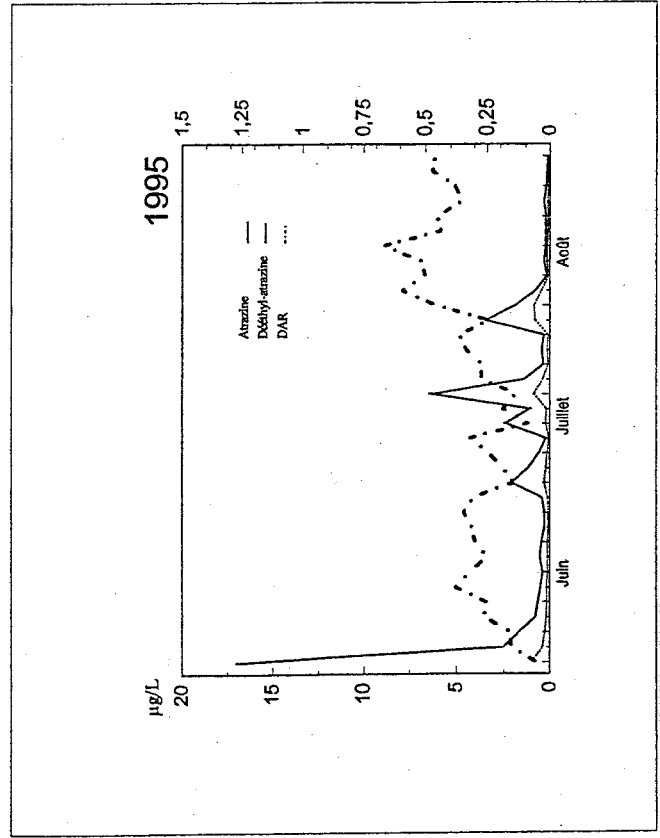
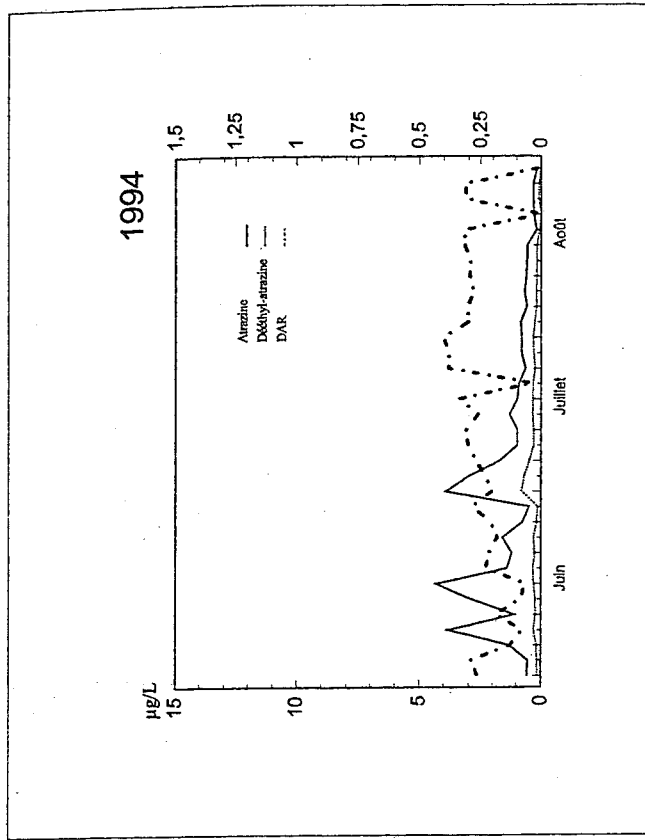
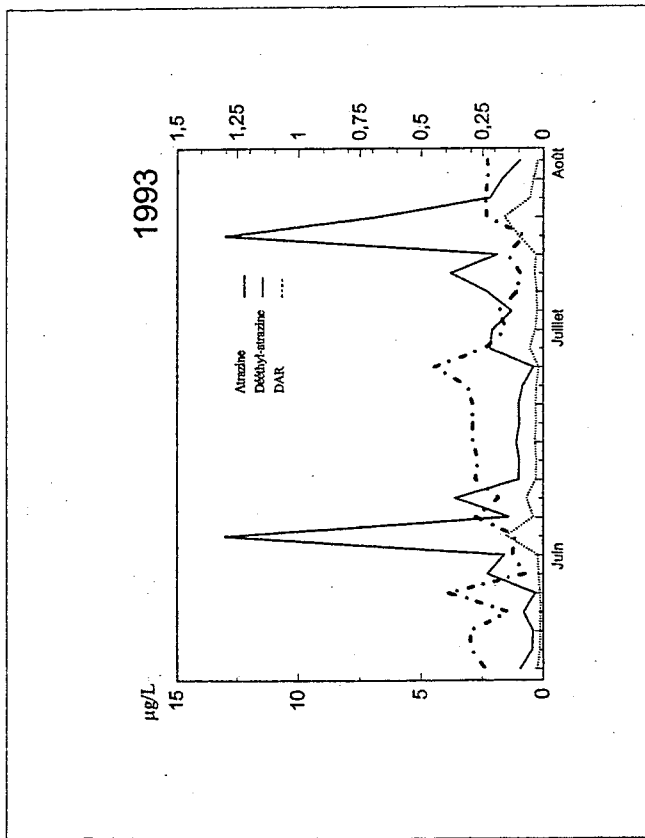


ÉVOLUTION DU RATIO DEA/ATRAZINE DANS LA RIVIÈRE DES HURONS

