


Présence de pesticides dans l'eau au Québec

Bilan dans quatre cours d'eau
de zones en culture de maïs et de soya en
2008, 2009 et 2010



Mars 2012

Développement durable,
Environnement
et Parcs

Québec 

Photos de la page couverture :

- Photo principale : Rivière Saint-Zéphirin près de l'embouchure (MDDEP).
- Photos en médaillon : Échantillonnage pour l'analyse des pesticides (MDDEP).

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012

ISBN 978-2-550-64159-9 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2012

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Coordination		Isabelle Giroux ¹
Rédaction		Isabelle Giroux ¹ Lyne Pelletier ¹
Révision		David Berryman ¹ Christian Balg ² Gaétan Roy ² Danielle Bernier ³ Stéphane Campeau ⁴
Traitement statistique		François D'Auteuil-Potvin ¹
Supervision technique de l'échantillonnage		Yves Laporte ¹
Échantillonnage (contractuels)		Dany Beaulac Richard Cardin Yves Côté Ginette Robert Francis Roy
Analyses de laboratoire⁵	Supervision	Marie-Claire Grenon Christian Deblois Danielle Thomassin Benoît Sarrasin
	Travail technique	Ginette Gaudreau Ginette Côté Céline Poulin Carole Veillette
	Réception et envois	Nathalie Quiriaux Claude Huot
Cartographie		Mona Frenette ¹ France Gauthier ¹
Coordination à la diffusion		Johanne Bélanger ¹
Révision linguistique		www.italiques.qc.ca
Mise en page		Murielle Gravel ¹

1. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

2. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du secteur agricole et des pesticides.

3. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la phytoprotection.

4. Université du Québec à Trois-Rivières, Centre de recherche sur les interactions bassins versants-écosystèmes aquatiques (RIVE).

5. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), Direction de l'analyse et des études de la qualité du milieu.

Référence bibliographique :

GIROUX, I. et L. PELLETIER, 2012. *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2008, 2009 et 2010*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-64159-9 (PDF), 46 p. et 3 annexes.

AVANT-PROPOS

Le présent rapport est le septième d'une série portant sur l'échantillonnage des rivières dans les zones de culture intensive de maïs et de soya. Les rapports précédents (Giroux, 2010; Giroux, Robert et Dassylva, 2006; Giroux, 2002; Giroux, 1999; Giroux, Duchemin et Roy, 1997; Berryman et Giroux, 1994;) sont listés dans la bibliographie. Dans le rapport actuel, nous avons également ajouté les données disponibles relativement aux campagnes de suivi biologique des organismes benthiques menées dans certaines des rivières à l'étude.

RÉSUMÉ

Au Québec, parmi les différentes cultures où des pesticides sont employés, les cultures de maïs et de soya sont celles qui utilisent la plus grande quantité de pesticides commercialisés. Le suivi environnemental des pesticides effectué par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs depuis le début des années 1990 a donc porté en priorité sur ces cultures. Ainsi, quatre stations de mesure en rivière sont échantillonnées depuis 1992 pour rendre compte de la présence et de l'évolution des concentrations de pesticides dans l'eau dans des zones agricoles où ces deux cultures sont importantes. Au cours des années, le suivi environnemental a progressivement été adapté pour tenir compte des nouveaux pesticides utilisés. Les stations sont situées dans les rivières Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska), des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu), Saint-Régis (bassin versant du Saint-Laurent) et Saint-Zéphirin (bassin versant de la rivière Nicolet). Ce rapport présente les résultats obtenus pour les années d'échantillonnage 2008, 2009 et 2010 et les compare aux données antérieures.

Un grand nombre de pesticides ont été détectés dans l'eau de ces quatre rivières, et ce sont les herbicides qui y ont le plus souvent été décelés. Les herbicides *s*-métolachlore, atrazine, glyphosate, imazéthapyr, bentazone et dicamba se trouvent dans plus de 50 % des échantillons prélevés du mois de mai au mois d'août. Le *s*-métolachlore a été détecté dans 99 % des échantillons, l'atrazine dans 97 %, le glyphosate dans 86 %, l'imazéthapyr dans 79 %, le bentazone dans 75 % et le dicamba dans 61 % des échantillons. Plus de 15 autres herbicides ont été décelés mais à une fréquence moindre. L'atrazine dépasse occasionnellement le critère de qualité de l'eau (critère de vie aquatique chronique – CVAC), dans 5 à 10 % des échantillons, et le *s*-métolachlore, dans moins de 1 % des échantillons.

L'analyse statistique montre une tendance à la baisse des concentrations médianes d'atrazine, de *s*-métolachlore et de dicamba, mais une tendance à la hausse des concentrations pour le glyphosate et l'imazéthapyr. La présence et les concentrations de glyphosate continuent donc d'augmenter, et ce phénomène est lié à l'accroissement des cultures génétiquement modifiées tolérantes au glyphosate. L'augmentation de l'imazéthapyr est quant à elle liée à l'expansion des superficies de soya.

Les insecticides et les fongicides sont généralement détectés dans moins de 10 % des échantillons. Quoique leur présence soit plus occasionnelle, certains insecticides, comme le chlorpyrifos, le carbaryl et le diazinon, dépassent les critères de qualité de l'eau dans 1 à 5 % des échantillons.

Malgré la baisse des concentrations médianes pour quelques produits, des pics de concentrations élevées sont encore observés dans l'eau des rivières à l'étude et l'on y trouve toujours des épisodes de dépassement des critères de qualité de l'eau, quoique la proportion des échantillons qui dépasse les critères soit toutefois moins importante que pendant la période de 2005 à 2007. Au cours des périodes estivales de 2008 à 2010, les critères ont été dépassés de 4 à 24 % du temps dans la rivière Chibouet, de 10 à 19 % du temps dans la rivière des Hurons, de 15 à 18 % dans la rivière Saint-Régis et de 5 à 20 % du temps dans la rivière Saint-Zéphirin, selon les années.

Au cours des dernières années, les communautés d'organismes benthiques qui vivent dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin ont été examinées. Les résultats ont révélé un mauvais état de santé de ces communautés. Cela se traduit par une dominance des espèces tolérantes à la pollution, telles que les

diptères Chironomidae et les trichoptères Hydropsychidae, alors que d'autres espèces plus sensibles à la pollution, telles que les plécoptères et les éphéméroptères, sont absentes ou en nombre limité. Le nombre total de taxons, qui reflète la diversité biologique du milieu, y est faible. La diversité biologique, qui caractérise les milieux sains, est absente de ces rivières. Avec d'autres facteurs de dégradation du milieu aquatique (mauvaise qualité de l'eau, bande riveraine dégradée ou absente, etc.), la présence de pesticides peut contribuer à cette situation.

La documentation scientifique récente nous informe aussi que certains herbicides d'usage courant peuvent produire des effets néfastes sur des espèces aquatiques même à de très faibles concentrations.

Compte tenu de ces divers constats, on ne peut donc pas parler de véritables gains environnementaux au regard de la contamination des cours d'eau par les pesticides. Ceci nous incite donc à maintenir les efforts en vue d'une réduction de l'utilisation et une réduction des risques liés aux usages des pesticides. Dans le contexte de sa Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021, le gouvernement prévoit d'ailleurs plusieurs actions en ce sens. Pour le Ministère, il est aussi prévu de poursuivre le suivi environnemental des rivières afin de vérifier l'amélioration de la qualité de l'eau.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE AGRICOLE QUÉBÉCOIS	2
<i>Superficies en culture de maïs et de soya</i>	2
<i>Pesticides utilisés dans les cultures de maïs et de soya</i>	3
2 MÉTHODOLOGIE	8
<i>Aire d'étude</i>	8
<i>Échantillonnage</i>	9
<i>Analyses au laboratoire</i>	10
<i>Interprétation des résultats</i>	11
3 RÉSULTATS GÉNÉRAUX	12
<i>Comparaison des concentrations aux critères de protection de la vie aquatique</i>	15
<i>Comparaison des concentrations aux critères de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures</i>	16
<i>Comparaison avec d'autres provinces ou pays producteurs de maïs et de soya</i>	16
4 TENDANCES DE 1992 À 2010	18
<i>Tendances dans la fréquence de détection</i>	18
<i>Tendances des dépassements des critères de qualité de l'eau</i>	18
<i>Tendances des concentrations des produits le plus souvent détectés</i>	20
5 RÉSULTATS PAR RIVIÈRE	24
<i>Rivière Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska)</i>	24
<i>Rivière des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu)</i>	27
<i>Rivière Saint-Régis (affluent du Saint-Laurent)</i>	30
<i>Rivière Saint-Zéphirin (bassin versant de la rivière Nicolet)</i>	34
6 ÉTAT DES COMMUNAUTÉS DE MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES	37
<i>Rivière Chibouet</i>	38
<i>Rivière Saint-Zéphirin</i>	38
7 DERNIERS DÉVELOPPEMENTS DE LA RECHERCHE SUR LES EFFETS DES PESTICIDES SUR LE MILIEU AQUATIQUE	39
CONCLUSION	41
BIBLIOGRAPHIE	43

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Méthodologie	47
Annexe 2	Statistiques descriptives, traitement des données et analyse des tendances temporelles	51
Annexe 3	Données brutes sur les quatre rivières à l'étude	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Pesticides recommandés pour le maïs-grain et le maïs-fourrage	5
Tableau 2	Pesticides recommandés pour le soya	6
Tableau 3	Pesticides analysés dans les rivières et critères de qualité de l'eau ($\mu\text{g/l}$).....	10
Tableau 4	Fréquence moyenne de détection des pesticides dans les quatre rivières (%)	13
Tableau 5	Proportion d'échantillons par catégorie de concentrations totales mesurées	14
Tableau 6	Concentrations maximales des pesticides mesurés dans les quatre rivières ($\mu\text{g/l}$).....	14
Tableau 7	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau CVAC et CVAA par produit pour l'ensemble des quatre rivières (%)	15
Tableau 8	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par rivière pour l'ensemble des pesticides (% des échantillons qui présentent au moins un dépassement de critère)	15
Tableau 9	Fréquence de dépassement des critères pour l'eau d'irrigation.....	16
Tableau 10	Pesticides le plus souvent détectés en 2005 dans les rivières du sud de l'Ontario	17
Tableau 11	Synthèse des fréquences de détection et des concentrations maximales pour le suivi du glyphosate et de l'AMPA dans des rivières américaines	18
Tableau 12	Herbicides présentant une tendance significative des concentrations médianes	21
Tableau 13	Pesticides détectés dans la rivière Chibouet, de 2008 à 2010.....	25
Tableau 14	Pesticides détectés dans la rivière des Hurons, de 2008 à 2010.....	28
Tableau 15	Pesticides détectés dans la rivière Saint-Régis, de 2008 à 2010	32
Tableau 16	Pesticides détectés dans la rivière Saint-Zéphirin, de 2008 à 2010.....	35

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Évolution des superficies de maïs et de soya au Québec depuis 1991	2
Figure 2	Évolution des superficies traitées pour quelques herbicides au Québec	7
Figure 3	Bassins versants des quatre rivières à l'étude	8
Figure 4	Tendances temporelles de la fréquence de détection de quelques herbicides.....	19
Figure 5	Évolution des tendances des dépassements de critères de qualité de l'eau	20

Figure 6	Régression linéaire des concentrations médianes de quelques herbicides dans les rivières à l'étude (atrazine, <i>s</i> -métolachlore et dicamba)	22
Figure 7	Régression linéaire des concentrations médianes de quelques herbicides dans les rivières à l'étude (bentazone, glyphosate et imazéthapyr)	23
Figure 8	Cultures dans le bassin versant de la rivière Chibouet	24
Figure 9	Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Chibouet; précipitations enregistrées à la station météorologique de Saint-Simon	26
Figure 10	Cultures dans le bassin versant de la rivière des Hurons	27
Figure 11	Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière des Hurons; précipitations enregistrées à la station météorologique de Marieville	29
Figure 12	Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Régis	30
Figure 13	Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Saint-Régis; précipitations enregistrées à la station météorologique de Laprairie	33
Figure 14	Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Zéphirin	34
Figure 15	Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Saint-Zéphirin; précipitations enregistrées à la station météorologique Zéphirin.....	36

INTRODUCTION

Chaque année, des pesticides sont employés sur les terres agricoles du Québec. Selon le dernier bilan des ventes de pesticides du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (Gorse et Rivard, 2011), plus de quatre millions de kilogrammes d'ingrédients actifs de pesticides ont été vendus au Québec en 2008. Préoccupé par le devenir environnemental de ces produits et leur incidence potentielle sur le milieu aquatique, le Ministère échantillonne des cours d'eau chaque été afin de vérifier la présence et les concentrations de pesticides. Depuis le début du programme d'échantillonnage en 1992, une quarantaine de rivières dans différentes régions du Québec ont été échantillonnées. La présence de pesticides a été étudiée à proximité de cultures de maïs et de soya, de vergers, de bleuetières, de cultures maraîchères, de pommes de terre et de cultures céréalières.

Plusieurs raisons expliquent pourquoi l'on s'intéresse particulièrement aux cultures de maïs et de soya. D'abord, parce que les quatre herbicides les plus vendus au Québec sont utilisés dans ces cultures et constituent à eux seuls 46 % de tous les pesticides commercialisés au Québec (Gorse et Rivard, 2011). Outre ces quatre produits, plusieurs autres pesticides sont aussi appliqués sur les cultures de maïs et de soya. De plus, ces deux cultures sont des cultures annuelles dites à larges interlignes, laissant un large entrerang qui peut être sujet à l'érosion durant une grande partie de la saison de croissance des plants, notamment en début de saison au moment de l'application des herbicides.

Quatre rivières en zone agricole à dominance de maïs et de soya ont donc fait l'objet d'un suivi chaque été depuis 1992. Les objectifs de la présente étude sont de :

- Suivre l'évolution de la présence des pesticides dans les rivières des zones à dominance de maïs et de soya;
- Estimer, à l'aide de critères de qualité de l'eau visant la protection des espèces aquatiques, les risques pour les espèces aquatiques ou pour divers usages de l'eau;
- Rendre compte, à l'aide de suivis biologiques, de l'état de santé des communautés aquatiques des cours d'eau étudiés;
- Vérifier les changements et les tendances à long terme dans les concentrations de pesticides en rivière.

Ce suivi environnemental est aussi l'une des actions retenues dans la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021 lancée en avril 2011. Le Ministère en est l'un des partenaires avec le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, le ministère de la Santé et des Services sociaux, l'Institut national de santé publique du Québec et l'Union des producteurs agricoles (UPA). La stratégie a pour cible la réduction de 25 %, d'ici 2020, des risques associés à l'utilisation des pesticides en agriculture. Pour le volet environnemental de cette stratégie (orientation 4), le Ministère s'engage à maintenir les programmes de suivi des pesticides en rivière dans les secteurs en grandes cultures (maïs et soya). Ce suivi représente l'un des indicateurs de l'atteinte de la cible de réduction de 25 % des risques associés aux pesticides.



Photos : Yves Laporte, MDDEP, 2010

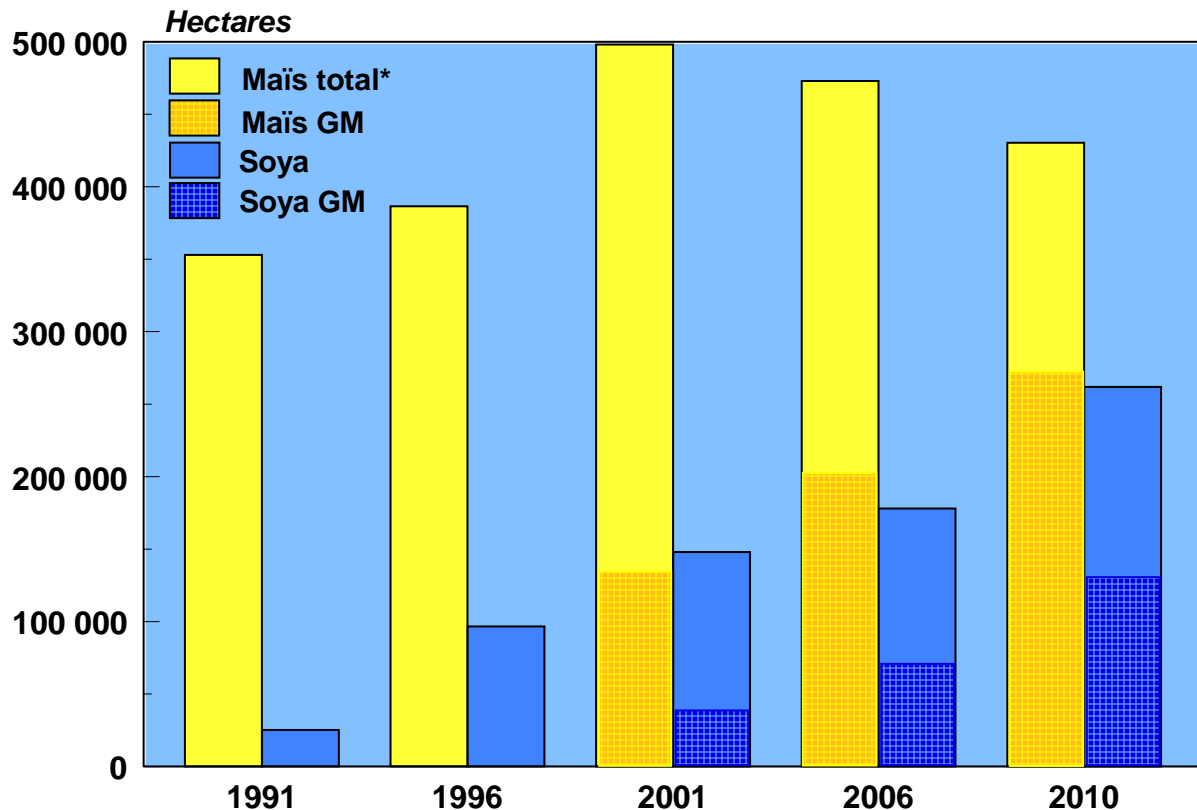
1 CONTEXTE AGRICOLE QUÉBÉCOIS

Superficies en culture de maïs et de soya

Les superficies en culture de maïs ont beaucoup augmenté jusqu'au début des années 2000 pour ensuite diminuer légèrement de 2001 à 2010 (figure 1). Alors que les superficies totales de maïs (maïs-grain, maïs-fourrage et maïs sucré) étaient de 498 923 hectares en 2001 (Statistique Canada), elles étaient de l'ordre de 430 000 hectares en 2010 selon l'Institut de la statistique du Québec (2011), ce qui représente une diminution d'environ 14 %¹. Les superficies en culture de soya, quant à elles, ont connu une progression régulière, et elles atteignaient en 2010 une superficie totale de 262 000 hectares.

On assiste également à une augmentation constante des superficies en cultures génétiquement modifiées. Selon les données de l'Institut de la statistique du Québec, plus de la moitié, soit 62,5 % des superficies de maïs et 49 % des superficies de soya, sont des cultures génétiquement modifiées.

Les semences génétiquement modifiées sont de deux types. D'abord, il y a les cultivars de maïs ou de soya tolérants à un herbicide (le plus souvent le glyphosate, mais parfois le glufosinate). Cette tolérance a été rendue possible grâce à l'introduction d'un gène spécifique dans la plante. Ces plants génétiquement modifiés permettent aux producteurs agricoles d'appliquer le glyphosate (ou le glufosinate) pour contrôler



*Somme pour le maïs-grain, le maïs-fourrage et le maïs sucré.
Sources : Statistique Canada (2006) et Institut de la statistique du Québec (2011).

Figure 1 Évolution des superficies de maïs et de soya au Québec depuis 1991

¹ Afin d'utiliser la même source d'information comme base de comparaison, cette baisse sera à valider avec les données de 2011 de Statistique Canada, lorsqu'elles seront disponibles.

un ensemble de mauvaises herbes sans endommager le plant de maïs ou de soya. Comme ces variétés tolèrent l'herbicide, les applications peuvent être faites avant même le semis de la culture jusqu'à un stade de plusieurs feuilles après la levée de celle-ci, offrant aux producteurs une plus grande flexibilité quant à la période et au nombre d'applications de l'herbicide. Toutefois, son utilisation massive et répétée, année après année, peut entraîner une perte progressive de l'efficacité de l'herbicide par le développement possible de la résistance des mauvaises herbes au produit. D'ailleurs, au cours de l'été 2011, deux espèces de mauvaises herbes, la grande herbe à poux et la vergerette du Canada, ont été répertoriées en Ontario comme résistantes au glyphosate. Les chercheurs et les spécialistes en phytoprotection croient que cette résistance pourrait se manifester ici au Québec à brève échéance si les producteurs agricoles ne modifient pas leur façon d'utiliser le glyphosate (Allard, 2011).

Le second type de modification génétique est la résistance aux insectes. Le maïs Bt est une variété de maïs dans laquelle on a introduit un gène provenant de la bactérie *Bacillus thuringiensis*, déjà employée depuis de nombreuses années comme insecticide biologique. Ce gène permet la production, dans chaque partie de la plante, d'une protéine insecticide (Cry1Ab), une toxine efficace pour limiter les dommages causés par certains ravageurs, notamment les lépidoptères (ex. : pyrale du maïs). À l'utilisation d'insecticides relativement toxiques, mais employés seulement au besoin, on a substitué le maïs Bt, qui vise plus particulièrement les lépidoptères, mais qui implique la production d'une toxine présente en tout temps, dans toutes les parties de la plante, et même dans les résidus après la mort du plant, et cela, sur des étendues de plus en plus vastes.

Les développements en biotechnologie s'orientent vers la mise au point de plants combinant plusieurs types de modifications génétiques, notamment la tolérance à plus d'un herbicide (ex. : 2,4-D, dicamba) et l'introduction d'un gène produisant une toxine (protéine Vip3A) à plus large spectre, efficace contre une gamme plus étendue d'insectes (ACIA, 2010).

Production de biocarburant

Dans un contexte où l'on cherche à réduire la dépendance aux carburants fossiles, les carburants renouvelables, moins polluants en matière de production de gaz à effet de serre, sont d'abord apparus comme une solution de rechange intéressante. Cependant, lorsqu'il est produit à partir du maïs, comme c'est souvent le cas présentement en Amérique du Nord, l'éthanol semble un choix peu compatible avec l'approche de développement durable, notamment si l'on tient compte de toutes les répercussions environnementales de la production intensive du maïs (Fortier, 2009).

Pour ces raisons, le gouvernement du Québec, par sa stratégie énergétique dévoilée en 2006, entendait plutôt encourager la production d'éthanol cellulosique. La recherche en ce sens s'est d'ailleurs intensifiée au cours des dernières années. L'éthanol cellulosique produit à partir de déchets agricoles et ligneux ainsi qu'à partir d'arbres à croissance rapide offre une nouvelle voie pour cette production. D'ailleurs, elle a pu contribuer à limiter l'expansion des superficies de maïs et expliquer en partie la légère baisse des superficies en 2010.

Pesticides utilisés dans les cultures de maïs et de soya

Les principaux pesticides homologués au Canada pour les cultures de maïs et de soya et recommandés au Québec sont présentés aux tableaux 1 et 2. Ces listes ne sont pas exhaustives et tous les mélanges et noms commerciaux n'y sont pas mentionnés.

La figure 2 montre l'évolution des superficies traitées avec quelques herbicides en 2008. Les pesticides les plus utilisés dans les cultures de maïs et de soya sont des **herbicides**. Le glyphosate est l'herbicide le plus utilisé au Québec. Avec l'expansion des cultures de maïs et de soya génétiquement modifiées, ce produit a connu une augmentation phénoménale au cours des dernières années. Avec l'échéance du monopole de fabrication jusque-là détenu par la compagnie Monsanto avec son produit Roundup, plusieurs compagnies ont mis en marché de nouvelles appellations commerciales contenant du glyphosate (Touchdown, Glyphos, Credit et autres). Au Québec, sur la base des quantités utilisées, les superficies traitées au glyphosate sont estimées à plus de 1 600 000 hectares. Puisque les superficies totales de maïs et de soya sont de 700 000 hectares,

on estime que le produit a pu être utilisé plus d'une fois sur les champs en culture ou encore à une dose plus élevée que la dose moyenne utilisée pour le calcul.

Les herbicides atrazine et β -métochlorure figurent encore parmi les produits les plus utilisés. Sur la base des quantités de produits commercialisés au Québec en 2008 et des doses moyennes appliquées dans le maïs ou le soya, les superficies traitées avec ces produits sont de l'ordre de 180 000 hectares pour l'atrazine et de 110 000 hectares pour le β -métochlorure. Le mésotrione, un herbicide relativement nouveau, a aussi connu une progression constante depuis 2004 et aurait été appliqué sur des superficies d'environ 94 000 hectares en 2008. D'autres herbicides, comme l'imazéthapyr et le nicosulfuron, sont appliqués sur des superficies de 75 000 hectares et de 44 000 hectares respectivement. Le dicamba et le bentazone sont employés respectivement sur 53 000 hectares et 35 000 hectares (figure 2).

Les herbicides sont utilisés en début de saison de production, au mois de mai ou de juin, afin d'éliminer les mauvaises herbes dans les champs de maïs ou de soya. Certains produits sont appliqués avant la levée de la culture ou des mauvaises herbes, d'autres le sont seulement après la levée des mauvaises herbes. Malgré l'utilisation massive du glyphosate, un herbicide à large spectre conçu pour contrôler une grande variété de mauvaises herbes, l'usage d'autres herbicides demeure bien présent et ces produits sont souvent utilisés en combinaison avec le glyphosate. D'ailleurs, afin de limiter le développement de la résistance des mauvaises herbes au glyphosate, les fabricants conçoivent des formulations ou des mélanges commerciaux contenant un ou plusieurs autres herbicides avec un mode d'action différent. C'est le cas par exemple du Halex (glyphosate + β -métochlorure + mésotrione). On trouve sur le marché de plus en plus de formulations commerciales contenant au moins deux matières actives différentes (Bernier, 2011 : communication personnelle).

Au cours des dernières années, l'utilisation de fongicides pour améliorer les rendements a aussi été préconisée par les compagnies agrochimiques pour les productions de maïs, de soya et de céréales. Les principaux produits recommandés seraient le propiconazole, l'azoxystrobine et la trifloxystrobine (CRAAQ et MAPAQ, 2011). Leur usage est possiblement en croissance dans la production de céréales, notamment pour contrôler la fusariose (Rioux, 2010), une maladie importante à l'origine de la présence de mycotoxines dans les grains. Mais les fongicides se sont révélés moins rentables dans la production de maïs ou de soya (Parent, 2011 : communication personnelle). Les bilans des ventes de pesticides au cours des prochaines années permettront de vérifier l'évolution des ventes de ces trois produits.