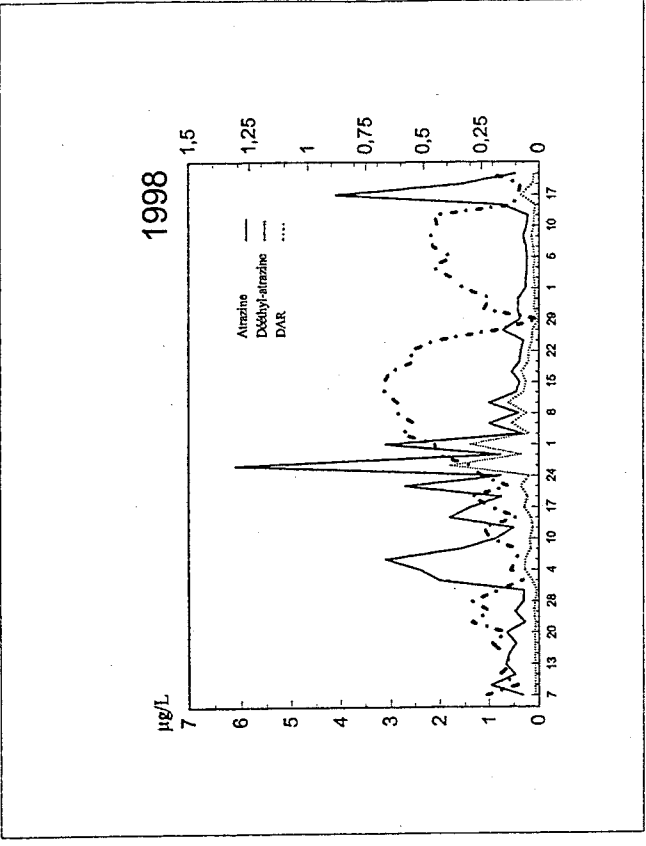
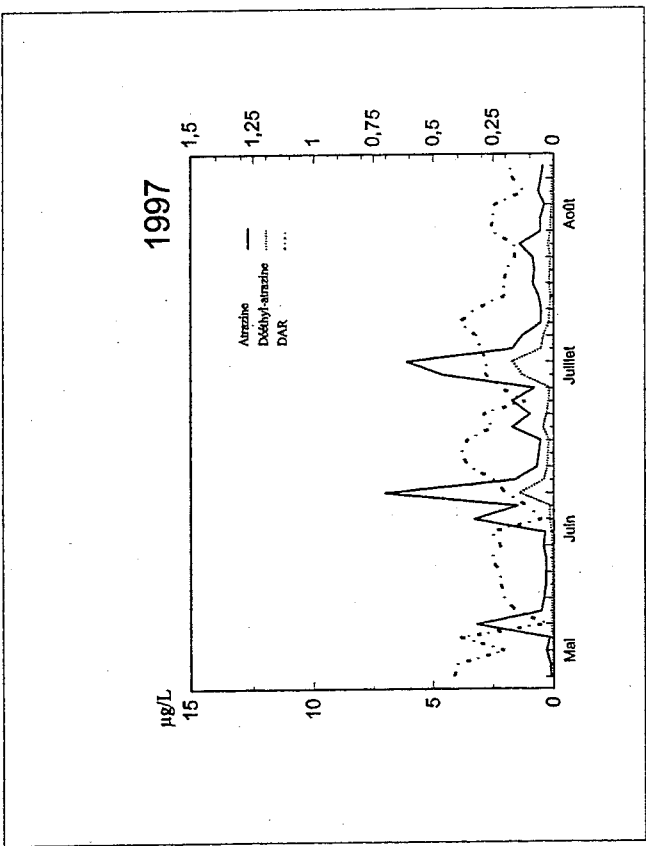




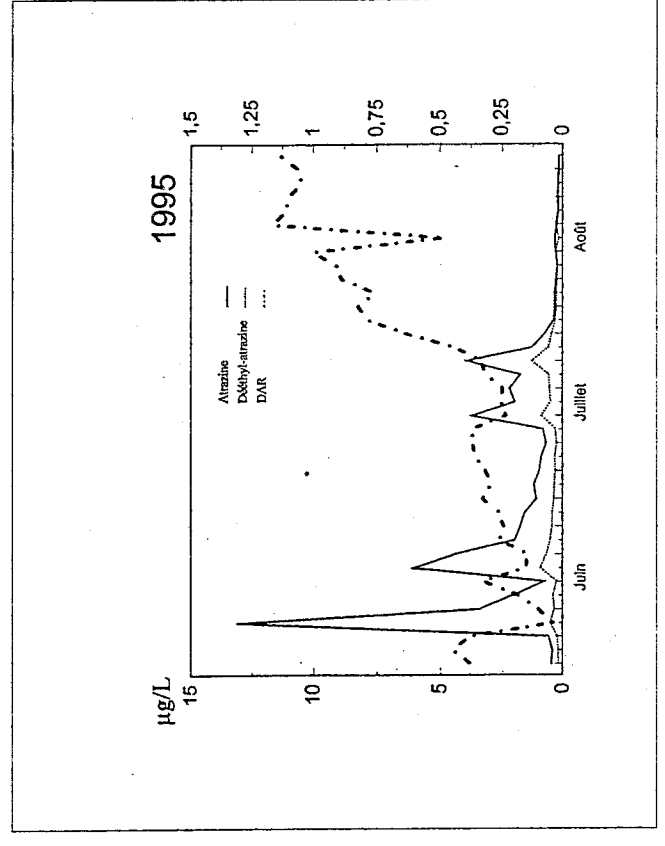
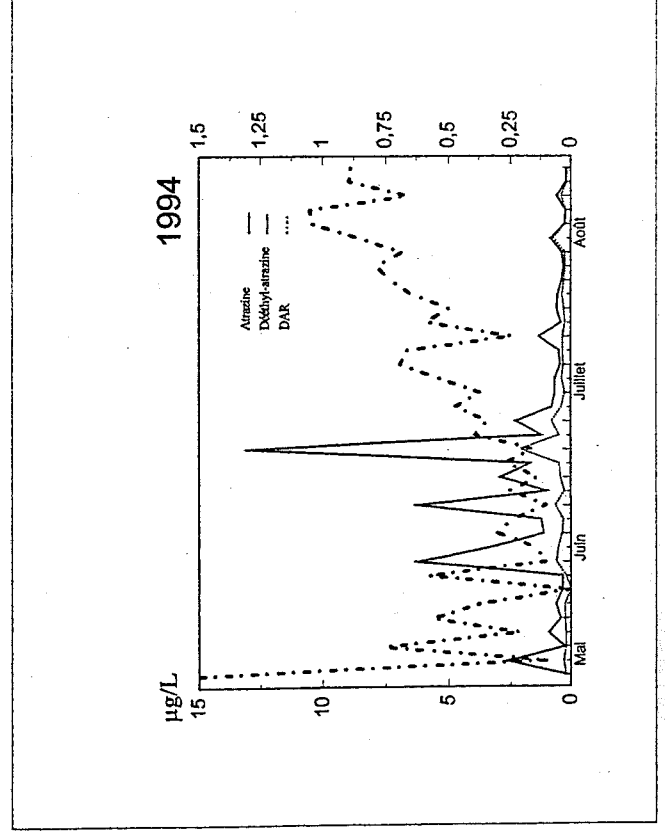
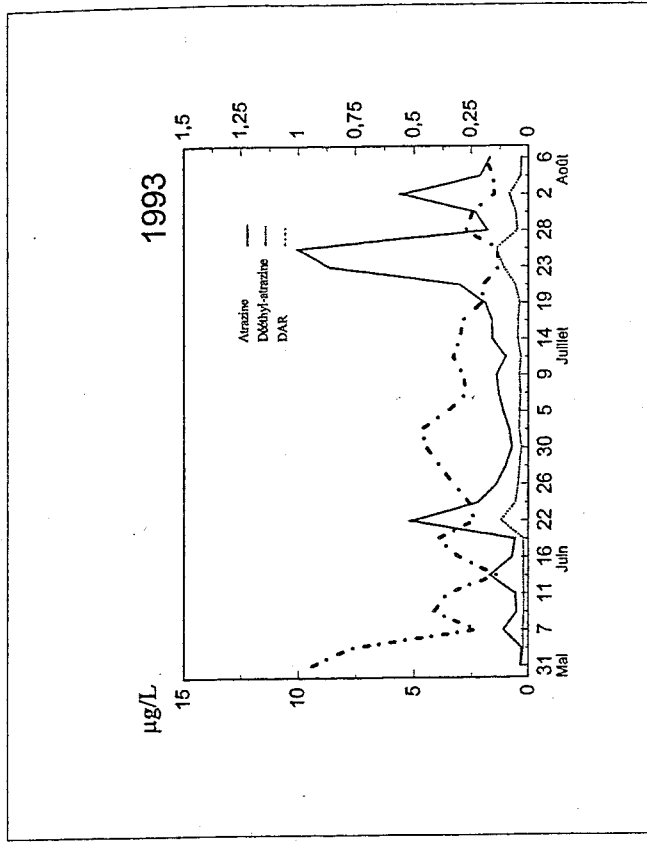