Depuis 2011, la presque totalité des semences de maïs et de 30 % à 50 % des semences de soya sont traitées avec des insecticides néonicotinoïdes (Parent, 2011 : communication personnelle) tels que le clothianidine (Poncho) ou le thiaméthoxame (Cruiser), ou avec des mélanges d'insecticides et de fongicides comme le métalaxyl (Apron). Les semences sont traitées en usine, hors Québec, de sorte que les quantités de ces pesticides qui sont épandues en sol québécois par les semences traitées sont difficiles à estimer. Pour le moment, ces quantités ne sont donc pas comptabilisées dans le bilan québécois des ventes de pesticides (Gorse, 2011 : communication personnelle).

Tableau 1 Pesticides recommandés pour le maïs-grain et le maïs-fourrage

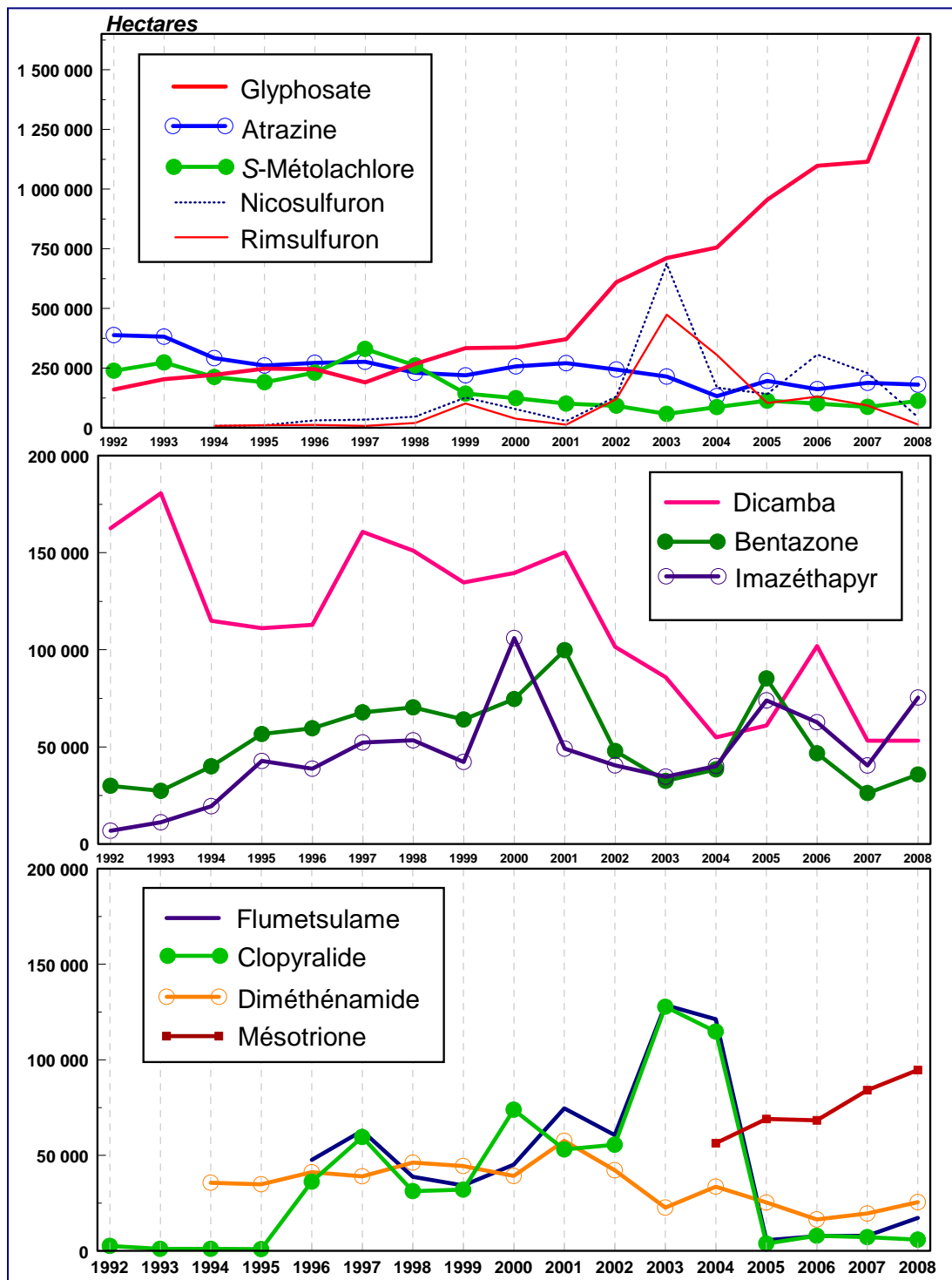
HERBICIDES	Ingrédient actif	Nom commercial	
HERBICIDES	Atrazine	Atrazine 480, Aatrex	
	Atrazine/dicamba	Marksmen	
	Atrazine/2,4-D	Shotgun	
	Atrazine/mésotrione	Lumax	
	Bentazone	Basagran, Basagran forte	
	Bentazone/atrazine	Laddok	
	Bromoxynil	Pardner, Koril	
	Bromoxynil/MCPA	Buctril, Badge, Bromox	
	Carfentrazone-éthyl	Aim EC	
	Clopyralide/flumetsulame	Fieldstar	
	2,4-DB	Embutox, Calliber, Cobutox	
	Dicamba	Banvel	
	Dicamba/primisulfuron	Summit	
	Diflufenzopyr/dicamba	Distinct	
	Diméthénamide	Frontier	
	Diméthénamide/saflufenacil	Integrity	
	EPTC	Eradicane, Eptam	
	Flufenacet/métribuzine	Axiom	
	Foramsulfuron	Option	
	Foramsulfuron/iodosulfuron-méthyl	Tribute	
	Glufosinate d'ammonium	Liberty	
	Glyphosate	Roundup, Glyfos, Credit, Touchdown	
	Glyphosate/métolachlore/mésotrione	Halex	
	Isoxaflutole	Converge	
	Linuron	Lorox, Linuron	
	Mésotrione	Callisto	
	S-Métolachlore	Dual II Magnum	
	S-Métolachlore/atrazine	Primextra II Magnum	
	Métribuzine	Sencor, Lexone	
	Nicosulfuron	Accent	
	Paraquat	Gramoxone	
	Pendiméthaline	Prowl	
	Primisulfuron-méthyl	Beacon	
	Prosulfuron	Peak	
	Rimsulfuron	Elim	
	Rimsulfuron/nicosulfuron	Ultim	
	Saflufenacil	Eragon	
	Simazine	Simazine, Princep	
	Tembotrione/thiencarbazone	Trilogy	
	Topramezone	Impact	
	INSECTICIDES	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	Dipel, Bioprotec
		Bt transgénique	-
		Carbaryl	Sevin
Chlorpyrifos		Lorsban, Pyrifos	
Cyperméthrine		Ripcord, Up-Cyde	
Deltaméthrine		Decis	
Endosulfan		Thionex	
Lambda-cyhalothrine		Matador, Silencer	
Malathion		Malathion, Fyfanon	
Perméthrine		Ambush, Pounce, Perm-Up	
Spiromefesin		Oberon	
Tefluthrine		Force	
Thiaméthoxame		Cruiser	
Trichlorfon		Dylox	
FONGICIDES	Azoxystrobine	Quilt	
	Propiconazole	Tilt, Pivot, Bumper	
	Pyraclostrobin	Headline	
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Azoxystrobine	Dynasty, Dynasty 100FS	
	Carbathiine/thiram	Vitaflor	
	Clothianidine	Poncho	
	Diazinon	Diazinon, Diazol	
	Fludioxonil	Maxim	
	Imidaclopride	Gaucha	
Métalaxyl	Allegiance, Apron		
FUMIGANTS	1,3-Dichloropropène	Telone	
	1,3-Dichloropropène/chloropicrine	Telone C17	
	Métam-sodium	Busan, Metam-sodium, Vapam, Engage	

(Source : CRAAQ et MAPAQ, 2011).

Tableau 2 Pesticides recommandés pour le soya

HERBICIDES	Ingrédient actif	Nom commercial
	Acifluorène	Blazer
	Bentazone	Basagran
	Carfentrazone-éthyl	Aim EC
	Chlorimuron-éthyl	Classic
	Chlorimuron-éthyl, thifensulfuron-méthyl	Reliance
	Chloransulam-méthyl	Firstrate
	Cléthodime	Select
	Clomazone	Command
	Diclofop-méthyl	Hoe-Grass
	Diméthénamide	Frontier
	Diquat	Reglone
	Éthalfuraline	Edge D.C.
	Fénoxaprop-éthyl	Excel
	Fluazifop-butyl	Venture
	Flufenacet, métribuzine	Axiom
	Flumetsulame	Flumetsulam
	Flumetsulame, S-métolachlore	Broadstrike, Dual Magnum
	Fomesafène	Reflex
	Flumoxazine	Valtera, Chateau
	Glufosinate	Liberty
	Glyphosate	Roundup, Glyphos, Credit, Touchdown
	Imazamox	Viper
	Imazamox/bentazone	Meridian Plus
	Imazéthapyr	Pursuit
	Imazéthapyr/pendiméthaline	Valor
	Linuron	Lorox, Linuron
	S-Métolachlore	Dual Magnum
	Métribuzine	Metribuzine, Lexone, Sencor
	Paraquat	Gramoxone
	Quizalofop-p-éthyl	Assure
	Saflufenacil	Eragon
	Séthoxydime	Poast
	Thifensulfuron-méthyl	Pinnacle
	Trifluraline	Treflan, Rival, Bonanza
INSECTICIDES	Diméthoate	Cygon, Lagon
	Imidaclopride	Gaucho
	Lambda-cyhalothrine	Matador, Silencer
	Spirotetramate	Movento
FONGICIDES	Azoxystrobine	Quadris
	Bacillus subtilis	Serenade
	Metconazole	Caramba
	Propiconazole	Tilt
	Propiconazole/trifloxystrobine	Sratego
	Pyraclostrobine	Headline
	Tebuconazole	Folicur
	Thirame	Thiram
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Azoxystrobine	Dynasty, Dynasty 100 FS
	Carbathiine/thiram	Vitavax, Vitaflo
	Fludioxonil	Maxim
	Fludioxonil/métalaxyl	Apron
	Fludioxonil/métalaxyl/thiaméthoxame	Cruiser Max, Apron Max
	Imidaclopride	Sress Shield
	Métalaxyl/trifloxystrobine	Trilex
FUMIGANT	Métam-sodium	Busan, Vapam, Metam-Sodium, Engage

(Source : CRAAQ et MAPAQ, 2011).



Source : Données non publiées ayant servi au *Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2008* (Gorse et Rivard, 2011).

Figure 2 Évolution des superficies traitées pour quelques herbicides au Québec

2 MÉTHODOLOGIE

Aire d'étude

Parmi les différentes rivières échantillonnées depuis 1992, quatre ont été retenues pour le suivi à long terme des pesticides. Ce sont les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin (figure 3 et annexe 1). L'importance des superficies de maïs et de soya dans leur bassin versant, leur répartition dans des secteurs différents de la zone agricole en culture intensive de maïs et la proximité des cultures ciblées ont justifié le choix de ces bassins versants et l'emplacement des stations. La proportion des superficies de maïs, de soya et de diverses autres cultures dans chacun des bassins est présentée de façon plus détaillée au chapitre 5. Les données de la Financière agricole (FADQ, 2010) indiquent que la proportion totale en culture était de 68 % dans le bassin de la rivière Chibouet, de 65 % dans celui de la rivière des Hurons, de 63 % dans celui de la rivière Saint-Régis et de 53 % dans celui de la rivière Saint-Zéphirin.

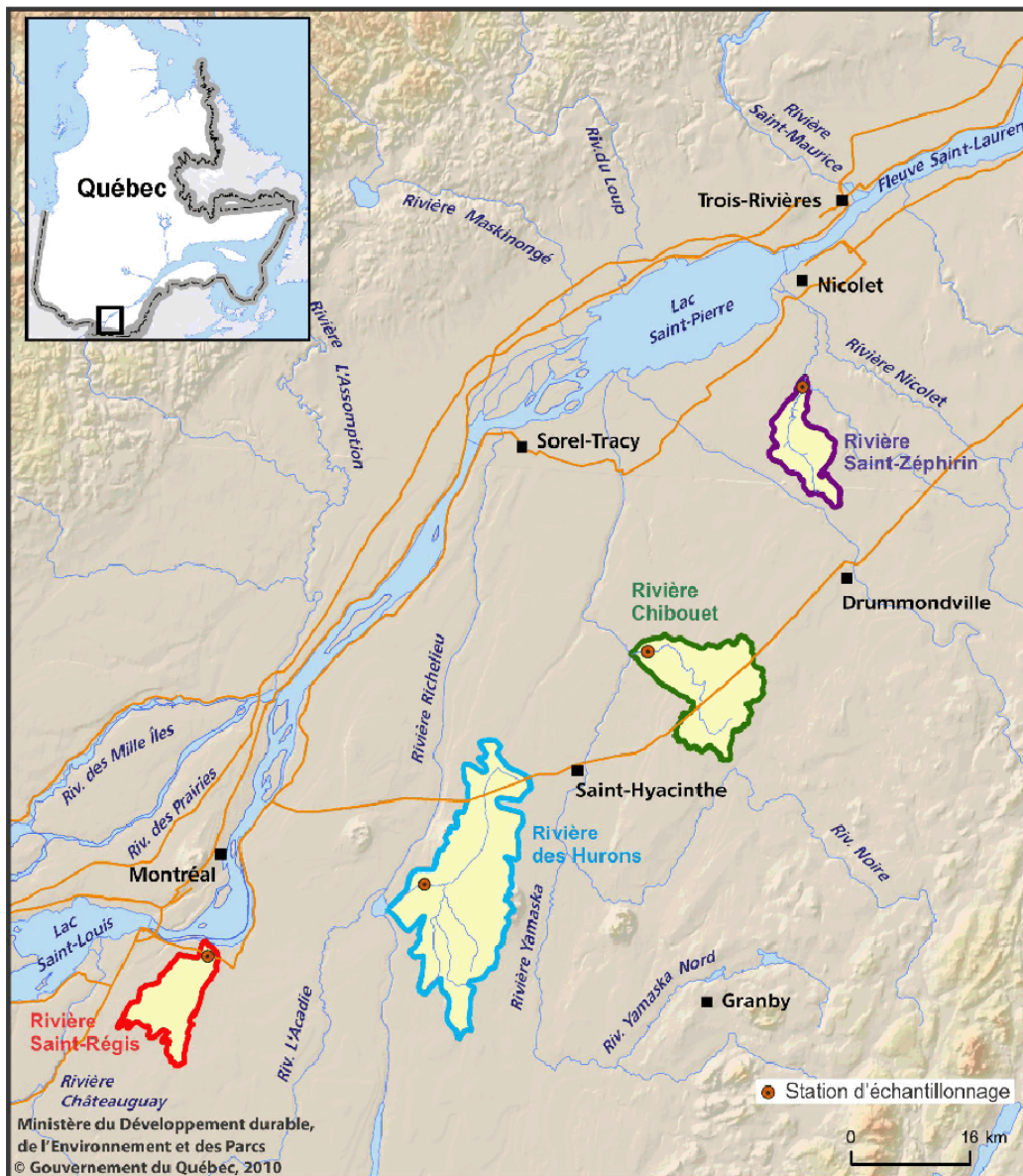


Figure 3 Bassins versants des quatre rivières à l'étude

Échantillonnage

Les quatre stations, situées près de l'embouchure des rivières, ont été échantillonnées trois fois par semaine en 2008 et en 2009 et deux fois par semaine en 2010, de la mi-mai à la mi-août. Sur l'ensemble de la période de 2008 à 2010 et des 4 rivières, un total de plus de 1 800 échantillons ont été prélevés et analysés pour vérifier la présence de 60 pesticides. Les échantillons sont prélevés à gué ou à partir des ponts, à l'aide d'un support métallique sur lequel sont fixées les bouteilles de verre ou de plastique requises selon l'analyse (voir les photos). Les échantillons sont ensuite placés au frais dans des glacières et expédiés par courrier rapide au laboratoire.



Photos : Yves Laporte, MDDEP, 2010.

Analyses au laboratoire

Les pesticides analysés et les critères de qualité de l'eau utilisés pour interpréter les résultats figurent au tableau 3. Pour chaque échantillon, quatre analyses couvrant un pesticide ou plusieurs familles chimiques de pesticides ont été faites : les triazines (ex. : atrazine), le glyphosate, les phénoxyacides (ou aryloxyacides), les sulfonilurées, les organophosphorés, les carbamates et plusieurs autres familles. Au total, 56 pesticides et 4 produits de dégradation (en italique dans le tableau) ont été analysés. Les méthodes d'analyse et les limites de détection sont présentées à l'annexe 1. La croissance de l'utilisation des nouveaux pesticides est examinée et, d'année en année, certains produits se sont ajoutés à la liste des produits analysés. Ainsi, considérant l'utilisation croissante des semences génétiquement modifiées tolérant le glyphosate, dès 2001, ce produit a été graduellement intégré à la gamme des pesticides recherchés. L'année suivante, en 2002, les herbicides sulfonilurées ont aussi été ajoutés.

Tableau 3 Pesticides analysés dans les rivières et critères de qualité de l'eau (µg/l)

Pesticide	Vie aquatique ¹		Irrigation ²	Pesticide	Vie aquatique ¹		Irrigation ²
	Chronique	Aigu			Chronique	Aigu	
	CVAC	CVAA			CVAC	CVAA	
Atrazine	1,8	50	10	EPTC*	39	880	
<i>Dééthyl-atra.</i>				Éthyl-parathion			
<i>Déisopropyl-atra.</i>				Flumetsulame*	3,1		
Azinphos-méthyl	0,01			Fonofos			
Bendiocarbe				Glyphosate	65		
Bentazone*	510	11 000		AMPA			
Bromoxnyl	5		0,33	Imazéthapyr*	8,1		
Butilate	56	1 300		Linuron	7		0,071
Carbaryl	0,2			Malathion	0,1		
<i>1-naphtol</i>				MCPA	2,6		0,025
Carbofuran	1,8			MCPB*	7,3	170	
Chlorfenvinphos				Mécoprop*	13	10 000	
Chlorothalonil	0,18		5,8	Méthyl-parathion			
Chloroxuron			0,5	<i>γ</i> -Métolachlore	7,8	110	28
Chlorpyrifos	0,0035	0,027		Méthidathion			
Clopyralide				Métribuzine	1		0,5
Cyanazine	2	1 000	0,5	Mévinphos			
2,4-D	220	1 400		Myclobutanil*	11	240	
2,4-DB*	25	560		Nicosulfuron			
2,4-DP				Parathion	0,013	0,065	
Diazinon	0,004	0,064		Phorate			
Dicamba	10		0,006	Phosalone			
Dichlorvos				Piclorame	29	290	
Diclofop-méthyl	6,1			Rimsulfuron*	4,6		
Diméthénamide*	5,6	260		Simazine	10	160	0,5
Diméthoate	6,2			Tébutiuron	1,6		0,27
Dinosèbe	0,05	4,8		Terbufos			
Disulfoton				Triclopyr			
Diuron	1,6			Trifluraline	0,2		

Note : Le fénitrothion, le 2,4,5-T et le 2,4,5-TP, des produits anciens qui ne sont plus en vente sur le marché, ont été analysés, mais ne figurent pas dans la liste.

*Critère de qualité provisoire du MDDEP : 1. MDDEP, 2009; 2.CCME 1999.

Interprétation des résultats

Le critère de qualité servant à évaluer le risque d'effet sur les organismes aquatiques est le **critère de vie aquatique chronique** (CVAC). Il s'agit de la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pendant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Dans le milieu, toute concentration au-dessus de ce critère, lorsqu'elle est maintenue suffisamment longtemps, est susceptible de causer un effet indésirable. De faibles dépassements du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques si la durée et l'intensité de ces dépassements sont limitées et s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère. Plus la concentration excède le CVAC, plus la durée pendant laquelle elle peut être tolérée est courte. En théorie, ces critères doivent être respectés en moyenne pendant quatre jours.

Pour quelques pesticides seulement, on dispose aussi du **critère de vie aquatique aigu** (CVAA). Il s'agit de la concentration maximale d'un contaminant à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés sur une courte période sans subir de mortalité. Lorsque des concentrations au-delà de ces valeurs sont enregistrées, même une seule fois, des dommages à certaines espèces aquatiques sont probables.

Bien que les critères de qualité de l'eau soient très utiles pour fournir une première appréciation du risque pour les écosystèmes aquatiques, leur utilisation présente certaines limites. D'abord, des critères ne sont pas disponibles pour tous les pesticides. De plus, pour certains produits (diazinon, azinphos-méthyl, chlorpyrifos, etc.), les critères de qualité de l'eau visant à protéger la vie aquatique sont plus bas que les limites de détection atteignables avec les appareils de mesure. En pratique, lorsque ces produits sont détectés, ils dépassent systématiquement le critère de qualité de l'eau. Le fait de ne pas les détecter ne nous assure donc pas nécessairement que la concentration est sécuritaire pour la vie aquatique.

Les critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques sont actuellement établis en tenant compte de la toxicité d'une seule substance à la fois, dans certaines conditions spécifiques du milieu (pH, température et dureté de l'eau). Ils ne tiennent donc pas compte des effets cumulés ou synergiques de plusieurs produits présents en même temps dans l'eau. Comme les organismes aquatiques sont exposés à de nombreux contaminants, soit simultanément, soit de façon séquentielle, il pourrait en résulter une sous-estimation des risques écotoxicologiques.

Pour ces raisons, des suivis d'indicateurs biologiques sont aussi effectués pour rendre compte de l'état de santé des espèces aquatiques qui vivent dans les cours d'eau échantillonnés. Ainsi, les indicateurs les plus utilisés sont les communautés de poissons, de macroinvertébrés benthiques et de diatomées. Au cours des dernières années, un suivi des macroinvertébrés benthiques a été fait dans plusieurs cours d'eau du territoire agricole. Des données ont été recueillies notamment à deux des quatre stations permanentes de suivi des pesticides dans les zones en culture de maïs et de soya, soit celles des rivières Chibouet, en 2006, et Saint-Zéphirin, en 2008. Les résultats obtenus à ces deux stations sont présentés au chapitre 6 et l'emplacement des stations est présenté à l'annexe 1.

Les **critères pour l'irrigation des cultures** disponibles pour certains des produits analysés dans cette étude ont aussi été utilisés dans l'interprétation des résultats. Toutefois, il n'y a pas eu de mise à jour récente de ces critères et il n'y a pas de critères pour les nouveaux herbicides utilisés pour le maïs et le soya. Bien que limités aux herbicides les plus anciens, les critères disponibles permettent une certaine évaluation des risques pour les cultures sensibles.

Outre le dépassement des critères de qualité de l'eau, les données sur les concentrations de pesticides sont examinées pour y déceler des tendances temporelles dans les concentrations et pour vérifier l'apparition de nouvelles substances. Le traitement statistique permettant de vérifier ces tendances est présenté à l'annexe 2.

3 RÉSULTATS GÉNÉRAUX

Les herbicides sont les produits détectés le plus souvent dans les quatre rivières indicatrices retenues pour le suivi à long terme. Ce constat concorde avec les observations des années antérieures (Giroux, 2010; Giroux *et al*, 2006).

Les concentrations les plus élevées dans les rivières sont observées entre la fin mai et la fin juillet, durant ou peu après des épisodes de pluie. Bien que l'échantillonnage soit effectué à date fixe, donc sans égard aux événements de pluie, ce sont respectivement 34 %, 33,5 % et 42 % des échantillons qui ont été prélevés en temps de pluie en 2008, en 2009 et en 2010. La série de données offre donc une gamme de résultats couvrant relativement bien les périodes de temps sec et les périodes de temps pluvieux.

Les herbicides le plus souvent détectés dans l'eau des quatre rivières échantillonnées sont, dans l'ordre, le *s*-métolachlore, détecté en moyenne dans 99 % des échantillons; l'atrazine, dans 97 %; le glyphosate, dans 86 %; l'imazéthapyr, dans 79 %; le bentazone, dans 75 %; et le dicamba, dans 61 % des échantillons (tableau 4).

La fréquence de détection de l'herbicide glyphosate a augmenté depuis la période d'étude précédente (2005 à 2007) de même qu'au cours de la période de 2008 à 2010. Cet herbicide est donc de plus en plus souvent présent dans l'eau des quatre rivières. On note aussi une augmentation de la fréquence de détection de l'imazéthapyr, laquelle serait liée à l'augmentation des superficies de soya. Une vingtaine d'autres herbicides, tels que le flumetsulame, le nicosulfuron, le rimsulfuron, le 2,4-D et le MCPA, étaient aussi présents, mais à une fréquence moindre. Les produits de dégradation de l'atrazine, soit le dééthyl-atrazine (DEA) et le désopropyl-atrazine (DIA), ainsi que le produit de dégradation du glyphosate, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA), ont aussi été détectés dans l'eau des rivières. La présence de cyanazine, détectée dans environ 1 % des échantillons, est surprenante compte tenu du fait que ce produit est interdit depuis 2001.

La somme des concentrations de pesticides par échantillon s'étend de 0,03 à 33 µg/l pour la période à l'étude. Dans la majorité des échantillons (67 % à 74 %), les concentrations cumulées se situent entre 0,5 et 5 µg/l (tableau 5). Des concentrations totales supérieures à 5 µg/l sont observées dans 12 % à 15 % des échantillons, selon les années. Ces valeurs cumulées sont parfois utiles aux fins de comparaison avec les concentrations rapportées ailleurs dans le monde, en France notamment, où les concentrations sont souvent présentées en valeurs cumulées des différents pesticides.

Le tableau 6 présente les concentrations maximales mesurées pour chaque pesticide pour les trois années à l'étude, les produits étant globalement présentés en ordre décroissant de concentrations mesurées. Le *s*-métolachlore, l'atrazine et le glyphosate présentent habituellement les concentrations les plus élevées. De 2008 à 2010, c'est le glyphosate qui a montré la valeur maximale la plus élevée, soit 29 µg/l, mesurée dans la rivière Saint-Régis en mai 2010. Les résultats complets pour chaque rivière sont présentés à l'annexe 3.

Au total, pour la période de 2008 à 2010, dix insecticides et deux fongicides ont été détectés (tableau 4). Le carbaryl, le diméthoate et le chlorpyrifos sont les insecticides le plus souvent présents. Ils sont détectés en moyenne respectivement dans 8 %, 4 % et 3 % des échantillons. Malgré leur présence épisodique, certains de ces insecticides montrent une concentration atteignant parfois des valeurs qui excèdent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection de la vie aquatique. Cet aspect est abordé plus en détail dans la section qui suit.

Tableau 4 Fréquence moyenne de détection des pesticides dans les quatre rivières (%)

	2008	2009	2010	MOYENNE
Herbicides				
γ-Métolachlore	98,8	100,0	98,3	99,0
Atrazine	95,2	99,4	95,7	97,0
Glyphosate	76,2	92,2	90,6	86,0
Imazéthapyr	84,7	75,3	78,4	79,0
Bentazone	68,3	81,9	75,2	75,0
Dééthyl-atrazine ¹	79,3	81,3	61,2	74,0
Dicamba	67,6	61,4	54,7	61,0
AMPA ²	57,7	51,2	64,9	58,0
Flumetsulame	57,6	53,0	36,7	49,0
Nicosulfuron	64,1	40,4	38,8	48,0
Déisopropyl-atrazine ¹	49,1	32,5	32,7	38,0
Rimsulfuron	45,3	39,7	22,4	36,0
2,4-D	32,3	20,5	36,7	30,0
MCPA	43,1	21,7	24,8	30,0
Diméthénamide	13,6	16,9	33,6	21,0
Mécoprop	30,5	5,4	25,6	20,0
Métribuzine	10,0	14,4	21,5	15,0
Bromoxynil	13,7	7,8	4,3	9,0
Simazine	8,9	1,2	4,3	5,0
EPTC	11,2	1,8	0	4,0
Clopyralide	1,8	6,0	0	3,0
Cyanazine	0,6	0	1,7	1,0
Linuron	1,7	0	0,86	1,0
2,4-DB	1,0	0	0	1,0
Trifluraline	1,7	0	0,86	< 1,0
MCPB	0,6	0	0	< 1,0
Insecticides				
Carbaryl	11,2	4,2	8,6	8,0
Diméthoate	4,1	1,2	6,0	4,0
Chlorpyrifos	3,5	4,8	0,9	3,0
Carbofuran	2,4	0	0,9	1,0
1-naphthol ³	2,9	1,2	0	1,0
Diazinon	0,6	0	0,9	< 1,0
Malathion	0,6	1,2	0	< 1,0
Azinphos-méthyl	0	0,6	0	< 1,0
Chorfenvinphos	0	0	0,9	< 1,0
Bendiocarbe	0,6	0	0	< 1,0
Fongicides				
Myclobutanil	2,9	1,2	2,6	2,0
Chlorothalonil	0	0,6	0	< 1,0

Note : Autres herbicides détectés ponctuellement : tébuthiuron, chloroxuron, 2,4-DP.

1. Produit de dégradation de l'atrazine.
2. Produit de dégradation du glyphosate.
3. Produit de dégradation du carbaryl.

Tableau 5 Proportion d'échantillons par catégorie de concentrations totales mesurées

Catégorie de concentrations totales (µg/l)	2008 (%)	2009 (%)	2010 (%)
Plus de 5	15	12	15
De 0,5 à 5	70	74	67
De 0,1 à 0,5	9	14	17
De 0 à 0,1	6	0	1

Tableau 6 Concentrations maximales des pesticides mesurés dans les quatre rivières (µg/l)

	2008	2009	2010
Herbicides			
Glyphosate	16,0	3,3	29,0
Atrazine	8,5	7,2	10,0
<i>γ</i> -Métolachlore	4,3	7,7	8,3
Bentazone	1,6	3,3	5,9
Dicamba	3,3	2,5	1,6
Simazine	3,2	0,12	0,11
<i>AMPA</i>	1,1	1,1	3,8
MCPA	1,3	2,9	0,5
Imazéthapyr	1,9	0,44	0,52
<i>Dééthyl-atrazine</i>	0,66	0,86	0,31
Linuron	0,77	-	0,38
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	0,29	0,58	0,2
Diméthénamide	0,34	0,58	0,55
2,4-D	0,52	0,39	0,33
Métribuzine	0,34	0,5	0,25
2,4-DB	0,45	-	-
Bromoxynil	0,34	0,39	0,2
Mécoprop	0,36	0,2	0,3
Flumetsulam	0,17	0,24	0,17
e Clopyralide	0,17	0,21	-
Rimsulfuron	0,16	0,065	0,017
Cyanazine	0,08	-	0,14
EPTC	0,12	0,05	-
Nicosulfuron	0,096	0,059	0,061
MCPB	0,09	-	-
Trifluraline	0,03	-	-
Insecticides			
Carbaryl	4,5	2,3	0,82
Diméthoate	0,16	0,53	3,5
Carbofuran	0,074	-	3,1
Azinphos-méthyl	-	0,23	-
Chlorpyrifos	0,06	0,09	0,15
<i>1-naphtol</i>	0,11	0,09	-
Malathion	0,04	0,09	-
Chorfenvinphos	-	-	0,07
Diazinon	0,05	-	-
Bendiocarbe	0,05	-	-
Fongicides			
Myclobutanil	0,19	0,06	0,14
Chlorothalonil	-	0,11	-

Note : Les produits de dégradation sont écrits en italique, tandis que la concentration la plus élevée mesurée durant la période d'étude de 2008 à 2010 est en caractères gras.

Comparaison des concentrations aux critères de protection de la vie aquatique

De 2008 à 2010, des dépassements de critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique ont été observés pour sept pesticides, soit les herbicides atrazine et β -métochlorure, et les insecticides chlorpyrifos, carbaryl, diazinon, carbofuran et parathion (tableau 7).

L'herbicide atrazine est le produit qui a dépassé le plus souvent son critère CVAC de 1,8 $\mu\text{g/l}$ pour la protection de la vie aquatique. De 2008 à 2010, les concentrations du produit ont dépassé le critère dans 5 % à 10 % des échantillons. L'amplitude des dépassements peut atteindre jusqu'à 5 fois la valeur du critère. Dans le cas de la rivière Chibouet en 2008, le critère a été dépassé dans huit échantillons consécutifs, soit pendant près de trois semaines. Pour l'herbicide β -métochlorure et les insecticides carbaryl, parathion et carbofuran, les dépassements ont été plus occasionnels.

Par ailleurs, les rivières échantillonnées affichent chaque été des dépassements des critères de qualité de l'eau (CVAC et CVAA) concernant l'un ou l'autre des pesticides détectés. Selon la rivière et l'année, des dépassements sont observés dans 3,6 % à 23,8 % des échantillons (tableau 8). En moyenne, pour les trois années à l'étude, des dépassements ont été observés dans 11 % des échantillons prélevés dans la rivière Chibouet, dans 16 % de ceux prélevés dans les rivières des Hurons et Saint-Régis et dans 10 % des échantillons prélevés dans la rivière Saint-Zéphin.

Deux insecticides dépassent occasionnellement le critère CVAA visant à prévenir les mortalités et les effets aigus chez les espèces aquatiques. Il s'agit du chlorpyrifos et du diazinon. L'insecticide chlorpyrifos a dépassé son critère de 0,027 $\mu\text{g/l}$ dans 1 % à 5 % des échantillons. Certaines concentrations atteignent même jusqu'à 5,5 fois la valeur du critère. Le diazinon a été détecté une seule fois dans la rivière des Hurons. À cette occasion, il a dépassé d'une amplitude de 4 fois la valeur de 0,064 $\mu\text{g/l}$ du critère CVAA.

Tableau 7 Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau CVAC et CVAA par produit pour l'ensemble des quatre rivières (%)

	CVAC			CVAA		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Herbicides						
Atrazine	10,6	4,8	6,9	0	0	0
β -métochlorure	0	0	0,86	0	0	0
Insecticides						
Chlorpyrifos	4,1	4,8	0,86	4,1	4,8	0,86
Carbaryl	3,5	2,4	3,4	-	-	-
Diazinon	0,6	0	0,86	0	0	0,83
Carbofuran	0	0	0,86	-	-	-
Parathion	0,6	0	0	0	0	0

- : pas de critère CVAA pour ce produit.

Tableau 8 Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par rivière pour l'ensemble des pesticides (% des échantillons qui présentent au moins un dépassement de critère)

	2008	2009	2010
Chibouet	23,8	7,0	3,6
Des Hurons	19,0	19,0	10,0
Saint-Régis	14,6	15,8	17,8
Saint-Zéphin	6,8	4,6	20,0

La situation demeure assez préoccupante, puisque, selon la rivière et l'année, de 4 % à 24 % des échantillons dépassent le CVAC pour au moins un pesticide. Dans un des cours d'eau, on a vu des

dépassements du CVAC dans huit échantillons consécutifs (trois semaines), ce qui démontre que les dépassements du CVAC sont parfois assez prolongés pour avoir des effets sur le milieu aquatique. De plus, dans certains cas, il y a des dépassements des critères de toxicité aiguë, ce qui implique que des mortalités peuvent survenir chez des espèces sensibles.

Comparaison des concentrations aux critères de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures

Le dicamba et le MCPA sont les herbicides qui dépassent le plus souvent les critères établis par le Conseil canadien des ministres de l'environnement pour l'irrigation des cultures (CCME, 1999). Les rivières Saint-Régis et des Hurons montrent les dépassements les plus fréquents concernant le dicamba, soit dans une proportion variant de 87 % à 95 % des échantillons, selon les années, dans la rivière Saint-Régis et dans une proportion variant de 60 % à 74 % dans la rivière des Hurons (tableau 9). En moyenne, les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin montrent aussi des dépassements dans plus de 30 % des échantillons.

Les dépassements du critère de qualité de l'eau pour l'irrigation sont un peu moins fréquents pour le MCPA, mais ils viennent parfois s'ajouter aux dépassements pour le dicamba. D'une manière générale, les dépassements relatifs au MCPA sont observés dans 9 % à 37 % des échantillons prélevés. Par ailleurs, l'atrazine, le bromoxynil et le linuron dépassent ponctuellement leur critère dans les rivières Saint-Régis et des Hurons.

Tableau 9 Fréquence de dépassement des critères pour l'eau d'irrigation

		2008	2009	2010
Dicamba	Chibouet	68,2	53,5	37,9
	Des Hurons	73,8	60,5	70,0
	Saint-Régis	87,5	94,7	89,3
	Saint-Zéphirin	43,2	37,2	23,3
MCPA	Chibouet	35,7	16,3	17,8
	Des Hurons	30,9	35,7	30,0
	Saint-Régis	36,6	15,8	14,3
	Saint-Zéphirin	27,3	9,3	13,3

Cela ne constitue d'ailleurs qu'un portrait partiel, puisque, comme indiqué précédemment, les critères relatifs à l'irrigation ne sont pas disponibles pour les herbicides d'usage plus récent (imazéthapyr, flumetsulame, etc.).

Utiliser l'eau de ces cours d'eau pour l'irrigation pourrait donc causer des dommages à certaines cultures sensibles. Notons toutefois que la proportion de cultures irriguées dans ces quatre bassins versants demeure relativement faible.

Comparaison avec d'autres provinces ou pays producteurs de maïs et de soya

Ontario

Ensemble, les superficies de maïs de l'Ontario et du Québec forment 86 % des superficies totales de maïs au Canada, avec 54 % des superficies en Ontario et 32 % au Québec (Statistique Canada, 2006). En Ontario, le suivi des pesticides en rivière est principalement effectué par Environnement Canada. On trouve beaucoup de similitudes entre les résultats obtenus pour l'Ontario et ceux recueillis au Québec. Ainsi, les pesticides le plus souvent détectés dans les rivières de l'Ontario sont l'atrazine, le *s*-métolachlore, le dicamba, le mécoprop, le 2,4-D et le diazinon (Struger *et al*, 2009). Dans le cadre d'un suivi fait en 2005, 183 échantillons d'eau de surface ont été prélevés dans 22 petits cours d'eau et 7 sites de reproduction d'amphibiens du sud de l'Ontario. Les fréquences de détection et les concentrations

maximales de quelques herbicides en 2004 et en 2005 (Environnement Canada, 2011) figurent au tableau 10. En 2004 et en 2005, un autre programme de suivi avait ciblé uniquement le glyphosate, lequel avait été détecté dans 2 % des échantillons prélevés en 2004 et dans 15 % de ceux prélevés en 2005. La concentration maximale figure au tableau 10 (Struger *et al*, 2008). La différence dans la fréquence de détection du glyphosate tient principalement à la limite de détection utilisée, qui est plus basse au Québec (0,04 µg/l) qu'en Ontario (5 µg/l).

Tableau 10 Pesticides le plus souvent détectés en 2005 dans les rivières du sud de l'Ontario

	Fréquence de détection (%)	Concentration maximale (µg/l)
Atrazine	93	6,3
2,4-D	81	4,2
Dicamba	75	5,3
Mécoprop	58	3,6
<i>s</i> -Métolachlore	51	9,1
Glyphosate	15	40,8

Source : Environnement Canada, 2011; Struger *et al*, 2008.

France

En France, le suivi des pesticides compte environ 1 800 points de mesure répartis dans l'ensemble du pays. Les zones agricoles peuvent regrouper différents types de cultures et différents niveaux de risque de contamination. Au Québec, le suivi cible en priorité les zones agricoles les plus à risque. Comme les approches sont différentes, on ne peut comparer directement les résultats, mais certains des constats issus des résultats français sont intéressants. Des pesticides ont été détectés dans 91 % des points de mesure français. La concentration totale (moyenne annuelle) de pesticides est supérieure à 0,5 µg/l dans 18 % des points de mesure en rivière, elle se situe entre 0,1 à 0,5 µg/l pour 28 % des stations et elle est inférieure à 0,1 µg/l pour 45 % des stations. Les auteurs (Dubois *et al*, 2010) soulignent que les concentrations les plus élevées des divers produits sont notées dans les zones de grandes cultures céréalières, notamment le maïs, et les zones en production viticole. L'AMPA, le produit de la dégradation du glyphosate, est la substance la plus souvent détectée en 2007 et le glyphosate vient au troisième rang (Dubois *et al*, 2010). Bien qu'interdite en France depuis 2003, l'atrazine, de même que son produit de dégradation le dééthyl-atrazine, sont encore parmi les produits le plus souvent détectés dans les cours d'eau français. Le *s*-métolachlore fait aussi partie des 10 produits le plus souvent décelés. En France, tout comme au Québec, le glyphosate, l'atrazine et le *s*-métolachlore sont donc parmi les pesticides le plus souvent détectés dans les cours d'eau.

États-Unis

Comme c'est le cas au Québec, l'atrazine et le *s*-métolachlore figurent parmi les pesticides le plus souvent détectés dans l'eau des bassins versants de la Corn Belt, soit les bassins des rivières Ohio, Mississippi, Illinois et Iowa et le bassin des Grands Lacs (Sullivan *et al*, 2009). Le glyphosate a fait l'objet d'une campagne de suivi particulière par le United States Geological Survey (USGS) de 2001 à 2006 (Scribner *et al*, 2007). Même si cette campagne ne couvrait pas les mêmes années d'échantillonnage, mentionnons que les résultats ont montré la présence du glyphosate dans 7 % à 50 % des échantillons prélevés, selon les différents programmes menés de 2001 à 2006 (tableau 11). Notons aussi que les différences dans ces fréquences de détection s'expliquent peut-être par des limites de détection analytiques plus élevées aux États-Unis qu'au Québec, au début du programme américain, et plus basses que celles du Québec à la fin. Dans les suivis américains, l'AMPA est détecté plus souvent que le glyphosate et à des concentrations analogues ou supérieures à son produit parent, alors que ce n'est pas le cas au Québec (tableau 4). Cette différence s'explique probablement par une limite de détection plus élevée au Québec qu'aux États-Unis pour l'AMPA.

Tableau 11 Synthèse des fréquences de détection et des concentrations maximales pour le suivi du glyphosate et de l'AMPA dans des rivières américaines

	Nombre d'échantillons prélevés	Glyphosate		AMPA	
		% avec détection	Max. µg/l	% avec détection	Max. µg/l
Suivi dans 8 États ¹	281	50,0	99,0	58	22,0
NASQAN ²	27	7,4	0,33	63	0,38
NAWQA ³	608	32,0	9,7	51	8,7

1. Floride, Iowa, Kansas, Mississippi, Nebraska, South Dakota, Vermont et Washington.

2. NASQAN : National Stream Quality Accounting Network program (collecte de données à long terme pour cinq grands bassins).

3. NAWQA : National Water-Quality Assessment program (suivi pour 51 bassins).

Source : Scribner *et al.*, 2007.

4 TENDANCES DE 1992 À 2010

Tendances dans la fréquence de détection

D'une manière générale, on note que la fréquence de détection de l'atrazine et du β -métochlorure demeure élevée (figure 4). Les fréquences de détection du bentazone et du dicamba montrent des fluctuations d'une année à l'autre et, depuis 2004, le dicamba est décelé un peu moins souvent, mais sa fréquence de détection moyenne demeure au-dessus de 60 % des échantillons prélevés.

La fréquence de détection du glyphosate et de l'imazéthapyr (liée à l'augmentation des superficies de soya) est en augmentation. Même chose pour le nicosulfuron, le flumetsulame et le rimsulfuron.

On note une diminution de la fréquence de détection des herbicides diméthénamide, clopyralide, bromoxynil, cyanazine et simazine. Pour la cyanazine, l'homologation s'est terminée en 2001. Les données de base sur les fréquences de détection sont présentées à l'annexe 2.

Tendances des dépassements des critères de qualité de l'eau

La figure 5 illustre, pour chacune des rivières à l'étude, la proportion des échantillons prélevés chaque année pour lesquels il y a un ou plusieurs dépassements des critères de qualité de l'eau (CVAC) (données complètes à l'annexe 2). Dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin, les dépassements de critères de qualité de l'eau sont moins fréquents qu'au début du programme d'échantillonnage (tendance statistiquement significative). Cette baisse s'explique probablement par une fréquence moins élevée de dépassement des critères pour l'atrazine et le β -métochlorure. Dans les rivières des Hurons et Saint-Régis, aucune tendance significative n'est observée. Dans ces deux rivières, la détection plus fréquente d'insecticides (pour lesquels on note plusieurs dépassements de critères), par rapport aux rivières Chibouet et Saint-Zéphirin, masque probablement les quelques gains réalisés pour l'atrazine et le β -métochlorure.

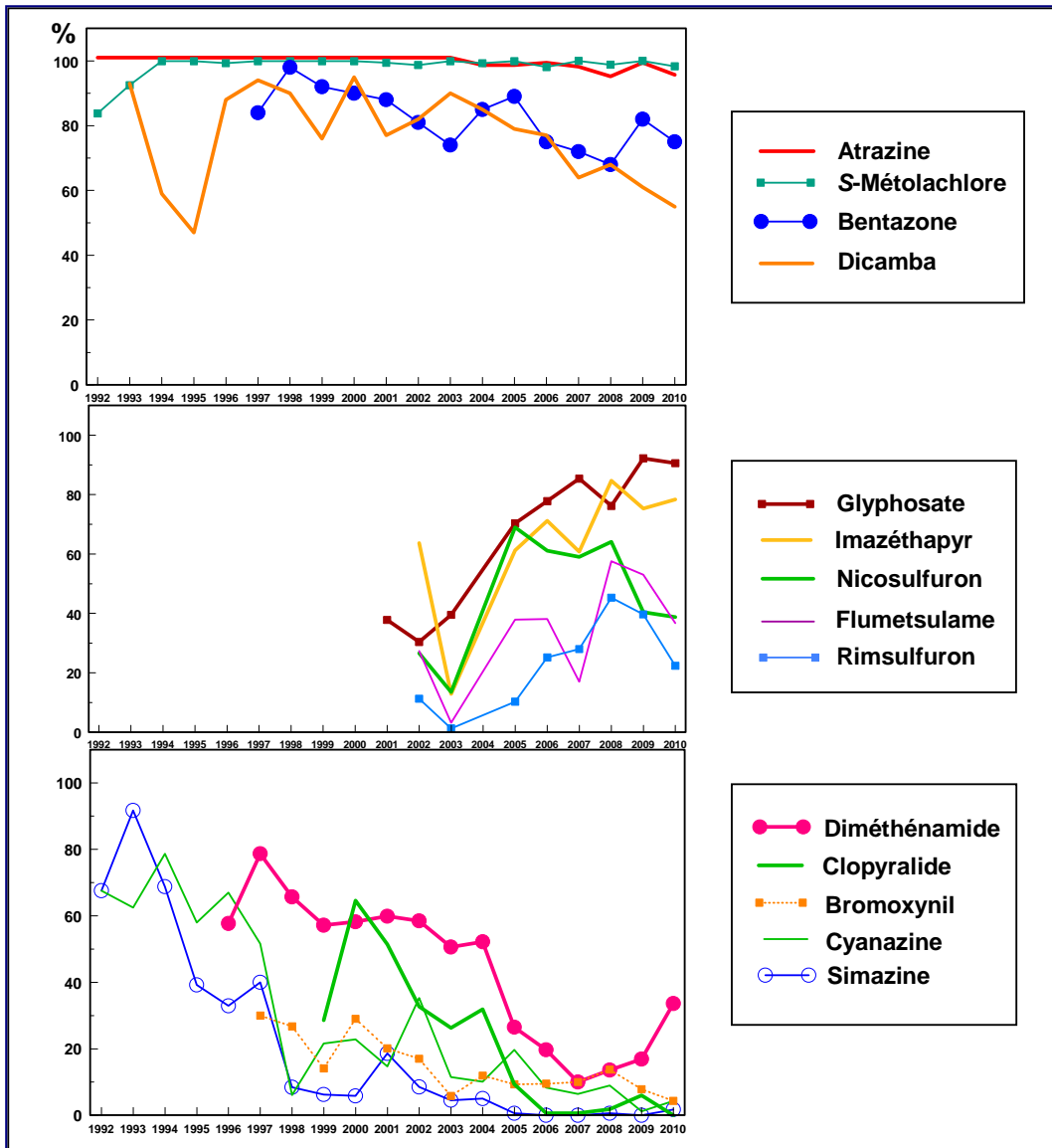


Figure 4 Tendances temporelles de la fréquence de détection de quelques herbicides

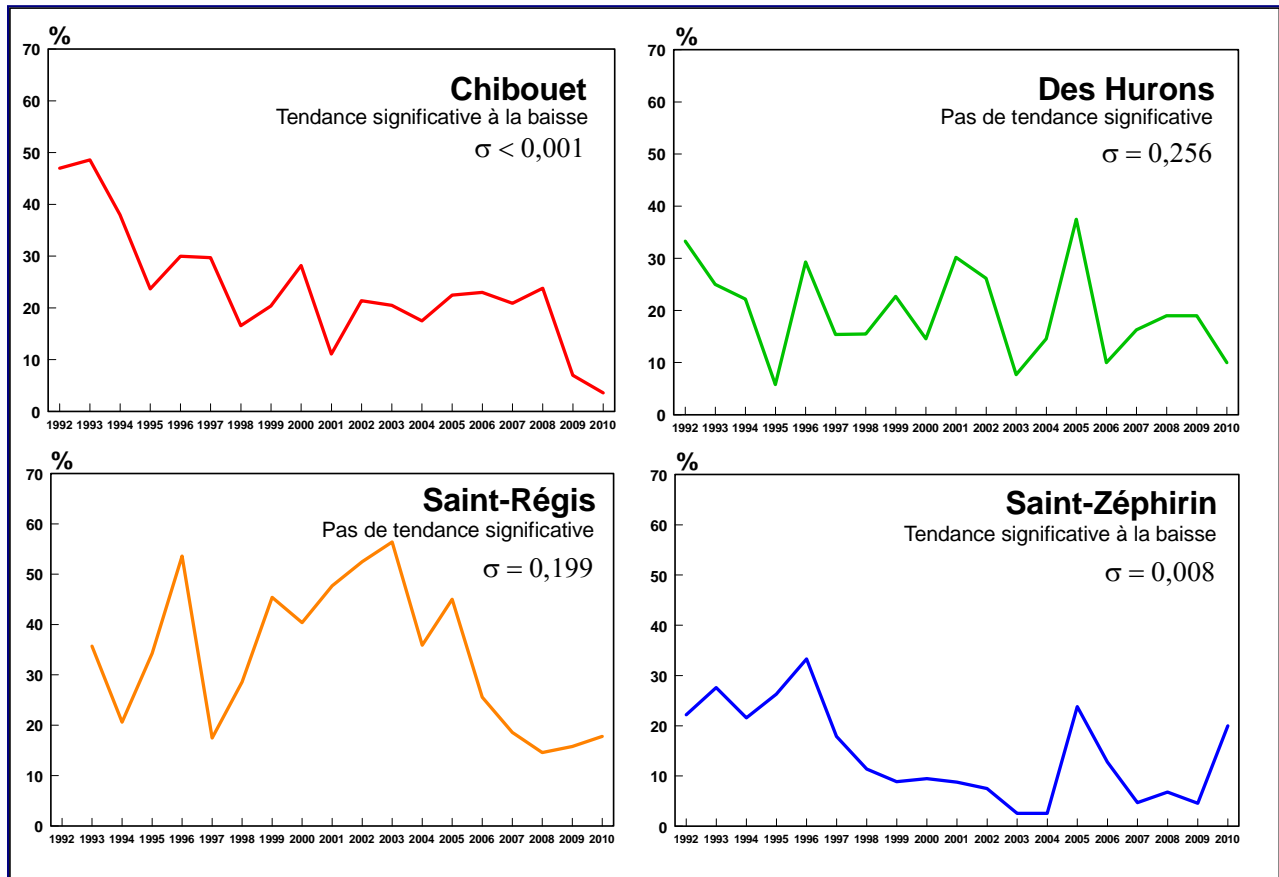


Figure 5 Évolution des tendances des dépassements de critères de qualité de l'eau

Tendances des concentrations des produits le plus souvent détectés

L'analyse statistique (tableau 12, figures 6 et 7 et annexe 2) montre une tendance à la baisse des concentrations médianes d'atrazine, de β -métholachlore et de dicamba, et une tendance à la hausse du glyphosate et de l'imazéthapyr. Déjà notée dans le rapport précédent, la tendance à la baisse des herbicides atrazine, β -métholachlore et dicamba se confirme donc encore par l'analyse statistique qui englobe les années 2008, 2009 et 2010. Quoique statistiquement significative, la baisse des concentrations médianes de dicamba est très faible.

Pour l'herbicide bentazone, on observe une tendance à la baisse des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Zéphirin, mais pas dans la rivière Saint-Régis, où la baisse n'est pas statistiquement significative (tableau 12).

En contrepartie, le glyphosate, dont l'usage s'est accru de façon marquée au cours des dernières années, présente une hausse statistiquement significative des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis (tableau 12 et figure 7). Pour la rivière Saint-Zéphirin, la série temporelle est trop courte (cinq ans) pour déceler une tendance significative, mais rappelons que cet herbicide y est régulièrement détecté.

Finalement, l'imazéthapyr présente aussi une hausse statistiquement significative des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis (tableau 12). La rivière Saint-Zéphirin a été exclue de l'analyse statistique pour l'imazéthapyr, car cet herbicide n'avait pas été analysé en 2002, en 2004 et en 2005 dans ce cours d'eau.

Tableau 12 Herbicides présentant une tendance significative des concentrations médianes

Herbicide/rivière	Estimation de la pente	Probabilité	Tendance globale
Tendance homogène pour toutes les rivières à l'étude			
Atrazine	- 0,04642	< 0,0001	Baisse
γ -Métolachlore	- 0,02224	< 0,0001	Baisse
Dicamba	- 0,00571	0,0003	Baisse
Imazéthapyr ¹	0,00374	0,0009	Hausse
Tendance non homogène pour les rivières à l'étude			
Bentazone ²			
Chibouet	- 0,03616	< 0,0001	Baisse
Des Hurons	- 0,01821	0,0060	Baisse
Saint-Zéphirin	- 0,02245	0,0009	Baisse
Glyphosate ³			
Chibouet	0,04640	< 0,0001	Hausse
Des Hurons	0,01572	0,0344	Hausse
Saint-Régis	0,04441	< 0,0001	Hausse

1. Tendance évaluée pour les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis seulement.
2. Tendance non significative pour la rivière Saint-Régis.
3. Série temporelle trop courte pour vérifier la tendance pour la rivière Saint-Zéphirin.

À titre comparatif, mentionnons que des tendances à la baisse des concentrations pour l'atrazine et le γ -métolachlore sont aussi observées dans des rivières des États américains de la Corn Belt (Sullivan et al, 2009). Des baisses de concentrations pour l'atrazine sont aussi notées dans des rivières des États de l'Ouest (Johnson et al, 2011). À partir des résultats des différentes études menées de 1996 à 2006, Sullivan et al (2009) soulignent que les tendances dans les concentrations en rivière sont largement déterminées par les tendances dans l'utilisation annuelle des produits. En effet, les principales réductions dans l'utilisation des pesticides, qu'elles proviennent d'exigences réglementaires ou des forces du marché, se traduisent par une diminution dans les concentrations mesurées en rivière. Tout comme au Québec, la tendance à la baisse dans les rivières américaines pour le γ -métolachlore est toutefois moins claire que celle de l'atrazine, car certaines rivières ou certaines années montrent plutôt des hausses de concentrations.

Sans préciser pour le moment les tendances dans les concentrations, le USGS note aussi la présence croissante du glyphosate dans les rivières aux États-Unis (Scribner et al, 2007).

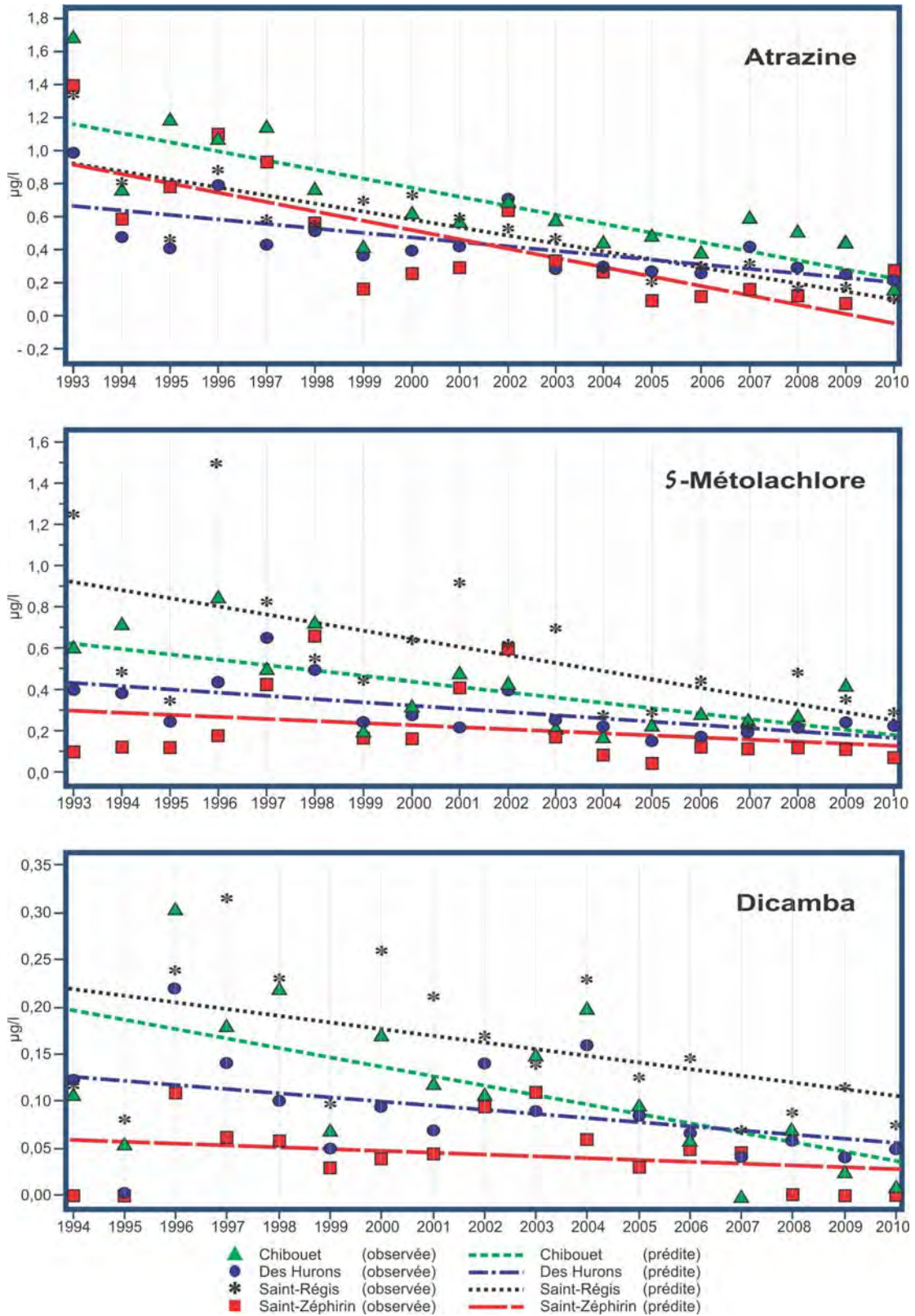


Figure 6 Régression linéaire des concentrations médianes de quelques herbicides dans les rivières à l'étude (atrazine, 5-métolachlore et dicamba)

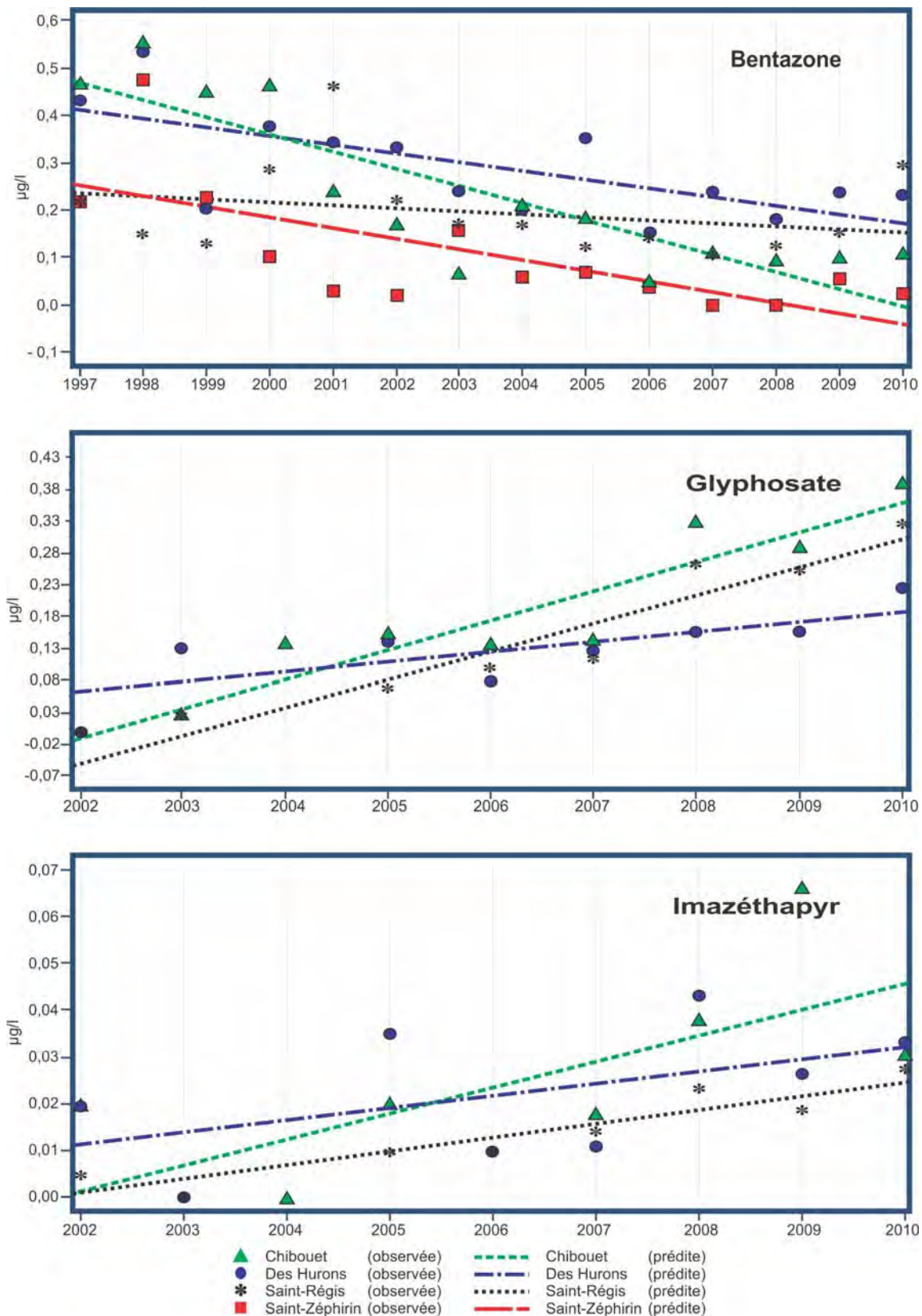


Figure 7 Régression linéaire des concentrations médianes de quelques herbicides dans les rivières à l'étude (bentazone, glyphosate et imazéthapyr)

5 RÉSULTATS PAR RIVIÈRE

Rivière Chibouet (bassin versant 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 bassins à l'étude, c'est celui qui montre la plus forte proportion en cultures, soit 68 % de la superficie totale du bassin (FADQ, 2010). Le maïs et le soya couvrent respectivement 52 % et 26 % de la superficie cultivée (figure 8), ce qui représente une baisse de 5 % pour le maïs et une hausse d'environ 8 % pour le soya par rapport aux données de 2005. Les autres cultures d'importance sont le foin (9 %) et les céréales (7 %).

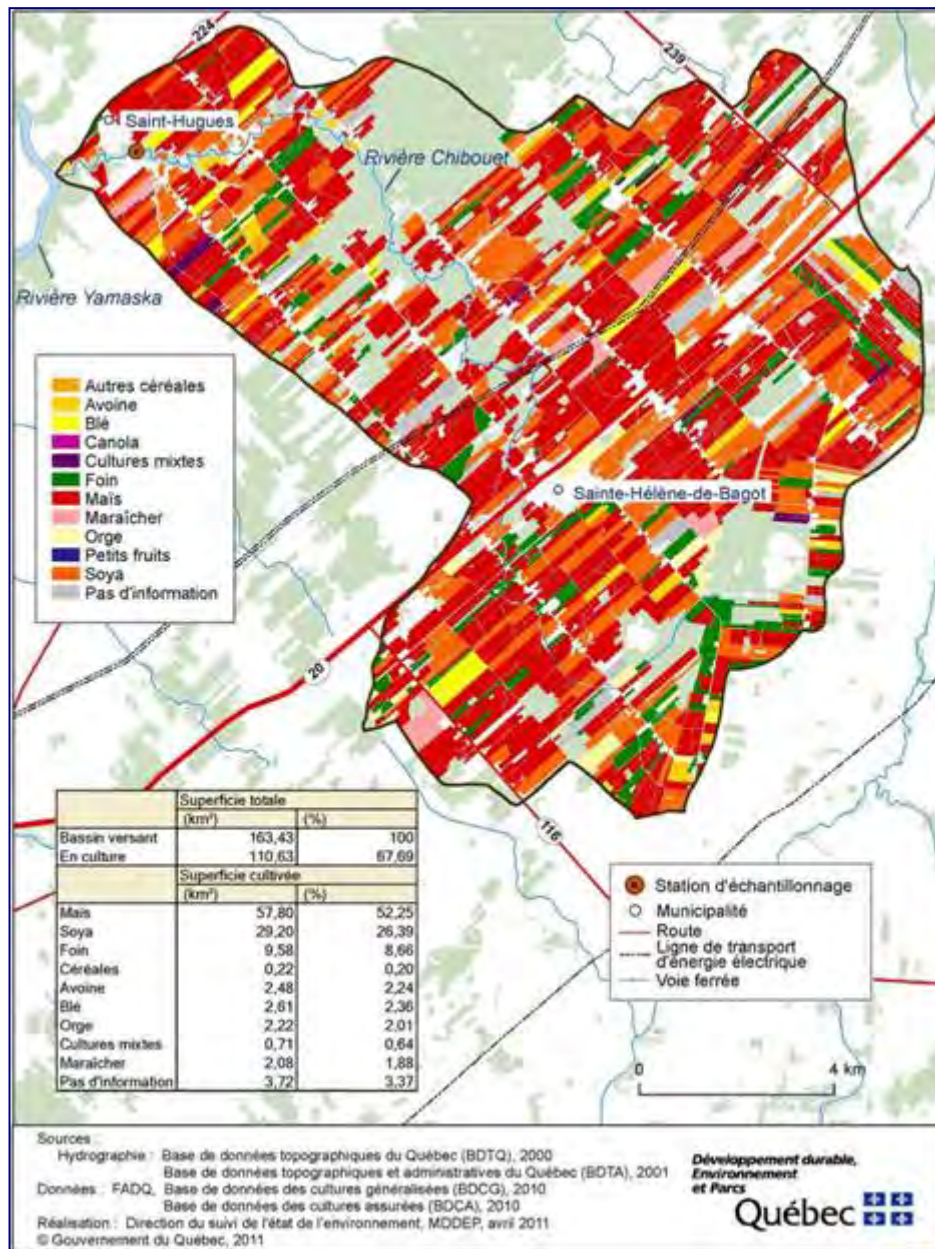


Figure 8 Cultures dans le bassin versant de la rivière Chibouet

Au cours de la période de 2008 à 2010, de 15 à 22 pesticides, le plus souvent des herbicides, ont été détectés dans la rivière Chibouet. La fréquence de détection moyenne de ces 3 années est de 100 % pour le *s*-métolachlore, de 99 % pour l'atrazine, de 93 % pour l'imazéthapyr, de 92 % pour le glyphosate et de 70 % pour le bentazone (tableau 13). On note une augmentation de 17 % de la détection de l'AMPA, le produit de dégradation du glyphosate.

Globalement, depuis 1992, la rivière Chibouet affiche un moins grand nombre de cas de dépassement des critères de qualité de l'eau. En moyenne, de 2008 à 2010, des dépassements des critères de qualité de l'eau ont été observés pour 11,5 % des échantillons prélevés durant l'été, ce qui constitue une amélioration par rapport à la période de 2005 à 2007, où les critères étaient dépassés dans 22 % des échantillons en moyenne. Les produits dont les concentrations excèdent le plus souvent les critères de vie aquatique chroniques (CVAC) sont l'atrazine et le chlorpyrifos. Le critère de l'atrazine (1,8 µg/l) était dépassé dans 4 % à 24 % des échantillons, selon l'année. Le critère du chlorpyrifos (0,0035 µg/l) a été dépassé en moyenne dans 1,5 % des échantillons et celui du parathion (0,013 µg/l), dans 0,8 % des échantillons.

Par ailleurs, les critères de qualité pour les eaux d'irrigation, soit 0,006 µg/l concernant le dicamba et 0,025 µg/l pour le MCPA, ont été dépassés respectivement dans 53 % et 23 % des échantillons prélevés.

Tableau 13 Pesticides détectés dans la rivière Chibouet, de 2008 à 2010

	Fréquence moyenne de détection (%)	Concentration maximale (µg/l)	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (%)
Herbicides			
<i>s</i> -Métolachlore	100,0	4,3	0
Atrazine	99,2	8,5	10,6
<i>Dééthyl-atrazine</i>	82,2	0,66	-
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	46,5	0,29	-
Imazéthapyr	93,4	0,52	0
Glyphosate	91,7	5,8	0
AMPA	75,0	1,4	-
Bentazone	70,0	5,9	0
Nicosulfuron	68,2	0,078	-
Dicamba	53,2	2,4	53,2
Rimsulfuron	31,8	0,1	0
MCPA	26,6	0,3	23,3
Flumetsulame	20,1	0,14	0
Diméthénamide	18,6	0,55	0
2,4-D	14,0	0,17	0
Bromoxynil	11,4	0,2	0
Simazine	0,8	0,03	0
Insecticides			
Chlorpyrifos	1,5	0,04	1,5
Malathion	1,5	0,09	0
Carbaryl	0,8	0,1	0
Parathion	0,8	0,06	0,8
Fongicide			
Myclobutanil	0,8	0,06	0

■ Protection de la vie aquatique chronique ■ Irrigation des cultures En italique : produit de dégradation
-: Pas de critère

Plusieurs pesticides sont présents en même temps dans l'eau durant toute la période de mai à août. Les concentrations les plus élevées pour le total des pesticides présents surviennent habituellement en juin ou juillet à la suite d'événements de pluie (figure 9). L'amplitude des pics de concentrations diminue à mesure que la saison de culture avance. Des trois années à l'étude, c'est en 2008 que l'on a observé le plus grand nombre de pesticides par échantillon et la concentration totale la plus élevée (15,68 µg/l). En 2009, la concentration totale maximale était de 9,33 µg/l et elle atteignait 13,84 µg/l en 2010.

Comme indiqué dans un rapport antérieur (Giroux, 2002), les pics de concentrations élevés se produisent habituellement dans le mois qui suit l'application des produits aux champs. Le moment d'apparition des pics élevés d'herbicides dans l'eau dépend notamment de l'importance et du moment de la pluie après l'application.

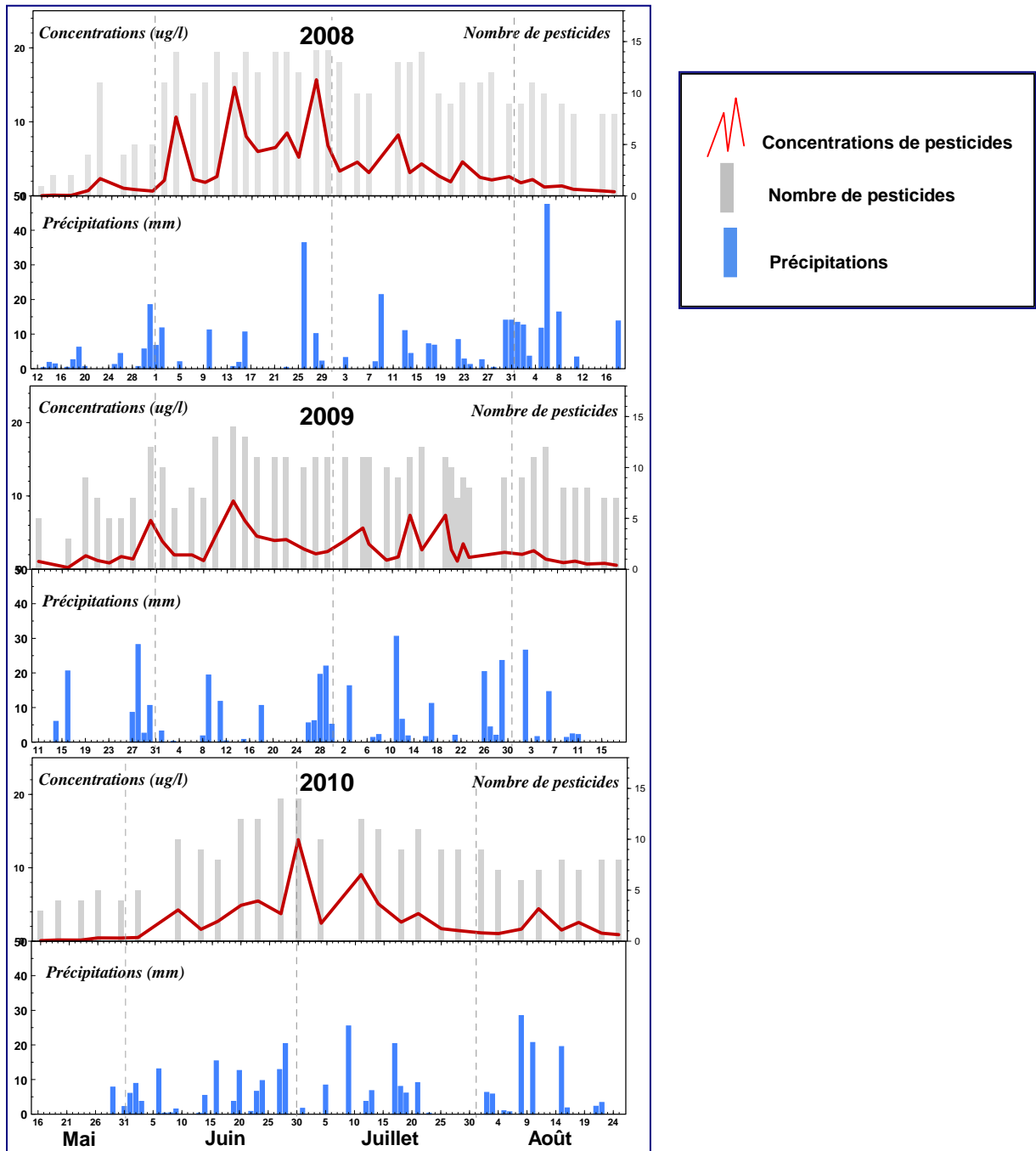


Figure 9 Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Chibouet; précipitations enregistrées à la station météorologique de Saint-Simon

Rivière des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu)

La rivière des Hurons présente le plus grand bassin versant (345 km²) des quatre rivières à l'étude. Cette rivière draine les eaux provenant des municipalités de Sainte-Madeleine, de Sainte-Angèle-de-Monnoir, de Sainte-Marie-de-Monnoir et de Saint-Jean-Baptiste. La proportion du bassin versant consacrée aux cultures est de 65 %. Le maïs y occupe 49 % de la superficie cultivée et le soya, 26 %. Des cultures maraîchères couvrent plus 2 % de la superficie cultivée. Dans la figure 10, certaines cultures maraîchères sont probablement comprises sous les appellations « Maraîcher », « Cultures mixtes » et « Pas d'information ». Les céréales couvrent environ 6,5 % de la superficie cultivée.

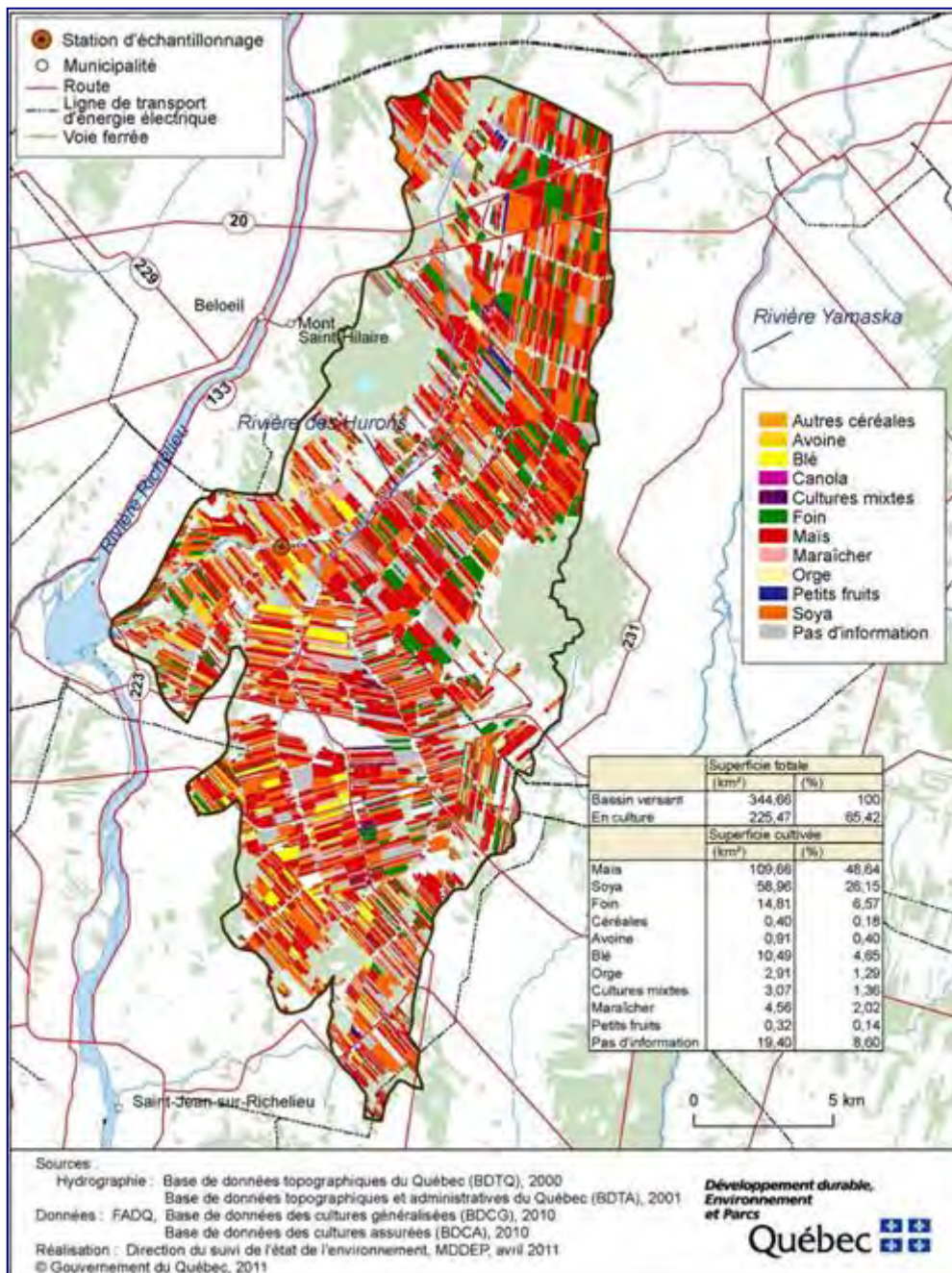


Figure 10 Cultures dans le bassin versant de la rivière des Hurons

Au cours de la période de 2008 à 2010, de 23 à 27 pesticides ont été détectés dans la rivière des Hurons. Les produits le plus souvent présents sont, dans l'ordre, les herbicides β -métolachlore, atrazine, bentazone, glyphosate, imazéthapyr et flumetsulame (tableau 14). Plusieurs autres herbicides, des insecticides et un fongicide ont également été détectés. La fréquence de détection de plusieurs herbicides a augmenté depuis la période d'étude précédente (2005-2007), soit une augmentation de 12 % pour le glyphosate, de 11 % pour l'AMPA, de 15 % pour l'imazéthapyr, de 23 % pour le flumetsulame et de 27 % pour le rimsulfuron.

De 2008 à 2010, de 10 % à 19 % des échantillons ont montré un dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC). Les produits pour lesquels nous observons ces dépassements, et donc les plus susceptibles de nuire aux espèces aquatiques, sont l'herbicide atrazine et les insecticides chlorpyrifos, carbaryl, carbofuran, diazinon et azinphos-méthyl. Les concentrations de dicamba, de MCPA et de linuron dépassaient le critère de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures dans 68 %, 32 % et 0,8 % des échantillons respectivement.

Tableau 14 Pesticides détectés dans la rivière des Hurons, de 2008 à 2010

	Fréquence moyenne de détection (%)	Concentration maximale ($\mu\text{g/l}$)	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (%)
Herbicides			
β -Métolachlore	98,8	5,4	0
Atrazine	97,7	5,2	9,0
Dééthyl-atrazine	84,1	0,86	-
Déisopropyl-atrazine	50,9	0,54	-
Bentazone	96,9	3,3	0
Glyphosate	91,9	2,7	0
AMPA	54,6	0,65	-
Imazéthapyr	87,7	0,44	0
Flumetsulame	85,8	0,17	0
Dicamba	68,1	1,5	68,1
Nicosulfuron	58,6	0,096	-
Rimsulfuron	52,3	0,061	-
MCPA	42,2	2,9	32,2
2,4-D	39,7	0,48	0
Mécoprop	28,6	0,27	0
Diméthénamide	28,2	0,58	0
Métribuzine	17,9	0,34	0
Simazine	13,6	3,2	0
Bromoxynil	12,4	0,38	0
EPTC	3,9	0,12	0
Clopyralide	3,1	0,21	-
Cyanazine	1,1	0,14	0
MCPB	0,8	0,09	0
Linuron	0,8	0,77	0,8
Insecticides			
Carbaryl	10,7	4,5	1,6
1-naphtol	2,3	0,1	-
Diméthoate	3,2	0,05	0
Carbofuran	2,6	3,1	1,1
Chlorpyrifos	2,4	0,07	3,2
Diazinon	1,1	0,26	1,1
Chlorfenvinphos	1,1	0,07	-
Malathion	0,8	0,08	0
Azinphos-méthyl	0,8	0,23	0,8
Fongicide			
Myclobutanil	7,2	0,14	0

■ Protection de la vie aquatique chronique ■ Irrigation des cultures En italique : produit de dégradation

- : Pas de critère

Pour la rivière des Hurons, c'est en 2008 que l'on a observé le plus grand nombre de pesticides par échantillon avec un total de 25 pesticides dans un échantillon prélevé le 18 juin. Mais la valeur la plus élevée pour la concentration totale de tous les pesticides a été mesurée en 2009, soit une valeur de 19 µg/l (figure 11). Pour les deux autres années, les concentrations cumulées maximales atteignaient 12,65 µg/l en 2008 et 7,57 µg/l en 2010.

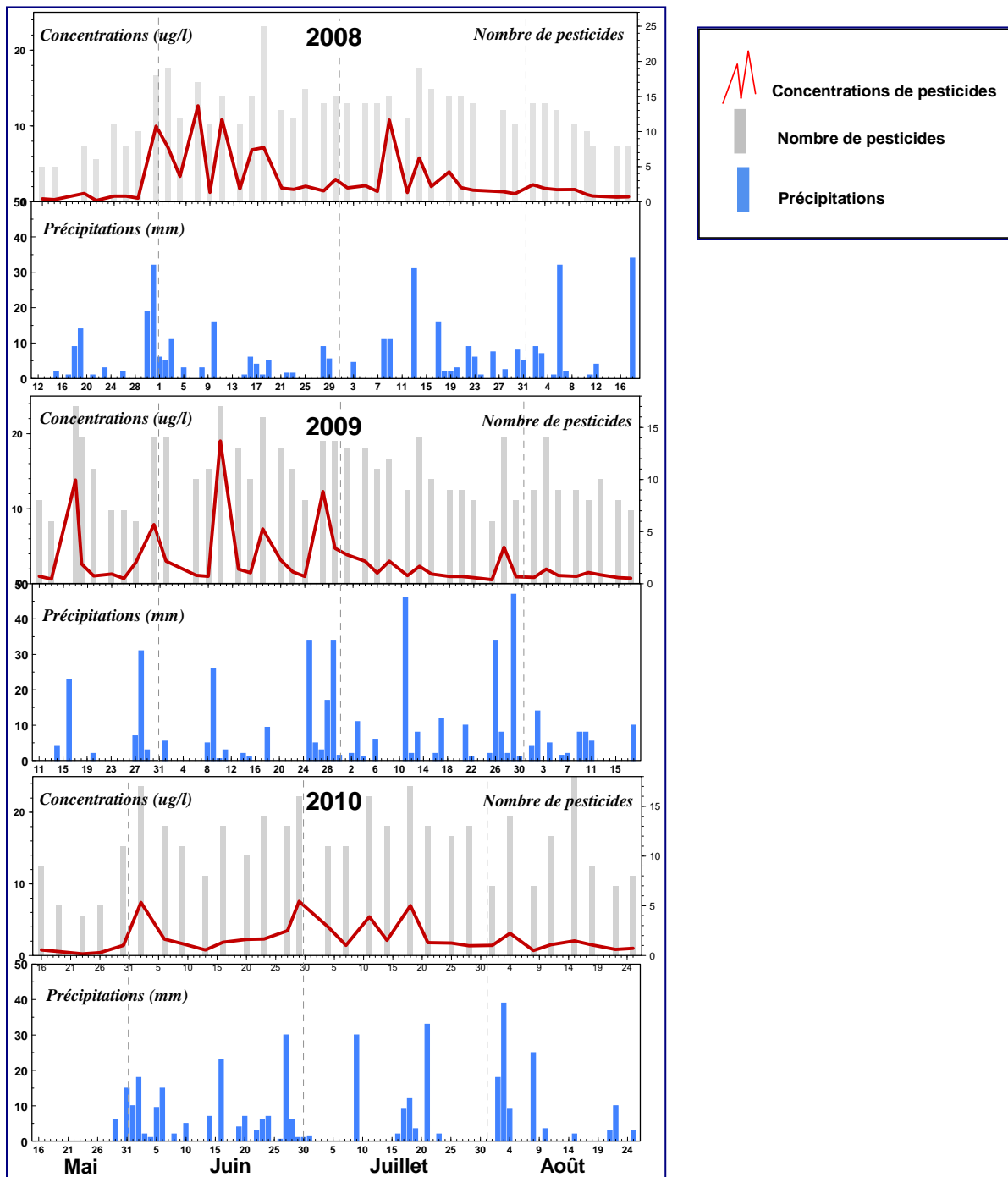


Figure 11 Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière des Hurons; précipitations enregistrées à la station météorologique de Marieville

Rivière Saint-Régis (affluent du Saint-Laurent)

Le bassin de la rivière Saint-Régis couvre 92 km². La partie en aval du bassin se situe en milieu urbain, mais toute la zone en amont est agricole (figure 12). La rivière Saint-Régis et son tributaire, la rivière Saint-Pierre, drainent les eaux provenant des municipalités de Saint-Isidore et de Saint-Constant et d'une partie de Saint-Rémi.

Selon les données de la Financière agricole (FADQ, 2010), la proportion du bassin versant occupée par les cultures est de 63 %. Le maïs couvre 32,6 % de la superficie cultivée; le soya, 25 %; les céréales, 7 %; et les cultures maraîchères, 14 %. Les cultures maraîchères ont donc augmenté d'environ 9 % par rapport à la période de 2005 à 2007. Le foin occupe environ 6 % de la superficie cultivée, mais ce type de culture ne requiert pas de pesticides, ou très peu.

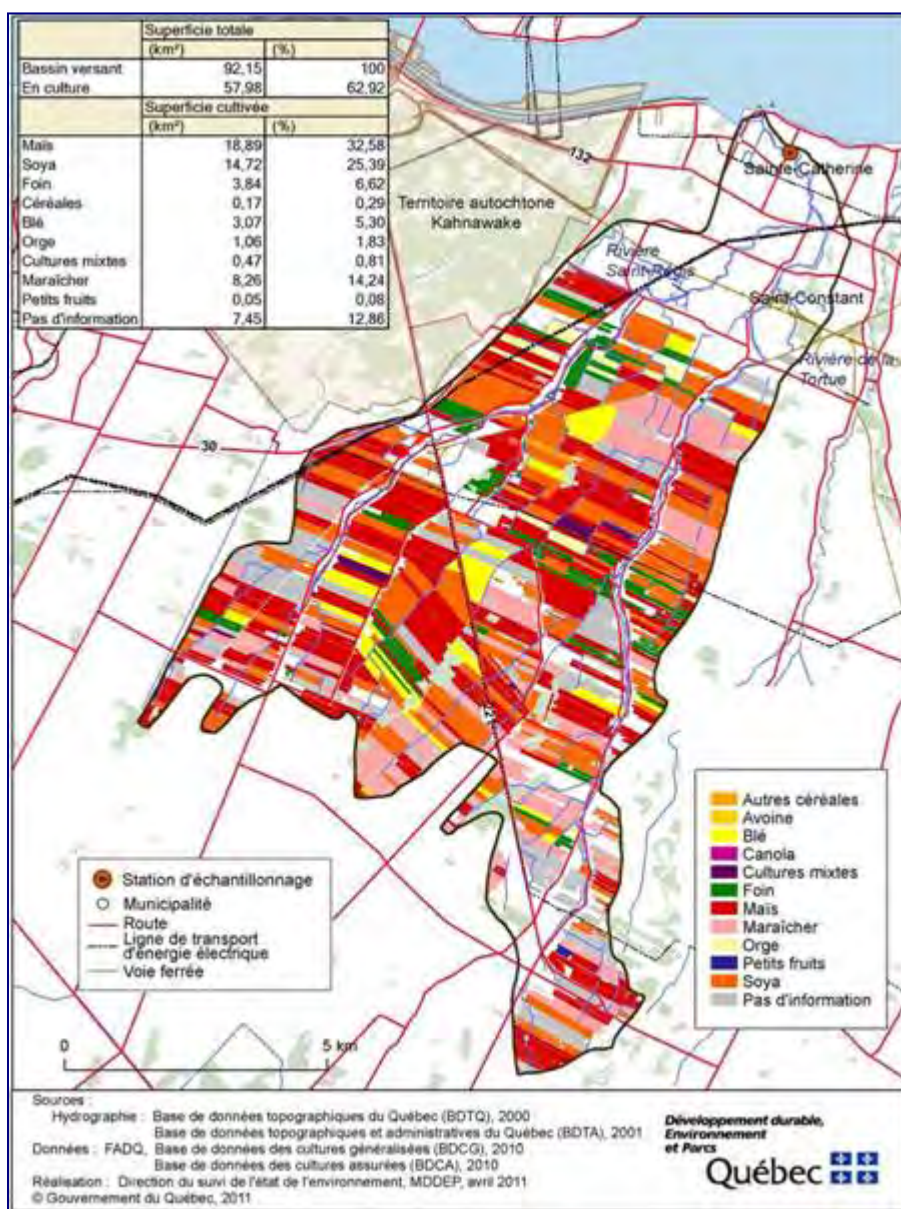


Figure 12 Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Régis

Au cours de la période de 2008 à 2010, de 19 à 27 pesticides ont été détectés dans la rivière Saint-Régis.

Les produits le plus souvent présents sont, dans l'ordre, les herbicides β -métolachlore, atrazine, glyphosate, dicamba, bentazone et imazéthapyr (tableau 15). Cependant, plus de 10 autres herbicides ont aussi été détectés. La fréquence de détection du glyphosate pour la période 2008-2010 a augmenté de 20 % depuis 2005-2007 et la fréquence de détection de l'AMPA, de 39 %. Le flumetsulame, le rimsulfuron et l'imazéthapyr ont aussi été détectés plus souvent que lors de la période d'étude précédente. L'augmentation est de 36 %, de 13 % et de 11 % respectivement.

Pour la période de 2008 à 2010, le β -métolachlore a dépassé son critère pour la protection des espèces aquatiques (CVAC : 7,8 $\mu\text{g/l}$) à une occasion (1,2 %). Par contre, les concentrations d'atrazine n'ont pas dépassé le critère de 1,8 $\mu\text{g/l}$, ce qui constitue une première depuis le début du programme de surveillance, en 1992. Les concentrations des herbicides dicamba, MCPA, métribuzine, linuron et bromoxynil excèdent leur critère pour les eaux d'irrigation. Le dicamba et le MCPA sont ceux pour lesquels les dépassements ont été les plus fréquents, soit respectivement dans 90,5 % et 22,2 % des échantillons.

Plusieurs insecticides ont également été détectés. Des quatre rivières à l'étude, c'est dans la rivière Saint-Régis que l'on a détecté le plus souvent des insecticides, soit en moyenne dans 16 % des échantillons. Les cultures maraîchères du bassin peuvent contribuer à la présence de ces produits dans l'eau. Les pourcentages de dépassement du critère pour la protection de la vie aquatique (CVAC) sont de 11,5 % pour le carbaryl, de 7,9 % pour le chlorpyrifos et de 0,8 % pour le diazinon.

C'est en 2009 que l'on a observé le plus grand nombre de pesticides (ou produits de dégradation) par échantillon avec un total de 19 pesticides dans un échantillon prélevé le 10 juin (figure 13). Mais la valeur la plus élevée pour la concentration totale de tous les pesticides a été mesurée en 2010, soit une valeur de 33,09 $\mu\text{g/l}$. Pour les deux autres années, les concentrations cumulées maximales atteignaient 19,2 $\mu\text{g/l}$ en 2008 et 8,77 $\mu\text{g/l}$ en 2009.



Rivière Saint-Régis à la station d'échantillonnage (Photo : Yves Laporte, MDDEP).

Tableau 15 Pesticides détectés dans la rivière Saint-Régis, de 2008 à 2010

	Fréquence moyenne de détection (%)	Concentration maximale (µg/l)	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (%)
Herbicides			
<i>s</i> -Métolachlore	97,9	8,3	1,2
Atrazine	95,9	1,7	0
<i>Dééthyl-atrazine</i>	76,6	0,17	-
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	30,3	0,18	-
Glyphosate	93,3	29	0
<i>AMPA</i>	80,7	3,8	-
Dicamba	90,5	3,2	90,5
Bentazone	88,8	3,0	0
Imazéthapyr	82,0	1,9	0
2,4-D	55,4	0,52	0
Mécoprop	51,5	0,36	0
Flumetsulame	42,7	0,17	0
Nicosulfuron	34,6	0,025	-
Diméthénamide	30,6	0,31	0
MCPA	29,3	1,3	22,2
Métribuzine	28,8	0,25	0
Rimsulfuron	23,3	0,091	0
EPTC	12,3	0,05	0
Bromoxynil	7,6	0,39	0,8
Linuron	4,0	0,38	4,0
Simazine	1,6	0,04	0
Trifluraline	0,8	0,03	0
Clopyralide	0,8	0,17	-
Insecticides			
Carbaryl	14,2	3,8	11,5
<i>1-naphtol</i>	3,3	0,11	-
Diméthoate	9,3	3,5	-
Chlorpyrifos	7,9	0,15	7,9
Carbofuran	1,6	0,1	0
Diazinon	0,8	0,05	0,8
Bendiocarbe	0,8	0,05	-
Fongicides			
Myclobutanil	1,6	0,19	0
Chlorothalonil	0,8	0,11	0

■ Protection de la vie aquatique chronique
 ■ Irrigation des cultures
 En italique : produit de dégradation
 - : Pas de critère

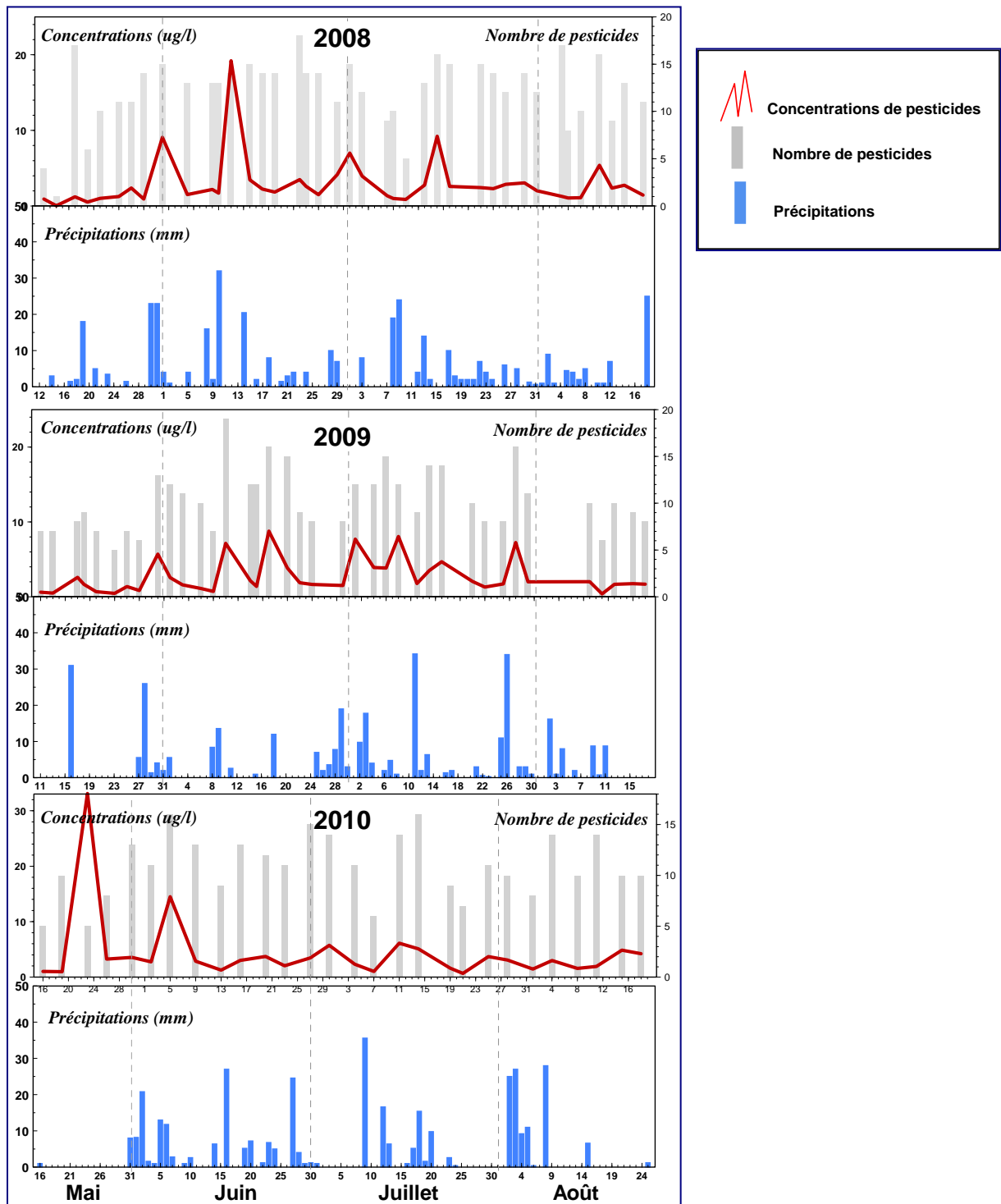


Figure 13 Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Saint-Régis; précipitations enregistrées à la station météorologique de Laprairie

Rivière Saint-Zéphirin (bassin versant de la rivière Nicolet)

Le bassin de la rivière Saint-Zéphirin est le plus petit des quatre bassins à l'étude (78 km²). Cette rivière recueille les eaux provenant des terres agricoles des municipalités de Saint-Zéphirin et de La Visitation-de-Yamaska.

Il présente la plus faible proportion en culture, mais les cultures couvrent tout de même 54 % de sa superficie (FADQ, 2010). La culture du maïs compose 46 % de la superficie cultivée et le soya, 25 % (figure 14). On y trouve aussi du foin (15 %) et des céréales (6 %).

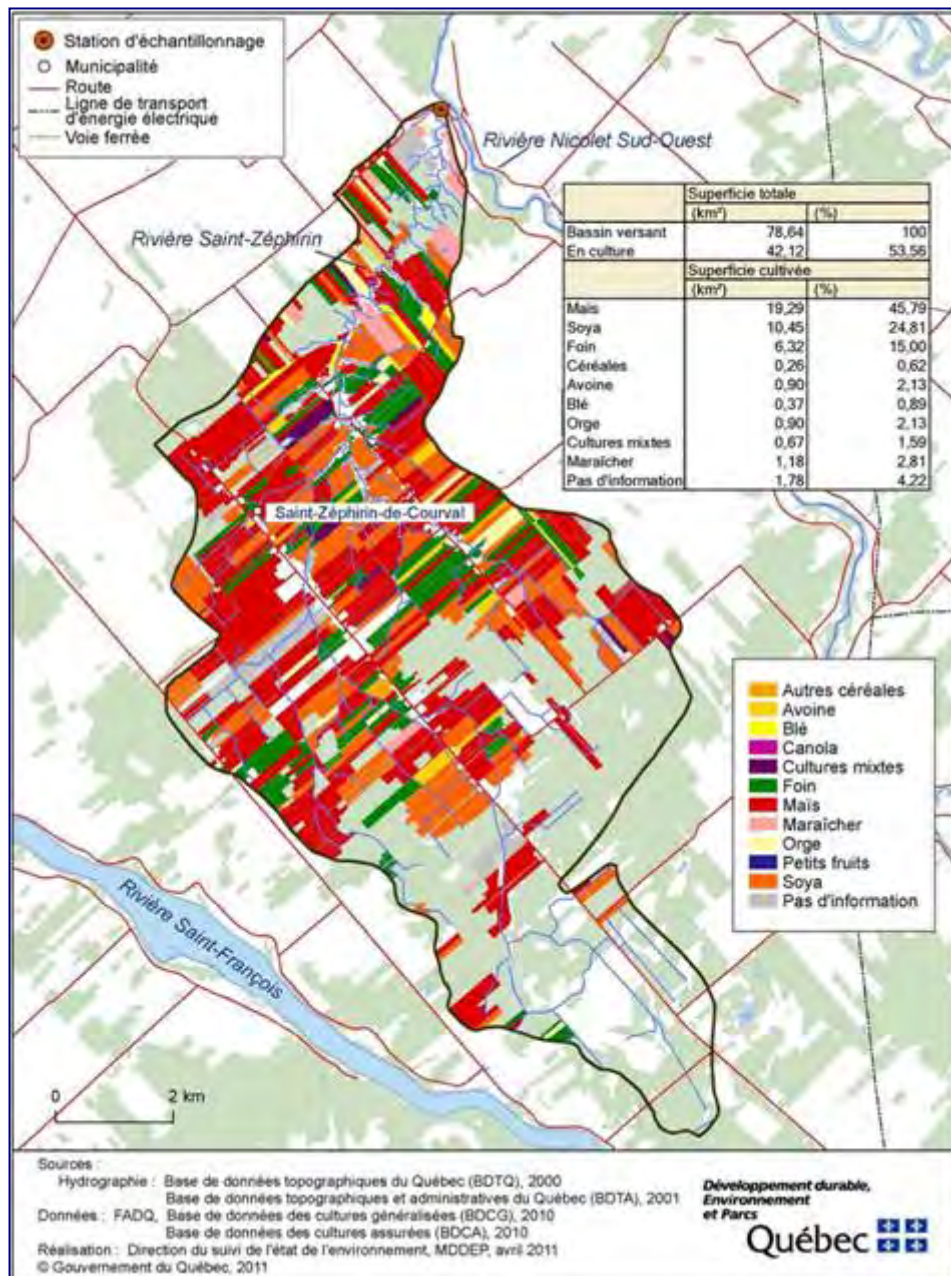


Figure 14 Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Zéphirin

De 2008 à 2010, de 14 à 20 pesticides ont été détectés dans la rivière Saint-Zéphirin. Les herbicides *β*-métochloré, atrazine et glyphosate ont été détectés dans 99 %, 94 % et 69 % des échantillons respectivement (tableau 16). L'imazéthapyr, le flumetsulame et le bentazone ont aussi été décelés assez fréquemment. Plusieurs autres herbicides étaient également présents. Parmi les insecticides, le carbaryl, le diméthoate et le chlorpyrifos ont été détectés occasionnellement.

Tableau 16 Pesticides détectés dans la rivière Saint-Zéphirin, de 2008 à 2010

	Fréquence moyenne de détection (%)	Concentration maximale (µg/l)	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (%)
Herbicides			
<i>β</i> -Métolachlore	99,2	7,7	0
Atrazine	94,2	10,0	9,7
<i>Dééthyl-atrazine</i>	53,5	0,84	-
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	24,5	0,58	-
Glyphosate	68,7	7	0
AMPA	27,4	0,86	-
Imazéthapyr	55,5	0,43	0
Flumetsulame	47,3	0,24	0
Bentazone	45,5	1,9	0
Dicamba	34,5	2,5	34,5
Rimsulfuron	34,3	0,16	0
Nicosulfuron	29,1	0,04	-
MCPA	21,1	0,79	16,6
2,4-D	12,1	0,26	0
Métribuzine	11,5	0,15	0
Diméthénamide	9,3	0,12	0
Clopyralide	6,2	2,2	-
2,4-DB	3,8	0,45	0
Mécoprop	3,7	0,09	0
Bromoxynil	3,0	0,04	0
Simazine	2,9	0,02	0
EPTC	0,8	0,02	0
Insecticides			
Carbaryl	2,6	0,16	0
Diméthoate	1,1	0,04	0
Chlorpyrifos	0,8	0,04	0,8
Fongicide			
Myclobutanil	1,5	0,07	0

■ Protection de la vie aquatique chronique ■ Irrigation des cultures En italique : produit de dégradation

- : Pas de critère

L'atrazine dépasse le critère de qualité de l'eau (CVAC) dans 9,7 % des échantillons et le chlorpyrifos, dans 0,8 % des échantillons. Mais, globalement, la rivière montre des cas de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) dans 10 % des échantillons en moyenne pour les 3 années à l'étude.

C'est en 2008 que l'on a observé le plus grand nombre de pesticides par échantillon avec un total de 17 pesticides dans un échantillon prélevé le 2 juin. Mais la valeur la plus élevée pour la concentration totale de tous les pesticides a été mesurée en 2009, soit une valeur de 24,57 µg/l. Pour les deux autres années, les concentrations cumulées maximales atteignaient 9,69 µg/l en 2008 et 14,69 µg/l en 2010 (figure 15).

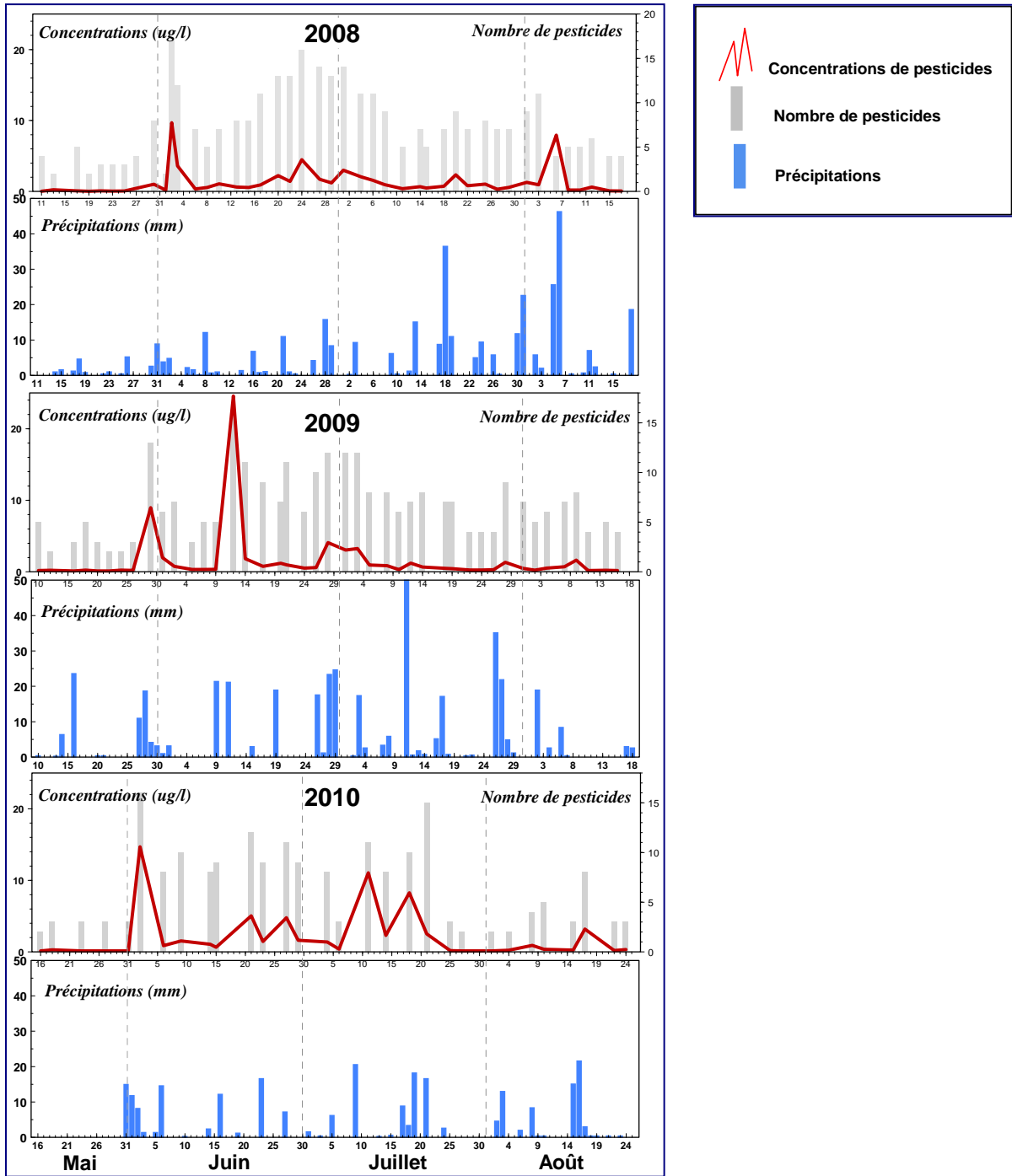


Figure 15 Concentrations cumulées et nombre de pesticides par échantillon dans la rivière Saint-Zéphirin; précipitations enregistrées à la station météorologique Zéphirin

6 ÉTAT DES COMMUNAUTÉS DE MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

Parce qu'elle considère chaque produit individuellement, la comparaison avec des critères de qualité de l'eau n'est pas suffisante pour rendre compte de l'état de santé des espèces aquatiques. La présence de plusieurs pesticides et l'interaction avec d'autres facteurs chimiques ou physiques du milieu aquatique, comme la turbidité, des quantités excessives de nutriments, l'absence de bandes riveraines, peuvent aussi avoir une influence sur l'état de santé des communautés aquatiques.

Afin de rendre compte de cet état de santé, les communautés de poissons, de macroinvertébrés benthiques ou de diatomées sont les indicateurs biologiques le plus souvent examinés. Un suivi des communautés benthiques et de poissons a été fait il y a quelques années dans le ruisseau Saint-Georges, un tributaire de la rivière L'Assomption, dont le bassin versant présente de grandes superficies de maïs (Richard et Giroux, 2004). Dans la portion du bassin à forte vocation agricole, l'étude des communautés aquatiques avait montré un appauvrissement de la faune benthique et de faibles valeurs de l'indice d'intégrité biotique pour les poissons. Au cours des dernières années, le Ministère a fait le suivi des macroinvertébrés benthiques dans plus d'une centaine de rivières avec des niveaux variés de pression agricole (MDDEP, 2012).

Les macroinvertébrés benthiques, ou benthos, sont des organismes sans colonne vertébrale et visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Comme ils sont une source de nourriture pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux, ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques.

Les macroinvertébrés benthiques sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques des perturbations physiques, biologiques et chimiques des cours d'eau, ce qui permet d'évaluer les répercussions réelles de la pollution et de l'altération des habitats aquatiques et riverains sur les écosystèmes. L'état de santé des communautés benthiques est évalué à partir d'un indice, l'Indice de santé du benthos pour le substrat grossier (ISB_g) ou pour les substrats meubles (ISB_m), lequel est basé sur la composition de la communauté benthique, elle-même déterminée par identification et dénombrement des différentes espèces recueillies dans le cours d'eau (annexe 1). L'ISB_g a été utilisé pour la rivière Chibouet en 2006 et pour la rivière Saint-Zéphirin en 2008. Cet indice est composé de six variables caractérisant la richesse taxonomique, la composition taxonomique et la tolérance à la pollution. L'ISB_g a une échelle qui varie de 0 à 100, 100 étant la meilleure valeur. Cet indice permet de qualifier l'intégrité biologique des cours d'eau en cinq classes : très bon, bon, précaire, mauvais, très mauvais (MDDEP, 2012).



L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques est fait à l'aide d'un filet troubleau dans des cours d'eau où il est possible de se déplacer à gué.

Rivière Chibouet



L'indice de santé du benthos pour les cours d'eau à substrat grossier (ISB_g) mesuré en 2006 dans la rivière Chibouet affiche une valeur de 42,9. Cette station abrite une communauté benthique en mauvais état de santé, même si l'habitat aquatique et riverain ainsi que la bande riveraine sont de bonne qualité². Aucun plécoptère (ex. : perles) n'est présent à la station. La richesse taxonomique générale est faible, soit 19 taxons au total, alors que les milieux aquatiques de référence et peu touchés peuvent en présenter jusqu'à 35. La richesse taxonomique est faible pour les éphéméroptères et les trichoptères (9 taxons), groupe généralement reconnu comme sensible à la pollution. Sur l'aspect de l'abondance relative, les diptères *Chironomidae* (ex. : moucherons non piqueurs) et les trichoptères *Hydropsychidae* (ex. : phryganes) composent près de 72 % de la communauté; ces deux familles sont reconnues pour être tolérantes à la pollution.



Plécoptère (à gauche), larve de *Chironomidae* (au centre) et *Hydropsychidae* (à droite)

Rivière Saint-Zéphirin



L'indice de santé du benthos pour les cours d'eau à substrat grossier (ISB_g) mesuré dans la rivière Saint-Zéphirin en 2008 affiche une valeur de 25,6. À cet endroit, la rivière abrite donc une communauté benthique en mauvais état de santé, et même près de la limite de la classe « très mauvais ». L'habitat aquatique et riverain est dégradé et la bande riveraine est quasi inexistante à l'emplacement de la station. Aucun plécoptère n'est présent. La richesse taxonomique totale est très faible avec seulement 12 taxons, de même que celle des éphéméroptères et des trichoptères avec 6 taxons. En matière d'abondance relative, les diptères *Chironomidae* et les trichoptères *Hydropsychidae* composent près de 92 % de la communauté à cette station, ces deux familles étant reconnues pour être tolérantes à la pollution. Tout comme pour la rivière Chibouet, les communautés de macroinvertébrés benthiques de la rivière Saint-Zéphirin ne présentent plus la diversité biologique caractéristique des milieux aquatiques en santé.

Parmi les nombreux cours d'eau à substrat grossier suivis de 2003 à 2008, ces deux rivières font partie des plus dégradées sur le plan de l'intégrité des communautés benthiques. Comme indiqué au chapitre précédent, les bassins versants de ces deux rivières sont à forte vocation agricole, avec 68 % du territoire en culture et 15 % du territoire en forêt pour le bassin de la rivière Chibouet, et 54 % du territoire en agriculture et 36 % en forêt dans le cas du bassin de la rivière Saint-Zéphirin.

² En plus d'une strate herbacée, une bande riveraine de qualité est composée d'une bonne strate arborescente et arbustive.

De plus, une mauvaise qualité physicochimique de l'eau est observée, avec une concentration médiane de phosphore total de 0,088 mg/l à la station de la rivière Chibouet et de 0,160 mg/l à la station de la rivière Saint-Zéphirin. À la station de la rivière Saint-Zéphirin, on note une bande riveraine dégradée, celle-ci étant presque exclusivement composée de la strate herbacée (voir la photo). À l'ensemble de ces pressions s'ajoute la présence de nombreux pesticides, parfois à des concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques. Ces nombreuses pressions sur le milieu aquatique ont un effet majeur sur les communautés biologiques. Bien qu'aucun lien direct ne puisse être fait entre la présence de pesticides et l'intégrité biologique en raison des multiples perturbations observées à ces deux stations, il n'en demeure pas moins que les changements observés dans les communautés de macroinvertébrés benthiques sont cohérents avec ceux observés ailleurs dans le monde pour des habitats altérés entre autres par la présence de pesticides (Schäfer *et al*, 2011; Schmitter *et al*, 2011; Chambers *et al*, 2010).

7 DERNIERS DÉVELOPPEMENTS DE LA RECHERCHE SUR LES EFFETS DES PESTICIDES SUR LE MILIEU AQUATIQUE

Outre les effets mis en évidence par le suivi des communautés de poissons dans le ruisseau Saint-Georges (Richard et Giroux, 2004) et le suivi des macroinvertébrés benthiques des rivières Chibouet et Saint-Zéphirin, la documentation scientifique récente donne aussi de l'information sur les effets des pesticides sur diverses autres espèces aquatiques.

Algues et plantes aquatiques

De plus en plus d'articles scientifiques indiquent que la présence d'herbicides dans les milieux aquatiques peut entraîner un changement dans les communautés d'algues et de plantes aquatiques.

Ainsi, des changements dans la structure des communautés de plantes aquatiques ont été observés dans des microcosmes³ traités avec l'atrazine et le glyphosate (Dalton et Boutin, 2010).

Plusieurs auteurs ont montré que la présence d'herbicides peut favoriser la croissance des cyanobactéries au détriment d'autres types d'algues. En effet, Forlani *et al* (2008) ont démontré en laboratoire la grande tolérance de plusieurs espèces de cyanobactéries (*Anabaena sp.*, *Arthrospira fusiformis*, *Leptolyngbya boryana*, *Microcystis aeruginosa*, *Nostoc punctiforme*, *Spirulina platensis*) à l'herbicide glyphosate. Certaines espèces peuvent même utiliser le glyphosate comme source de phosphore. À partir d'une étude en mésocosme, Perez *et al* (2007) ont aussi montré que l'exposition à des concentrations élevées de glyphosate (6 à 12 mg/l) diminue l'abondance du phytoplancton et du périphyton, alors que celle des cyanobactéries augmente. Chalifour et Juneau (2011) ont exposé des cultures d'algues et de cyanobactéries à l'atrazine et ont montré que pour des concentrations élevées d'atrazine (86 à 150 µg/l), la croissance des cyanobactéries est favorisée au détriment des algues vertes.

Quoique ces recherches aient été menées à des concentrations supérieures à celles habituellement mesurées dans les rivières du Québec, elles tendent néanmoins à démontrer qu'en milieu agricole, la présence de pics de concentrations élevées d'herbicides pourrait participer au problème de l'émergence des fleurs d'eau de cyanobactéries.

³ Microcosme et mésocosme : Termes souvent employés pour définir les écosystèmes expérimentaux. Il s'agit d'un dispositif expérimental destiné à l'étude des réponses d'espèces dans leur milieu (reconstitué) ou à l'étude d'organismes soumis à des variations de l'environnement ou à des toxiques. Les préfixes *micro*, *méso* ou *macro* décrivent la taille du système expérimental.

Amphibiens

Les effets de l'atrazine, du glyphosate ou de mélanges de divers pesticides sur les amphibiens ont déjà été abordés dans le rapport précédent (Giroux, 2010). Parmi les effets constatés, on note : l'induction d'un stress oxydatif; les malformations de la queue chez les têtards; la féminisation, la résorption, l'arrêt ou le sous-développement testiculaire chez les grenouilles mâles; et l'induction de comportements d'évitement.

De nouvelles publications viennent confirmer ces constats. Dinehart *et al* (2010) ont testé des concentrations simulant une pulvérisation directe du milieu aquatique (2 à 2,8 mg/l) avec du glyphosate sur deux espèces d'amphibiens (*Spea multiplicata* et *Spea bombifrons*). Ces concentrations ont causé la mort de tous les spécimens. Toutes les larves exposées à 2,8 mg/l de glyphosate n'ont pas survécu plus de 2 jours, alors que celles exposées à une concentration de 2 mg/l n'ont pas survécu au-delà de 11 jours. Toutefois, ces concentrations sont plus élevées que celles trouvées jusqu'à maintenant dans les cours d'eau du Québec.

Brousseau *et al* (2008) ont montré que l'exposition de la grenouille léopard (*Rana pipiens*) à des endroits présentant des pesticides dans le bassin versant de la rivière Yamaska altère la réponse du système immunitaire de cette espèce et la rend plus sensible aux différents agents pathogènes. Les travaux de Koprivnikar (2010) vont dans le même sens. L'auteur a exposé des spécimens de grenouilles léopard à divers stress, soit l'infection par un trématode parasite (*Echinostoma trivolvis*), l'exposition à un prédateur et l'exposition à une concentration de 3 µg/l d'atrazine. Les spécimens ont été soumis à un seul stress à la fois, puis à divers stress en combinaison. Il ressort de cette étude que le parasitisme ne compromet pas la survie de l'individu, mais que, lorsqu'il sévit en combinaison avec une concentration de 3 µg/l d'atrazine, la survie est menacée. Toutefois, la présence seule de l'atrazine influence la survie et la masse corporelle, et retarde le développement des têtards.

À partir d'études en mésocosmes, Jones *et al* (2011) ont montré qu'une densité élevée des têtards de ouaouarons (*R. catesbeiana*) cause une diminution de la croissance des individus et entraîne une moins grande résistance de cette espèce aux concentrations de glyphosate. Ainsi, pour une densité faible à moyenne de la population, la concentration létale est de 2,1 à 2,2 mg/l, mais la LC50⁴ diminue à 1,6 mg/l pour une densité de population plus importante. Jones *et al* (2010) ont aussi découvert que le moment d'exposition à l'herbicide glyphosate peut avoir une influence sur le taux de survie de plusieurs espèces d'amphibiens, certaines espèces étant plus sensibles au début de leur stade de têtard et d'autres vers la fin de ce stade. Ces mêmes auteurs révèlent aussi que pour des mésocosmes de types bassins ou réservoirs, la stratification thermique entraîne une stratification des concentrations de glyphosate, les concentrations plus élevées se trouvant près de la surface.

Neuman-Lee et Janzen (2011) ont exposé des œufs de deux espèces de tortues (*Graptemys ouachitensis* et *G. pseudogeographica*) à des concentrations d'atrazine de 0,1 µg/l, de 10 µg/l et de 100 µg/l. Ils ont trouvé que les tortues exposées à l'état embryonnaire à la concentration la plus faible d'atrazine (0,1 µg/l) présentent le plus faible taux de survie postéclosion. Selon les auteurs, leur recherche démontre que les espèces peuvent être gravement touchées par une exposition à une faible concentration d'atrazine.

Poissons

Dans une exposition de 30 jours de menés tête-de-boule à l'atrazine, Tillitt *et al* (2010) ont montré que la production totale d'œufs au moment de la fraie était diminuée de 25 % pour une exposition à 0,5 µg/l, de 19 % pour une exposition à 5 µg/l et de 39 % pour une exposition à 50 µg/l. Selon les auteurs, cette diminution serait principalement attribuable à un effet de l'atrazine sur le processus de maturation des oocytes chez les spécimens femelles. Ces données confirment que des concentrations telles que celles couramment rencontrées dans les cours d'eau du Québec peuvent avoir des effets sur la reproduction de cette espèce.

⁴ Concentration qui tue 50 % des organismes testés

Langer-Jaesrich *et al* (2010) ont montré qu'une exposition de 2 heures à une concentration de 6 µg/l de l'insecticide chlorpyrifos entraîne une modification du comportement fouisseur des larves de moucheron (*Chironomus riparius*) et les rend plus vulnérables au poisson prédateur étudié (*Danio rerio*).

En France, Polard *et al* (2011) ont exposé la carpe de Crucian (*Carassius carassius*) à de l'eau provenant d'une rivière dont le bassin est en culture de blé, de maïs et de tournesol. L'eau présente des concentrations de 25 herbicides, dont le métolachlore, l'isoproturon, le chlortoluron et l'atrazine. Les auteurs ont comparé les effets génotoxiques et mutagènes à des concentrations totales d'herbicides variant de 0,27 µg/l à 1,82 µg/l. Des échantillons de sang prélevés sur les spécimens exposés montrent des effets génotoxiques et mutagènes (dommages à l'ADN) à toutes les concentrations d'exposition.

Diatomées

En France, Roubeix *et al* (2010) ont étudié la composition des diatomées à 10 stations dans des rivières de la région des coteaux de Gascogne, une région agricole en culture de maïs, de blé, de tournesol et de colza. Dans ces rivières, les concentrations moyennes variaient de 0 à 1,78 µg/l pour le métolachlore et de 0 à 32 µg/l pour l'atrazine. La présence d'acétochlore, d'alachlore et de produits de dégradation de l'atrazine a aussi été rapportée. Les résultats montrent que les communautés de diatomées des endroits les plus pollués présentent la plus faible diversité d'espèces.

CONCLUSION

Les pesticides, en particulier les herbicides, sont encore omniprésents dans les rivières de zones agricoles où dominent les cultures de maïs et de soya. De la mi-mai jusqu'à la fin d'août, des mélanges de plusieurs pesticides sont détectés dans l'eau des rivières. Les pesticides présents et les concentrations varient au cours de l'été. Les rivières étudiées peuvent en présenter simultanément jusqu'à une vingtaine.

Les herbicides, très utilisés dans les cultures de maïs et de soya, sont encore les produits le plus souvent détectés dans les rivières à l'étude. Le *s*-métolachlore, l'atrazine, le glyphosate, l'imazéthapyr, le bentazone et le dicamba figurent encore parmi les herbicides décelés le plus fréquemment, mais une variété d'autres herbicides sont aussi présents.

La fréquence de détection et les concentrations mesurées du glyphosate continuent d'augmenter. Cet herbicide employé avec les cultures de maïs et de soya génétiquement modifiées (OGM) a été détecté en moyenne dans 86 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières agricoles à l'étude, rivières dont le bassin versant est à dominance de cultures de maïs et de soya.

L'analyse statistique des tendances temporelles révèle une baisse des concentrations médianes pour quatre herbicides. Déjà soulignée dans le rapport précédent, la tendance à la baisse de l'atrazine, du *s*-métolachlore et du dicamba se confirme donc encore par l'analyse statistique qui englobe les années 2008, 2009 et 2010. Quoique statistiquement significative, la baisse des concentrations médianes de dicamba est très faible. Pour le bentazone, on observe une tendance à la baisse des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Zéphirin, mais pas dans la rivière Saint-Régis, où la baisse n'est pas statistiquement significative.

En contrepartie, l'analyse révèle une hausse statistiquement significative des concentrations médianes pour deux herbicides. D'abord, le glyphosate, qui présente une hausse statistiquement significative des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis. Pour la rivière Saint-Zéphirin, la série temporelle est trop courte pour qu'on puisse y déceler une tendance significative, mais rappelons que le glyphosate y est régulièrement détecté. L'imazéthapyr, principalement utilisé pour le

soya, présente aussi une hausse statistiquement significative des concentrations médianes dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis, hausse qui serait liée à l'augmentation des superficies en culture de soya.

Globalement, les résultats sont cohérents avec ceux des études menées dans les zones agricoles en culture de maïs et de soya en Ontario, aux États-Unis et en France.

Malgré la baisse des concentrations médianes de certains pesticides, des pics de concentrations élevées sont encore observés dans l'eau des rivières à l'étude et l'on y trouve toujours des épisodes de dépassement des critères de qualité de l'eau, quoique la proportion des échantillons qui dépasse les critères soit toutefois moins importante que pour la période de 2005 à 2007. Dans le cas de l'atrazine, on note encore chaque année des dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques dans 5 % à 10 % des échantillons. Bien qu'ils soient détectés de manière plus épisodique, quelques insecticides sont aussi trouvés dans les rivières, en particulier le chlorpyrifos, le carbaryl et le diazinon. Leurs concentrations, notamment celles du chlorpyrifos, atteignent parfois des valeurs qui dépassent largement les critères de qualité de l'eau destinés à protéger les espèces aquatiques. La fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau est de l'ordre de 11 % en moyenne pour la rivière Chibouet, de 16 % pour les rivières des Hurons et Saint-Régis et de 10 % pour la rivière Saint-Zéphirin.

L'examen des communautés d'organismes benthiques qui vivent dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin a révélé un mauvais état de santé de ces communautés. Cela se traduit par une dominance des espèces tolérantes à la pollution, telles que les diptères Chironomidae et les trichoptères Hydropsychidae, alors que d'autres espèces plus sensibles à la pollution, telles que les plécoptères et les éphéméroptères, sont absentes ou en nombre limité. Le nombre total de taxons, qui reflète la diversité biologique du milieu, y est faible. La diversité biologique qui caractérise les milieux sains est absente de ces rivières. Avec d'autres facteurs de dégradation du milieu aquatique, la présence de pesticides peut contribuer à cette situation.

Plusieurs aspects demeurent donc préoccupants : l'omniprésence des pesticides dans les rivières étudiées, leurs concentrations parfois élevées, la présence de mélanges complexes de plusieurs pesticides et les recherches scientifiques récentes qui confirment les effets des pesticides, même en faibles concentrations, de même que les effets additifs et synergiques des mélanges de pesticides.

Ces multiples constats et études nous incitent à maintenir et à accroître les efforts en vue d'une réduction de l'utilisation et une réduction des risques des pesticides. À cet égard, la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021 prévoit des activités pour promouvoir, par exemple, l'application localisée ou l'application en bandes des herbicides, une meilleure utilisation des pesticides et une réduction des risques liés à leur usage. La mise en place de zones tampons, de bandes riveraines et d'équipements pour réduire la dérive sont quelques-unes des mesures envisagées. La poursuite du suivi environnemental est essentielle pour vérifier l'atteinte de ces objectifs.

BIBLIOGRAPHIE

- ACIA, 2010. Détermination de l'innocuité du maïs (*Zea mays* L.) MIR162 de Syngenta Seeds Canada Inc, [Document de décision DD2010-79], Agence canadienne d'inspection des aliments, Bureau de biosécurité végétale. Disponible en ligne à l'adresse : www.inspection.gc.ca/francais/plaveg/bio/dd/dd1079f.shtml
- ALLARD, M., 2011. Deux mauvaises herbes résistantes au Roundup, La Presse, 4 juillet 2011, p. 59.
- BERNIER, D., 2011. [Communication personnelle], Danielle Bernier, Spécialiste en malherbologie, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- 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, 134 p, 5 annexes.
- BROUSSEAU, P., M.S. CHRISTIN, A. GENDRON, D. MARCOGLIESE, S. RUBY, D.CYR, M. BOILY, I. GIROUX, M. FOURNIER, 2008. Effects of Agricultural Pesticides on the Health of *Rana pipiens* Frogs Sampled from the Field, Aquatic toxicology. [En voie de publication].
- CATON, L.W., 1991. Improving subsampling methods for EPA « Rapid Bioassessment benthic protocols, Bulletin of the North America Benthological Society, vol. 8, no 3, p. 317-319.
- CCME, 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, Winnipeg, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 8 chapitres.
- CHALIFOUR, A., P. JUNEAU, 2011. Effet combiné de la température et de l'atrazine sur la physiologie de *Scenedesmus Obliquus* et de *Microcystis aeruginosa* en cultures isolées et mixtes. [Présentation au Colloque du Chapitre Saint-Laurent 2011].
- CHAMBERS, C.P., M.R. WHILES, E.J. ROSI-MARSHALL, J.L. TANK, T.V. ROYER, N.A. GRIFFITHS, M.A. EVANS-WHITE, A.R. STOJAK, 2010. Responses of Streams Macroinvertebrates to Bt Maize Leaf Detritus, Ecological Applications, vol. 20, no 7, p. 1949-1960.
- CRAAQ et MAPAQ, 2011. Répertoire 2011, Traitements de protection des grandes cultures, Québec, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec et ministère de l'Agriculture de Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 571 p.
- DALTON, R.L., C. BOUTIN, 2010. Comparison of the Effects of Glyphosate and Atrazine Herbicides on Nontarget Plants Grown Singly and in Microcosms, Environmental Toxicology and Chemistry, vol. 29, no10, p. 2304-2315.
- DINEHART, S.K., L.M. SMITH, S.T. MCMURRY, P.N. SMITH, T.A.ANDERSON, D.A. HAUKOS, 2010. Acute and Chronic Toxicity of Roundup Weathermax and Ignite 280 SL to Larval *Spea multiplicata* and *S. bombifrons* from the Southern High Plains, USA, Environmental Pollution, vol. 158, p. 2610-2617.
- DUBOIS, A., L. LACOUTURE, C. FEUILLET, 2010. Les pesticides dans les milieux aquatiques, Données 2007, juillet 2010, Ministère de l'écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, Commissariat général au développement durable, Études et documents, no 26 , 49 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, 2011. Presence and Levels of Priority Pesticides in Selected Canadian Aquatic Ecosystems, Ottawa, Environment Canada, Water Science and Technology Directorate, ISBN 978-1-100-18386-2, 102 p.
- FADQ, 2010. Base de données des cultures généralisées, Financière agricole du Québec.

FORLANI, G., M. PAVAN, M. GRAMEK, P. KAFARSKI, J. LIPOK, 2008. Biochemical Bases for a Widespread Tolerance of Cyanobacteria to the Phosphonate Herbicide Glyphosate, *Plant Cell Physiol.*, vol 49, no 3, p. 443-456.

FORTIER, J., 2009. Dossier carbone : cinquième numéro : L'émergence de l'éthanol cellulosique, *Info-RLQ*, périodique de transfert de connaissances du Réseau Ligniculture Québec, vol 6, no4, 8 p. Disponible en ligne à l'adresse : www.rlq.uqam.ca/cartable/inforlq/InfoRLQvol6no4fevrier2009.asp

GIROUX, I., 2010. Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2005, 2006 et 2007 et dans des réseaux de distribution d'eau potable, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 78 p.

GIROUX, I., C. ROBERT et N. DASSYLVA, 2006. Présence de pesticides dans l'eau au Québec : bilan dans des cours d'eau de zones en cultures de maïs et de soya en 2002, 2003 et 2004 et dans les réseaux de distribution d'eau potable, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Direction des politiques de l'eau et Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ISBN 2-550-46504-0, 57 p., 5 annexes.

GIROUX, I., 2002. Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec – Campagnes d'échantillonnage de 1999, 2000 et 2001 et évolution temporelle de 1992 à 2001, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 45 p., 5 annexes.

GIROUX, I. 1999. La contamination de l'eau par les pesticides dans les régions en culture de maïs et de soya au Québec – Campagnes d'échantillonnage 1996, 1997, 1998, Québec, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques, 24 p., 5 annexes.

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, Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, 54 p., 6 annexes.

GORSE, I. et L. RIVARD, 2011. Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2008, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN (PDF) 978-2-550-61586-6, 85 p.

GORSE, I., 2011. [Communication personnelle]. Isabelle Gorse, responsable du bilan des ventes au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, 2011. Données agricoles.

JOHNSON, H.M., DOMAGALSKI, J.L., SALEH, D.K., 2011. Trends in Pesticide Concentrations in Streams of the Western United States 1993-2005, *Journal of the American Water Resources Association*, Avril 2011, vol. 47, no 2, p. 265-286.

JONES, D.K., J.I. HAMMOND, R.A. RELYEA, 2010. Roundup and Amphibians: The Importance of Concentration, Application Time, and Stratification, *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 29, no 9, p. 2016-2025.

JONES, D.K., J.I. HAMMOND, R.A. RELYEA, 2011. Competitive Stress can Make the Herbicide Roundup More Deadly to Larval Amphibians, *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 30, no 2, p. 446-454.

KOPRIVNIKAR, J., 2010. Interactions of Environmental Stressors Impact Survival and Development of Parasitized Larval Amphibians, *Ecological Applications*, vol. 20, no 8, p. 2263-2272.

LANGER-JAESRICH, M., C. KIENLE, H.R. KOHLER, A. GERHARDT, 2010. Impairment of Trophic Interactions Between Zebrafish (*Danio rerio*) and Midge Larvae (*Chironomus riparius*) by Chlorpyrifos, *Ecotoxicology*, vol. 19, p. 1294-1301.

MDDEP, 2009. Critères de qualité de l'eau de surface, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-57559-7 (PDF), 506 p., 16 annexes.

MDDEP, 2012. La qualité de l'eau de surface au Québec, 1999-2008, Québec, Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 97 p.

MOISAN, J., L. PELLETIER, 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2008. Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN : 978-2-550-53591-1, 86 p., 6 annexes.

NEUMAN-LEE, L., F.J. JANZEN, 2011. Atrazine Exposure Impacts, Behavior and Survivorship of Neonatal Turtles, *Herpetologica*, vol. 67, no 1, p. 23-31.

PARENT, C., 2011. [Communication personnelle], Claude Parent, avertisseur en grandes cultures pour les fongicides et traitements de semences, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

PEREZ, G.L., A. TORREMORELL, H. MUGNI, P. RODRIGUEZ, M.S. VERA, M. DO NASCIMENTO, L. ALLENDE, J. BUSTINGORRY, R. ESCARAY, M. FERRARO, I. IZAGUIRRE, H. PIZARRO, C. BONETTO, D.P. MORRIS, H. ZAGARESE, 2007. Effects of the Herbicide Roundup on Freshwater Microbial Communities: a Mesocosm Study, *Ecological Applications*, vol. 17, no. 8, p. 2310-2322.

POLARD, T., S. JEAN, L. GAUTHIER, C. LAPLANCHE, G. MERLINA, J.M. SANCHEZ-PEREZ, E. PINELLI, 2011. Mutagenic Impact on Fish of Runoff Events in Agricultural Areas in South-West France, *Aquatic Toxicology*, vol 101, p. 126-134.

RENAUD, R., 2007. Nouvelle Chaire de recherche industrielle en éthanol cellulosique, Liaison, Université de Sherbrooke, 14 juin 2007. Disponible à l'adresse : www.usherbrooke.ca/liaison_vol41/n19/a_ethanol.html

RICHARD, Y., I. GIROUX, 2004. Impact de l'agriculture sur les communautés benthiques et piscicoles du ruisseau Saint-Georges (Québec, Canada), Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 28 p. et 2 annexes. Disponible à l'adresse : www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/assomption/St_Georges.htm

RIOUX, S., 2010. Évaluation de fongicides chez les céréales pour réduire l'incidence de la fusariose, CEROM, Centre de recherche sur les grains Inc., [Projet de recherche en cours de réalisation].

ROUBEIX, V., N. MAZZELLA, F. DELMAS, M. COSTE, 2010. In Situ Evaluation of Herbicides Effects on the Composition of River Periphytic Diatom Communities in a Region of Intensive Agriculture, *Vie et Milieu – Life and Environment*, vol. 60, no 2, p. 233-241.

SAS INSTITUTE, 2004. SAS OnlineDoc 9.1.3, Cary, NC: SAS Institute Inc.

SCHAFER, R.B., V. PETTIGROVE, G. ROSE, G. ALLINSON, A. WIGHTWICK, P.C. VON DER OHE, J. SHIMETA, R. KUHNÉ, B.J. KEFFORD, 2011. Effects of Pesticides Monitored with Three Sampling Methods in 24 Sites on Macroinvertebrates and Microorganisms, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 45, p. 1665-1672.

SCHMITTER, J.J., L.E. RUIZ-CAUICH, R.L. HERRERA, D. GONZALEZ-SOLIS, 2011. An Index of Biotic Integrity for Shallow Streams of the Hondo River Basin, *Science of the Total Environment*, Vol. 409: 844-852.

SCRIBNER, E., BATTAGLIN, W.A., GILLIOM, R.J., MEYER, M.T., 2007. Concentrations of Glyphosate, Its Degradation Product, Aminomethylphosphonic Acid, and Glufosinate in Ground and Surface Water, Rainfall and Soil Samples Collected in the United States, 2001-06, US Geological Survey, Report 2007-5122, 111 p.

STATISTIQUE CANADA, 2006. Recensement de l'agriculture 2006.

STRUGER, J., E. SVERKO, S. CAGAMPAN, J. GRABUSKI, C. MARVIN, 2009. Pesticides in Surface Waters of Ontario, 36th Aquatic Toxicity Workshop, Charlevoix, Septembre 2007.

STRUGER, J., D. THOMPSON, B. STAZNIK, P. MARTIN, T. MCDANIEL, C. MARVIN, 2008. Occurrence of Glyphosate in Surface Waters of Southern Ontario, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* DOI 10.1007/s00128-008-9373-1.

SULLIVAN, D.J., A.V. VECCHIA, D.L. LORENZ, R.J.GILLIOM, J.D.MARTIN, 2009. Trends in Pesticide Concentrations in Corn-Belt Streams, 1996-2006, US Geological Survey, Scientific Investigations Report 2009-5132, 75 p.

TILLITT, D.E., D.M. PAPOULIAS, J.J. WHYTE, C.A. RICHTER, 2010. Atrazine Reduces Reproduction in Fathead Minnow (*Pimephales promelas*), *Aquatic Toxicology*, vol. 99, p. 149-159.

Annexe 1 Méthodologie

Emplacement et coordonnées des stations échantillonnées

Nom	Emplacement	Coordonnées ¹	Numéro BQMA ²
Rivière Chibouet	Pont de la route 224 à Saint-Hugues	45.789366 -72.852286	03030038
Rivière des Hurons	Pont situé à 1,5 km en aval du ruisseau Saint-Louis, au nord de Marieville	45.490752 -73.185739	03040007
Rivière Saint-Régis	Pont-route de la rue Brébeuf à Sainte-Catherine	45.399310 -73.563918	03080001
Rivière Saint-Zéphirin	Pont de la route 226 (ou rang Saint-Joseph) à La Visitation	46.130830 -72.599232	03010046

1. NAD 83, degrés décimaux.

2. Base de données sur la qualité des milieux aquatiques

Fréquence d'échantillonnage

L'analyse des résultats de l'échantillonnage quotidien effectué dans la rivière à la Barbut en 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 (Berryman et Giroux, 1994). Jusqu'à 2009, c'est donc cette fréquence d'échantillonnage qui avait été utilisée. Sur la base d'une nouvelle analyse statistique démontrant que la perte d'information n'était que minime pour la plupart des herbicides le plus souvent détectés, la fréquence d'échantillonnage est passée à deux fois par semaine. À partir de 2010, c'est donc cette fréquence d'échantillonnage qui a été appliquée de la mi-mai à la mi-août aux quatre stations. Toutefois, l'analyse statistique montrait une perte d'information, soit une diminution de 5 % à 15 % de la probabilité de détecter les insecticides.

Méthode d'échantillonnage

Des personnes habitant à proximité du lieu d'échantillonnage ont été engagées pour effectuer l'échantillonnage. Les échantillons d'eau sont prélevés à gué ou à partir d'un pont. Dans le cas de l'échantillonnage à partir d'un pont, les bouteilles sont fixées à un support métallique lesté d'un bloc de plomb. Des bouteilles de verre clair servent à effectuer le prélèvement. Après le prélèvement, le dessous du bouchon est couvert d'un papier d'aluminium afin d'éviter l'adsorption des pesticides sur le plastique du bouchon. Pour le glyphosate, les échantillons sont prélevés à l'aide de bouteilles de plastique. Les échantillons sont conservés au frais dans des glacières jusqu'à leur arrivée au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). On visite les personnes engagées pour l'échantillonnage chaque été afin de vérifier leurs techniques de prélèvement.

Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection

Balayage des organophosphorés, des triazines et des autres familles (OPS)

Pour l'analyse des triazines, des organophosphorés et d'autres familles, 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 à l'aide d'une solution d'acétate d'éthyle saturée d'eau. L'éluat est ensuite concentré à faible volume sous atmosphère d'argon.

Les pesticides sont séparés sur 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 (malathion-D10 et atrazine-D5) et d'un étalon d'injection (trifluraline-D14 et chlorpyrifos-D10). De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés dans chaque série d'analyses.

Phénoxyacides ou aryloxyacides (PESARY)

L'échantillon est acidifié à l'aide de H_2SO_4 (5 ml de H_2SO_4 10 N par litre d'eau), pour obtenir un pH < 2 afin de favoriser la forme non ionisée des acides. Les aryloxyacides sont extraits sur une colonne de type octadécyle (C18) et ils sont élués à l'aide d'un mélange de dichlorométhane et de méthanol. L'éluat recueilli est évaporé à sec sous atmosphère d'argon et estérifié avec une solution de diazométhane.

Les pesticides dérivés sont ensuite purifiés sur une colonne de gel de silice et transférés dans l'acétate d'éthyle. Ils sont analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse en mode balayage d'ions. Le temps de rétention ainsi qu'un groupe d'ions caractéristiques permettent l'identification de chacun des composés présents. 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-D3 et 2,4-D-D3) utilisés comme étalons d'extraction, de deux étalons d'injection (1,3,5-tribromobenzène et 2,3,3',4,6-pentachlorobiphényl) et d'un étalon de dérivation (2,3-D). De plus, dans chaque série d'analyses, un blanc de méthode ainsi qu'un matériau de référence certifié sont analysés.

Glyphosate et AMPA

L'échantillon est extrait sur résines échangeuses d'ions. Tout d'abord, on traite une colonne constituée de résine Chelex[®] 100 avec du $FeCl_3$. Par la suite, 50 ml d'échantillon acidifié à l'aide de HCl (pH 1,6-2,0) sont ajoutés en tête de colonne et après divers traitements, l'éluion est effectuée à l'aide de HCl 6N. Cet extrait est ensuite purifié sur résine AG1-X8[®] 200-400 mesh (forme chlorure). L'éluion est encore une fois effectuée à l'aide de HCl 6N. L'extrait est ensuite évaporé à sec et reconstitué en ajoutant 5 ml d'eau Nanopure[®]. Le pH est ajusté à 3-4.

L'extrait est filtré sur 0,45 μm . La quantification est effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase liquide muni d'une colonne chromatographique de type anionique. Le système est muni d'un réacteur postcolonne. La réaction consiste en une hydrolyse à l'aide d'une solution d'hypochlorite de calcium suivie d'ajout d'OPA-thiofluor qui réagit avec l'amine primaire formée précédemment, ce qui produit un composé fluorescent qui est détecté à l'aide d'un détecteur approprié. Des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés dans chaque série d'analyses ainsi qu'un blanc de méthode.

Flumetsulame, rimsulfuron, imazéthapyr et nicosulfuron (FRIN)

L'échantillon est acidifié et extrait par passage à travers une cartouche de charbon activé, préalablement conditionnée. Les pesticides retenus sur la cartouche sont élués à l'aide d'un mélange de dichlorométhane, de méthanol et d'acide formique. L'éluat recueilli est filtré et évaporé à sec. Au moment du dosage, celui-ci est dissous de nouveau et analysé par chromatographie liquide avec détection par spectrométrie de masse en tandem (MS/MS) en mode MRM (*multiple reaction monitoring*). La concentration des produits trouvés dans l'échantillon est calculée en comparant la surface du pic de l'échantillon à celles obtenues à l'aide de solutions étalons.

Dans chaque série d'analyses, un blanc de méthode, un matériau de référence ainsi qu'un ajout dans l'échantillon sont analysés. L'atrazine-D5 est utilisé comme étalon d'extraction et le terbutryn comme étalon d'injection.

Limites de détection (µg/l) des pesticides analysés en rivière en 2008, en 2009 et en 2010

	Organophosphorés, triazines, etc. (OPS)			Phénoxyacides			
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	
Atrazine	0,02	0,02	0,02	2,4-D	0,02	0,02	0,02
Dééthyl-atrazine	0,03	0,03	0,03	2,4-DB	0,02	0,02	0,02
Désopropyl-atrazine	0,03	0,03	0,03	2,4-DP	0,03	0,03	0,03
Azinphos-méthyl	0,20	0,20	0,20	2,4,5-T	0,01	0,01	0,01
Bendiocarbe	0,05	0,05	0,05	Bentazone	0,04	0,04	0,04
Butilate	0,02	0,02	0,02	Bromoxynil	0,02	0,02	0,02
Carbaryl	0,07	0,07	0,07	Clopyralide	0,03	0,03	0,03
1-naphtol	0,03	0,03	0,03	Dicamba	0,03	0,03	0,03
Carbofuran	0,09	0,09	0,09	Diclofop-méthyl	0,02	0,02	0,02
Chlorfenvinphos	0,05	0,05	0,05	Dinosébe	0,04	0,04	0,04
Chlorothalonil	0,05	0,05	0,05	Fénoprop	0,01	0,01	0,01
Chloroxuron	0,13	0,13	0,13	MCPA	0,01	0,01	0,01
Chlorpyrifos	0,03	0,03	0,03	MCPB	0,01	0,01	0,01
Cyanazine	0,05	0,05	0,05	Mécoprop	0,01	0,01	0,01
Diazinon	0,02	0,02	0,02	Piclorame	0,02	0,02	0,02
Dichlorvos	0,03	0,03	0,03	Triclopyr	0,02	0,02	0,02
Diméthénamide	0,03	0,03	0,03				
Diméthoate	0,04	0,04	0,04				
Disulfoton	0,03	0,03	0,03				
Diuron	0,24	0,24	0,24				
EPTC	0,02	0,02	0,02				
Fénitrothion	0,03	0,03	0,03				
Fonofos	0,01	0,01	0,01				
Linuron	0,07	0,07	0,07				
Malathion	0,02	0,02	0,02				
Méthidathion	0,02	0,02	0,02				
Méthyl-parathion	0,03	0,03	0,03				
γ-Métolachlore	0,01	0,01	0,01				
Métribuzine	0,02	0,02	0,02				
Mévinphos	0,03	0,03	0,03				
Myclobutanil	0,05	0,05	0,05				
Parathion	0,02	0,02	0,02				
Phorate	0,03	0,03	0,03				
Phosalone	0,04	0,04	0,04				
Simazine	0,02	0,02	0,02				
Tébutiuron	0,29	0,29	0,29				
Terbufos	0,05	0,05	0,05				
Trifluraline	0,02	0,02	0,02				

Contrôles de qualité de l'analyse et de l'échantillonnage

Ainsi qu'il est indiqué dans les descriptions précédentes, les procédures d'analyse en laboratoire incluent différents contrôles de qualité. Lors de l'échantillonnage, des contrôles de qualité sont aussi effectués afin de déceler d'éventuelles altérations des échantillons au moment de l'échantillonnage ou du transport.

Contrôles de qualité en laboratoire

Chaque certificat d'analyse reçu porte une mention relativement au pourcentage de recouvrement (ou de récupération) des substances étalons utilisées au moment de l'analyse. Cela permet de vérifier l'efficacité de l'analyse. Lorsque le pourcentage de recouvrement n'est pas satisfaisant, le certificat porte une mention spéciale indiquant ce faible recouvrement. Ces échantillons sont désignés par la mention « RNF » dans les résultats bruts présentés à l'annexe 3. La proportion des analyses avec un faible pourcentage de récupération était de 10 % en 2008, de 4,4 % en 2009 et de 2,6 % en 2010. Dans ces cas, il est possible que les concentrations soient sous-estimées.

Contrôles de qualité terrain

Durant la période d'étude 2008-2010, 12 blancs de terrain ont été effectués, soit 4 blancs par année, 1 pour chaque rivière. Pour chacune des rivières, tous les paramètres ont été analysés dans les blancs. Ces blancs de terrain permettent de voir si un polluant est introduit dans la procédure d'une autre façon que par l'eau (ex. : présence dans l'air lors de l'échantillonnage ou du transport). Aucun pesticide n'a été détecté dans les blancs de terrain effectués chaque année et pour chaque station d'échantillonnage.

Emplacement des stations pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques

Nom	Bassin versant	Coordonnées ¹	Numéro BQMA
Rivière Chibouet	Yamaska	45.791800 -72.793660	03030320
Rivière Saint-Zéphirin	Nicolet	46.130830 -72.599232	03010096

1. NAD 83

La station de prélèvement pour l'analyse du benthos de la rivière Chibouet est située à environ 5 km en amont de la station de mesure des pesticides. Dans le cas de la rivière Saint-Zéphirin, les deux stations (mesure des pesticides et prélèvements pour l'analyse du benthos) sont toutes les deux au même endroit, non loin de l'embouchure du cours d'eau.

Échantillonnage des macroinvertébrés benthiques

L'échantillonnage des macroinvertébrés a eu lieu à l'automne 2006 dans la rivière Chibouet et à l'automne 2008 dans la rivière Saint-Zéphirin.

L'échantillonnage a été effectué avec un filet troubleau ou D-net (maille : 600 µm) et les macroinvertébrés ont été délogés manuellement sur une surface de 50 cm sur 30 cm pendant 30 secondes (Moisan et Pelletier, 2008). Pour chaque site d'échantillonnage, 20 coups de filet ont été donnés dans les seuils et les plats courants sur un tronçon de 100 mètres afin d'obtenir un échantillon composite d'une surface d'environ 3 m². L'échantillon composite a été conservé dans l'alcool à 95 % (Moisan et Pelletier, 2008).

Au laboratoire, les échantillons ont été préalablement rincés sur des tamis (plus petite maille : 600 µm) et ensuite déposés dans un plateau de fractionnement Caton d'une superficie de 30 cm sur 36 cm, séparée en 30 carreaux (Caton, 1991). La méthode de sous-échantillonnage utilisée est basée sur un compte fixe de 200. Des carreaux ont été choisis de façon aléatoire jusqu'à l'obtention d'au moins 200 taxons qui ont ensuite été triés et identifiés avec un stéréomicroscope. La plupart des identifications (surtout les insectes) ont été effectuées au niveau taxonomique du genre (Moisan et Pelletier, 2008).

Annexe 2 Statistiques descriptives, traitement des données et analyse des tendances temporelles

Les statistiques descriptives par rivière (nombre d'observations, pourcentage de détection, concentrations moyenne, médiane et maximale) de tous les pesticides dont la fréquence de détection est supérieure à 50 % ont été calculées et sont présentées dans les tableaux suivants (tableaux 2.1 à 2.4). Afin de réaliser ce traitement, les résultats « traces » ont été remplacés par la valeur qui correspond à la moitié du seuil de détection et les valeurs « non détectées » ont été remplacées par zéro.

La fréquence moyenne de détection pour chaque pesticide a ensuite été calculée en prenant la moyenne des fréquences de détection pour chacune des années et chacune des quatre stations à l'étude (tableaux 2.5 à 2.7).

La fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau a été calculée par pesticide pour les quatre stations confondues (tableau 2.8), et par station pour l'ensemble des pesticides analysés (tableau 2.9), c'est-à-dire le nombre d'échantillons avec un ou plusieurs dépassements des critères CVAC sur le nombre total d'échantillons prélevés cette année-là dans la rivière. À l'aide du logiciel SigmaStat, une analyse statistique de régression linéaire a été appliquée sur ces dernières données afin de vérifier si les tendances observées graphiquement étaient significatives.

Tableau 2.1

Concentrations moyenne, médiane et maximale des pesticides détectés le plus souvent dans la rivière Chibouet (µg/l)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MOYENNE																			
Atrazine	2,866	3,387	3,769	2,045	1,884	1,884	1,157	1,091	1,546	1,597	1,834	0,876	0,745	0,693	1,208	0,979	1,329	0,633	0,525
DEA	0,776	0,547	0,628	0,419	0,5	0,305	0,32	0,281	0,214	0,322	0,238	0,161	0,183	0,199	0,173	0,114	0,138	0,124	0,057
DIA	-	-	0,186	0,139	0,205	0,112	0,111	0,094	0,065	0,106	0,068	0,04	0,055	0,0575	0,062	0,034	0,045	0,047	0,025
Métolachlore	0,814	1,9	2,655	0,63	1,249	1,397	1,107	0,462	0,862	1,688	0,696	0,406	0,329	0,365	1,388	0,314	0,608	0,677	0,543
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,588	0,964	0,757	0,929	0,442	0,428	0,398	0,387	0,29	0,123	0,47	0,151	0,22	0,366
Dicamba	NA	NA	0,796	0,228	0,568	0,652	0,419	0,426	0,597	0,376	0,367	0,406	0,342	0,294	0,209	0,086	0,24	0,083	0,024
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,058	0,14	0,123	0,238	0,429	0,226	0,228	0,559	0,561	0,635
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,165	0,337	0,36	0,324	0,471
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,041	0,022	0,018	0,0256	0,02	0,011	0,013	0,008	0,007
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,037	0,022	0,041	0,0384	0,0454	0,027	0,063	0,082	0,06
MÉDIANE																			
Atrazine	2,815	2,1	1,7	1,2	1,075	1,2	1,1	0,41	0,61	0,58	0,76	0,59	0,45	0,495	0,39	0,6	0,515	0,36	0,145
DEA	0,375	0,365	0,49	0,3	0,2	0,24	0,39	0,205	0,2	0,16	0,14	0,11	0,11	0,115	0,11	0,11	0,095	0,09	0,04
DIA	-	-	0,145	0,1	0,065	0,09	0,12	0,065	0,06	0,06	0	0	0	0	0,03	0,034	0,03	0	0
Métolachlore	0,7	0,85	1,3	0,31	0,85	0,53	0,94	0,2	0,31	0,48	0,44	0,21	0,17	0,23	0,28	0,25	0,275	0,45	0,185
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,465	0,7	0,45	0,47	0,24	0,18	0,07	0,21	0,185	0,05	0,11	0,1	0,13	0,11
Dicamba	NA	NA	0,095	0,055	0,305	0,145	0,22	0,07	0,17	0,12	0,11	0,15	0,2	0,095	0,06	0	0,07	0,03	0
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0,14	0,15	0,135	0,14	0,335	0,29	0,39
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,2	0,33	0,405	0,29	0,42
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0,01	0,006	0,008	0,008	0,008	0,004	0,003
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,02	0	0,02	0,026	0,016	0,018	0,038	0,064	0,032
MAXIMALE																			
Atrazine	5,6	29	16	11	11	7	4,1	6	7,5	30	19	6,9	3,7	3,4	9	6,7	8,5	3,1	2,1
DEA	2,6	4,1	1,9	1,2	2,2	0,82	0,95	1,4	0,75	3,4	0,99	0,69	0,98	1,5	0,87	0,37	0,66	0,57	0,31
DIA	-	-	0,61	0,42	1,8	0,34	0,33	0,49	0,32	1	0,49	0,31	0,52	0,59	0,43	0,16	0,29	0,29	0,19
Métolachlore	2,6	21	12	3,8	7,3	9,7	4,6	2,5	3,8	41	4	3,3	1,6	2	13	1,1	4,3	3,2	2,3
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	2,6	5,8	6,4	3,9	2,4	7,5	2,4	3,1	1,4	0,68	13	0,79	1,7	5,9
Dicamba	NA	NA	5,4	2,1	4,6	5	4,2	3,7	3,1	4,5	2	5	2,1	4,7	1,1	1,5	2,4	0,46	0,17
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,2	0,2	1,6	1,5	3,6	1,2	1,3	5,8	3,3	3,4
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,5	1,1	1,1	1,1	1,4
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,54	0,19	0,14	0,14	0,16	0,062	0,078	0,046	0,061
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,29	0,15	0,2	0,18	0,54	0,19	0,51	0,34	0,52
N OPS	14	30	34	37	40	37	42	44	39	45	42	39	40	40	39	43	42	43	28
N Phénoxy	NA	NA	26	38	40	42	42	43	39	45	42	39	41	40	40	43	41	43	29
N Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	45	23	32	39	40	40	43	42	43	29
N FRIN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	42	39	37	40	39	43	43	43	28

NOTE : Dans le calcul des moyennes et des médianes, les résultats « non détectés » ont été remplacés par 0.

NA : Non analysé

Tableau 2.2

Concentrations moyenne, médiane et maximale des pesticides détectés le plus souvent dans la rivière des Hurons (µg/l)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MOYENNE																			
Atrazine	2,194	2,059	1,419	0,528	1,497	0,975	0,735	0,529	0,794	0,631	1,092	0,417	0,505	0,576	0,428	0,72	0,719	0,615	0,36
DEA	0,388	0,466	0,413	0,226	0,304	0,248	0,198	0,155	0,167	0,16	0,19	0,112	0,117	0,139	0,088	0,096	0,101	0,12	0,061
DIA	-	-	0,139	0,094	0,13	0,114	0,071	0,055	0,071	0,061	0,066	0,026	0,047	0,058	0,057	0,032	0,045	0,053	0,035
Métolachlore	0,52	1,133	1,025	0,449	1,407	1,538	0,696	0,475	0,778	0,392	0,782	0,467	0,411	0,379	0,347	0,424	0,597	0,666	0,372
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,764	0,825	0,373	0,605	0,623	0,463	0,34	0,354	0,851	0,401	0,302	0,329	0,504	0,505
Dicamba	NA	0,35	0,36	0,086	0,664	0,453	0,196	0,206	0,245	0,176	0,284	0,244	0,31	0,297	0,166	0,074	0,09	0,118	0,064
2,4-D	NA	0,081	0,15	0,173	0,105	0,226	0,117	0,169	0,155	0,263	0,156	0,075	0,065	0,0625	0,09	0,065	0,044	0,024	0,074
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0,039	0,126	NA	0,08	0,197	0,183	0,205	0,315	0,3
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,344	0,215	0,216	0,116	0,189
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,011	0,003	NA	0,012	0,008	0,007	0,011	0,005	0,004
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,021	0,007	NA	0,099	0,032	0,025	0,055	0,069	0,058
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,026	0,005	NA	0,011	0,016	0,01	0,032	0,023	0,018
MÉDIANE																			
Atrazine	1,38	1,2	0,92	0,42	0,78	0,45	0,545	0,375	0,4	0,44	0,745	0,3	0,29	0,265	0,27	0,42	0,285	0,255	0,22
DEA	0,35	0,34	0,37	0,18	0,22	0,18	0,155	0,11	0,09	0,11	0,125	0,07	0,09	0,09	0,08	0,072	0,07	0,08	0,05
DIA	-	-	0,12	0,07	0,08	0,07	0,055	0,04	0,02	0,04	0,025	0	0	0	0,05	0	0,03	0,006	0
Métolachlore	0,4	0,5	0,54	0,25	0,43	0,7	0,49	0,235	0,29	0,22	0,43	0,26	0,22	0,15	0,165	0,2	0,21	0,24	0,24
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,24	0,545	0,21	0,37	0,623	0,33	0,24	0,2	0,35	0,15	0,24	0,19	0,25	0,24
Dicamba	NA	0,2	0,115	0	0,22	0,14	0,1	0,05	0,1	0,176	0,14	0,09	0,16	0,085	0,12	0,05	0,06	0,04	0,045
2,4-D	NA	0,03	0,1	0,13	0,07	0,11	0,1	0,11	0,11	0,263	0,09	0,04	0,065	0,045	0,06	0	0	0	0,04
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0	0,13	NA	0,08	0,1	0,13	0,155	0,155	0,225
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,3	0,27	0,255	0	0,235
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0	0	NA	0,006	0,006	0,002	0,005	0	0,001
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	N	NA	0,02	0	NA	0,035	0,017	0,011	0,043	0,026	0,035
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	N	NA	0	0	NA	0,011	0,011	0	0,022	0,012	0,012
MAXIMALE																			
Atrazine	6,2	15	12	2,8	13	5,6	3,1	2	7,6	3,7	12	3,6	4,3	6,7	1,5	6,5	5	5,2	1,9
DEA	1,01	1,9	0,94	0,73	0,86	1,2	0,74	0,9	1,2	0,57	1,1	0,56	0,5	1	0,28	0,38	0,39	0,86	0,23
DIA	-	-	0,4	0,29	0,5	0,51	0,35	0,23	0,69	0,41	0,5	0,24	0,47	0,59	0,15	0,23	0,27	0,54	0,16
Métolachlore	1,4	12	7,6	2,6	16	11	3,4	2,8	6,9	2,9	8,1	4	3,3	3	2	2,9	4	5,4	2,6
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	6,4	5,3	1,9	5,4	3,9	1,9	1,6	1,6	8	4	0,96	1,6	3,3	2,4
Dicamba	NA	0	2,3	1,9	5,5	3,6	1	2,3	1,7	0,74	3,3	4,4	2,9	4	0,77	0,57	0,55	1,5	0,49
2,4-D	NA	0	0,46	0,62	0,98	1,7	0,48	1,6	0,69	2,4	1,5	0,54	0,29	0,3	0,43	0,58	0,48	0,39	0,33
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0,2	0,56	NA	1,2	1,9	1,3	1,1	2,7	1,2
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,8	0,53	0,55	0,65	0,57
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,07	0,11	NA	0,1	0,034	0,15	0,096	0,059	0,032
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,19	0,1	NA	0,86	0,18	0,28	0,29	0,44	0,28
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,26	0,09	NA	0,037	0,097	0,095	0,17	0,12	0,087
N OPS	15	30	37	34	41	39	45	44	41	43	42	39	41	40	40	43	42	42	30
N Phénoxy	NA	30	30	33	41	39	45	43	41	44	42	39	41	40	40	43	42	43	30
N Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26	NA	23	32	NA	40	34	43	42	42	30
N FRIN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	42	39	NA	38	34	43	42	42	30

NOTE : Dans le calcul des moyennes et des médianes, les résultats « non détectés » ont été remplacés par 0.

NA : Non analysé

Tableau 2.3

Concentrations moyenne, médiane et maximale des pesticides détectés le plus souvent dans la rivière Saint-Régis (µg/l)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MOYENNE																			
Atrazine	NA	2,377	1,239	1,437	2,62	1,23	1,02	0,829	1,35	1,154	1,187	0,693	0,518	0,528	0,486	0,447	0,222	0,283	0,199
DEA	NA	0,386	0,26	0,256	0,331	0,265	0,241	0,156	0,24	0,193	0,172	0,111	0,09	0,08	0,109	0,11	0,049	0,052	0,035
DIA	NA	-	0,101	0,105	0,145	0,108	0,102	0,058	0,11	0,065	0,045	0,023	0,012	0,017	0,058	0,022	0,022	0,015	0,015
Métolachlore	NA	2,003	0,718	1,045	3,867	1,397	0,899	0,96	1,23	1,197	0,977	1,26	0,378	0,508	0,69	0,419	0,644	0,796	0,661
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,63	1,088	1,563	0,7	0,797	1,168	0,223	0,299	0,433	0,272	0,238	0,201	0,444	0,511
Dicamba	NA	0,616	0,172	0,39	0,891	0,62	0,427	0,293	0,47	0,544	0,295	0,243	0,36	0,187	0,235	0,119	0,228	0,174	0,136
2,4-D	NA	0,161	0,295	0,165	0,274	0,326	0,504	0,425	0,28	0,469	0,294	0,352	0,165	0,179	0,043	0,1	0,067	0,037	0,046
Mécoprop	NA	0,111	0,117	0,048	0,199	0,225	0,331	0,0007	0,001	0,357	0,235	0,346	0,178	0,181	0,047	0,076	0,074	0,009	0,06
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,043	0,082	NA	0,175	0,21	0,187	0,7	0,42	1,542
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,115	0,204	0,269	0,282	0,613
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,002	0	NA	0,006	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,025	0,017	NA	0,04	0,055	0,035	0,095	0,03	0,057
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,005	0,003	NA	0,0001	0,002	0,001	0,008	0,006	0,019
MÉDIANE																			
Atrazine	NA	1,35	0,83	0,47	0,89	0,625	0,54	0,705	0,74	0,6	0,57	0,4	0,28	0,215	0,32	0,31	0,19	0,185	0,1
DEA	NA	0,27	0,24	0,15	0,17	0,15	0,14	0,15	0,17	0,15	0,13	0,1	0,08	0,065	0,09	0,071	0,05	0,045	0,03
DIA	NA	-	0,09	0,07	0,07	0,075	0,06	0,06	0,08	0,05	0	0	0	0	0,04	0	0,03	0	0
Métolachlore	NA	1,25	0,48	0,35	1,5	0,88	0,55	0,445	0,64	0,915	0,625	0,69	0,27	0,29	0,44	0,22	0,48	0,34	0,28
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,255	0,15	0,13	0,29	0,46	0,23	0,17	0,17	0,12	0,14	0,11	0,12	0,23	0,295
Dicamba	NA	0,28	0,115	0,08	0,24	0,315	0,21	0,1	0,26	0,235	0,17	0,14	0,23	0,125	0,14	0,07	0,085	0,13	0,075
2,4-D	NA	0,13	0,22	0,06	0,16	0,185	0,23	0,31	0,16	0,23	0,22	0,17	0,15	0,12	0	0,07	0,045	0,03	0,02
Mécoprop	NA	0,29	0,55	0,39	1,1	2,1	1,8	0,03	0,03	2,3	0,2	0,17	0,15	0,125	0,04	0,05	0,07	0	0,025
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	NA	0,07	0,09	0,12	0,26	0,255	0,335
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,25	0,26	0,26	0,3	0,495
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	NA	0	0	0	0	0	0
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,005	0	NA	0,0175	0,016	0,014	0,023	0,019	0,028
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	NA	0	0	0	0	0	0,004
MAXIMALE																			
Atrazine	NA	13	4,3	17	14	7	6,1	2,4	5,5	9,4	11	4	8,5	5,5	1,7	2,4	0,59	1,7	1,5
DEA	NA	1,6	0,8	1	1,3	1,7	1,8	0,44	1	0,91	1,3	0,35	0,3	0,52	0,43	0,95	0,13	0,17	0,17
DIA	NA	-	0,29	0,41	0,59	0,66	0,95	0,13	0,52	0,5	0,3	0,15	0,11	0,18	0,76	0,28	0,08	0,18	0,13
Métolachlore	NA	14	4,8	10	26	5,6	4,5	5,2	10	6,9	6,9	6,2	2,3	3,6	3,4	2,4	3,2	6	8,3
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	6,4	22	49	4,2	5,6	34	0,85	2	2,6	1,9	3,7	0,68	3	2,2
Dicamba	NA	2,9	0,84	5,7	6,6	5,8	2	2,6	2,6	2,4	2,1	2,6	4,5	1,2	1,5	0,72	3,2	0,7	0,38
2,4-D	NA	0,48	1	0,75	1,2	2,7	2,9	3,3	1,1	4,1	1,6	1,8	0,43	0,93	0,31	0,44	0,52	0,16	0,23
Mécoprop	NA	0,29	0,55	0,39	1,1	2,1	1,8	0,03	0,03	2,3	1,4	2	0,47	0,97	0,21	0,35	0,36	0,06	0,3
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,2	0,35	NA	1,6	3,2	1,3	16	2,5	29
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	0,5	0,54	0,61	0,69	3,8
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,05	0	NA	0,066	0,028	0,026	0,019	0,024	0,025
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,27	0,22	NA	0,37	0,61	0,34	1,9	0,2	0,26
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,05	0,1	NA	0,007	0,057	0,019	0,046	0,045	0,17
N OPS	NA	30	33	35	41	40	47	44	42	44	40	39	39	40	39	43	41	38	28
N Phénoxy	NA	12	34	35	41	40	47	43	42	45	39	39	39	40	39	43	40	38	28
N Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	23	36	NA	31	33	43	41	38	28
N FRIN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40	39	NA	38	33	43	41	38	28

NOTE : Dans le calcul des moyennes et des médianes, les résultats «non détectés» ont été remplacés par 0.

NA : Non analysé

Tableau 2.4

Concentrations moyenne, médiane et maximale des pesticides les plus fréquemment détectés dans la rivière Saint-Zéphirin (µg/l)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MOYENNE																			
Atrazine	1,59	2,106	1,473	1,608	3,021	1,341	1,171	0,377	0,86	0,64	2,4	0,473	0,501	0,204	0,279	0,345	0,278	0,416	1,269
DEA	0,528	0,467	0,365	0,388	0,726	0,286	0,353	0,152	0,16	0,19	0,17	0,115	0,08	0,032	0,079	0,085	0,056	0,056	0,041
DIA	-	-	0,123	0,135	0,262	0,097	0,12	0,043	0,05	0,06	0,07	0,024	0,009	0,001	0,043	0,017	0,016	0,021	0,023
Métolachlore	0,156	0,19	0,313	0,174	0,499	0,85	2,148	0,284	0,25	0,8	0,627	0,291	0,198	0,168	0,456	0,295	0,214	0,462	0,326
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,696	1,251	0,311	0,18	0,09	0,063	0,463	0,11	0,106	0,077	0,022	0,05	0,139	0,076
Dicamba	NA	NA	0,18	0,079	0,568	0,316	0,215	0,165	0,28	0,19	0,213	0,168	0,161	0,189	0,191	0,118	0,105	0,092	0,072
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,029	NA	NA	0,201	0,115	0,304	0,174	0,14
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	0,083	0,127	0,12	0,023	0,106
MÉDIANE																			
Atrazine	1,015	1,4	0,59	0,79	1,1	0,95	0,57	0,17	0,27	0,29	0,7	0,33	0,28	0,095	0,12	0,16	0,125	0,08	0,275
DEA	0,33	0,39	0,28	0,305	0,27	0,26	0,23	0,1	0,09	0,11	0,13	0,08	0,07	0	0,04	0,0435	0,045	0,04	0
DIA	-	-	0,09	0,1	0,08	0,09	0,07	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Métolachlore	0,1	0,1	0,12	0,115	0,17	0,42	0,655	0,17	0,17	0,39	0,585	0,18	0,08	0,04	0,09	0,115	0,09	0,11	0,08
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	0,22	0,475	0,23	0,1	0,03	0,02	0,16	0,06	0,07	0,04	0	0	0,065	0
Dicamba	NA	NA	0	0	0,11	0,06	0,055	0,03	0,04	0,04	0,09	0,11	0,07	0,03	0,05	0,045	0	0	0
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	0,05	0,081	0,12	0,12	0,06
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	0	0	0	0	0
MAXIMALE																			
Atrazine	4,3	10	13	13	26	6	9,4	5	8,7	3,2	62	1,8	2,1	1,4	2,2	2,8	2,5	7,2	10
DEA	1,58	1,4	2,1	1,3	4,5	1,3	0,89	1,3	1,2	0,95	0,89	0,3	0,26	0,16	0,75	0,59	0,34	0,84	0,25
DIA	-	-	0,85	0,5	2	0,48	0,89	0,47	0,54	0,78	0,89	0,12	0,12	0,08	0,48	0,29	0,11	0,58	0,2
Métolachlore	0,5	0,9	1,5	1,3	6,1	7	36	3,4	1,7	5	2	1,6	1,2	2,6	6,1	3	2,9	7,7	6,4
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	12	15	1,4	1,4	0,96	0,45	2,8	0,7	1	0,56	0,22	0,85	1,9	0,7
Dicamba	NA	NA	1,4	0,92	6,3	4,4	3	1,8	3	1,7	2,8	0,95	1,1	2,1	2,8	1,6	1,5	2,5	1,6
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,3	NA	NA	2,9	0,6	7	0,65	0,89
AMPA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	0,5	0,63			
N OPS	8	30	37	38	39	39	44	45	42	45	40	39	39	42	39	42	44	43	30
N Phénoxy	NA	NA	31	38	39	39	44	45	42	45	42	39	39	42	39	42	44	42	30
N Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	32	NA	NA	33	42	43	43	30
N FRIN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	39	NA	NA	33	42	44	43	30

NOTE : Dans le calcul des moyennes et des médianes, les résultats «non détectés» ont été remplacés par 0.

NA: Non analysé

Tableau 2.5

Fréquence moyenne de détection des herbicides (%) dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin, 1992 à 2010

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Atrazine	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98,7	98,7	99,4	98,2	95,2	99,4	95,7
<i>Dééthyl-atrazine</i>	100	100	99,3	100	99,3	100	100	96,6	100	97,7	95,7	94,8	86,7	72,8	90,4	90	79,3	81,3	61,2
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	NA	NA	97,2	99,3	90,6	95,5	89,3	89,3	59,8	63,8	39,6	28,2	22	25,3	54,1	38	49,1	32,5	32,7
Métolachlore	83,8	92,5	100	100	99,3	100	100	100	100	99,4	98,7	100	99,3	100	98,1	100	98,8	100	98,3
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	57,7	78,7	65,7	57,2	58,2	59,9	58,5	50,6	52,2	26,5	19,7	10	13,6	16,9	33,6
Simazine	67,6	62,5	78,7	58	67	51,6	6,1	21,6	22,8	14,7	35,3	11,5	10,1	19,7	8,3	6,4	8,9	1,2	4,3
Cyanazine	67,6	91,7	68,8	39,2	32,9	40	8,4	6,2	5,8	18,6	8,5	4,5	5	0,6	0	0	0,6	0	1,7
EPTC	13,5	27,5	22	17,5	26	19,3	22,4	24,4	21	32,7	7,3	8,3	5,7	9,2	10,2	11	11,2	1,8	0
Métribuzine	0	3,3	4,3	9,1	22,3	14,2	14,7	2,8	3,5	1,7	1,2	3,8	4,4	4,9	13,4	5,8	10	14,4	21,5
Linuron	0	10	11,3	8,4	16,1	3,8	1,7	0	0	3,4	0,6	1,3	0	0,6	0,6	0	1,7	0	0,86
Diuron	0	1,7	7,1	2,1	2,5	0,6	0,6	0,6	1,2	0,6	0	0	0,6	0	0	0,6	0,6	0	0
Butilate	2,7	4,2	2,8	1,4	9,3	4,5	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifluraline	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7	0	0,86
Tébutiuron	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0
Chloroxuron	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	83,7	97,7	92,4	90,2	88,3	81,2	73,7	85	88,8	75,3	72	68,3	81,9	75,2
Dicamba	NA	92,9	58,7	46,9	88,2	93,7	89,6	76,5	95,1	77,3	81,8	90,4	85	78,9	77,2	64,3	67,6	61,4	54,7
2,4-D	NA	54,8	65,3	57,2	68,9	77,5	91,9	81,3	72,7	68,1	50,9	39,1	52,5	52,8	21,5	36,8	32,3	20,5	36,7
Mécoprop	NA	76,2	29,7	26,9	49,7	46,9	52,5	32,5	42,2	60,9	31,5	37,8	43,1	41,6	19,6	29,8	30,5	5,4	25,6
Bromoxynil	NA	NA	NA	NA	NA	30	26,7	14,1	29	20,1	17	5,8	11,9	9,3	9,5	10	13,7	7,8	4,3
Clopyralide	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	28,6	64,6	51,4	32,7	26,3	31,9	9,3	0,6	0,6	1,8	6	0
MCPA	NA	35,7	25,6	32,4	41	49,4	39,9	29,6	38	40,8	38,2	30,8	43,7	31,7	38	28,6	43,1	21,7	24,8
MCPB	NA	0	0,8	1,4	3,1	2,5	1,1	1,7	1,2	1,1	0	0	1,2	1,8	0,6	0,6	0,6	0	0
2,4-DB	NA	2,4	4,1	3,4	7,4	8,1	10,1	2,9	6,8	6,1	3	0,6	1,9	2,5	0,6	0,6	3	0	0
2,4-DP	NA	2,4	0	2,8	7,4	15,6	2,1	0	1,8	0	1,8	1,9	1,2	1,2	0	1,7	1,2	0	0
2,4,5-T																	0,6	0	0
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,8	30,4	39,5	84,6	70,3	77,8	85,4	76,2	92,2	90,6
<i>AMPA</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	10,8	10	35,1	37,1	61	57,7	51,2	64,9
Flumetsulam	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	27,4	3,2	67,6	37,9	38,1	17	57,6	53	36,7
Imazéthapyr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	63,7	12,9	86,5	61,2	71,2	60,8	84,7	75,3	78,4
Nicosulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26,6	13,5	56,7	69	61,1	59	64,1	40,4	38,8
Rimsulfuron	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	11,3	1,3	2,7	10,3	25,2	28	45,3	39,7	22,4

Italique : Prélèvement dans la rivière Chibouet seulement.

NA : Non analysé

Tableau 2.6
Fréquence moyenne de détection des insecticides et des fongicides

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
INSECTICIDES																				
Carbofuran	0	3,3	15,6	15,4	15,5	9	12,2	2,8	1,8	4,5	1,8	3,2	2,5	4,3	1,3	4,1	2,4	0	0,9	
Diméthoate	8,1	7,5	12,1	12,6	14,3	5,8	3,9	10,2	6,2	7,3	1,2	3,8	13,2	2,5	2,5	4,7	4,1	1,2	6	
Carbaryl	0	0	12,8	9,8	12,4	8,4	6,4	8,5	10,9	4,5	11	14,7	16,3	14,2	3,2	4,7	11,2	4,2	8,6	
1-naphtol	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	3,7	1,3	0	2,9	1,2	0	
Diazinon	0	0	4,3	6,3	8,1	3,2	4,8	15,9	4,8	17,5	4,9	3,2	8,2	6,2	1,3	3,5	0,6	0	0,9	
Chlorpyrifos	0	0	0	5,6	5	5,8	1,6	7,9	2,4	1,1	11,6	10,9	3,8	18,5	10,2	5,3	3,5	4,8	0,9	
Malathion	0	1,7	2,8	3,5	1,8	1,3	2,1	5,7	2,4	1,7	7,3	3,8	0,6	0	0	0	0,6	1,2	0	
Azinphos-méthyl	0	0,8	4,3	1,4	4,3	0	1,7	1,1	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	
Bendiocarbe	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0,6	0	0	1,7	0,6	0	0	
Chlorfenvinphos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	
FONGICIDES																				
Chlorothalonil	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0,6	0	0	0	0	0,6	0	
Myclobutanil	NA	NA	NA	0,7	8,7	1,3	2,8	1,7	0	1,7	1,8	3,8	0,6	1,8	0,6	6,4	2,9	1,2	2,6	

NA: Non analysé

Tableau 2.7
Nombre total d'échantillons prélevés par type d'analyse

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
OPS et autres	37	120	141	143	161	155	178	177	164	177	164	156	159	162	157	171	169	166	116
Phénoxyacides, etc.	NA	42	121	144	161	160	178	174	163	179	165	156	160	161	158	171	167	166	117
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	45	69	129	39	111	140	172	168	166	117
FRIN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	124	155	37	116	139	171	170	166	116

Tableau 2.8

Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par produit pour l'ensemble des quatre rivières (%)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
HERBICIDES																			
Atrazine	43,2	35,8	25,5	16,1	28,5	18,7	12,9	6,7	15,8	9,6	12,8	6,4	5,7	7,4	5,7	8,8	10,6	4,8	6,9
Métolachlore	0	2,5	2,8	0,7	5,6	1,2	1,1	0	0,6	0,56	0,6	0	0	0	1,3	0	0	0	0,86
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	0,6	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyanazine	0	0,8	2,1	1,4	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Métribuzine	0	0	0	0	1,2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCPA	NA	2,4	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0,6	0	0,6	0	0	0	0	0	0
MCPB	NA	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INSECTICIDES																			
Diazinon	0	0	4,3	6,3	4,3	0	4,9	11,8	6,1	17,5	4,9	3,2	8,2	6,2	