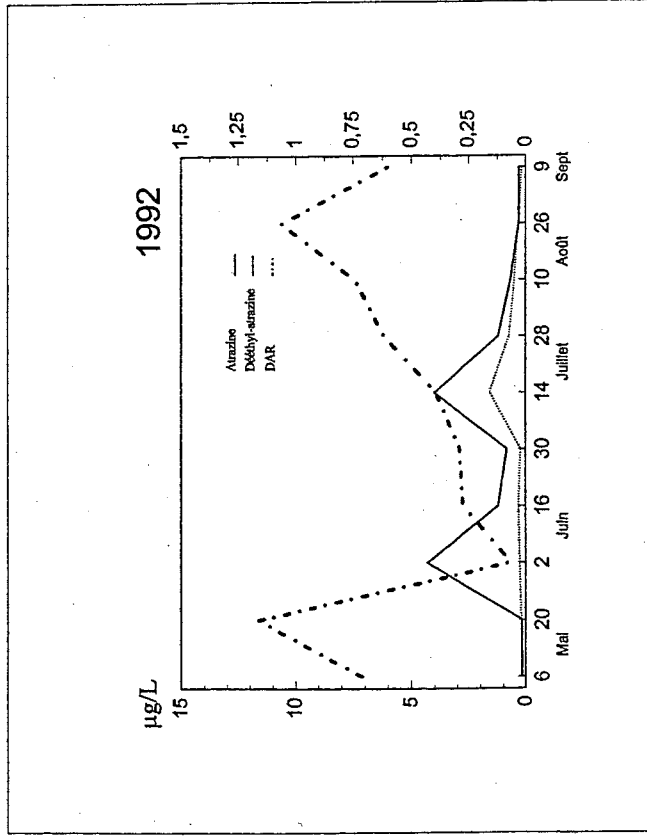
ÉVOLUTION DU RATIO DE/A/TRAZINE DANS LA RIVIÈRE SAINT-RÉGIS



ÉVOLUTION DU RATIO DE/A/TRAZINE DANS LA RIVIÈRE SAINT-RÉGIS



ÉVOLUTION DU RATIO DE/ATRAZINE DANS LA RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN



ÉVOLUTION DU RATIO DE/ATRAZINE DANS LA RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN

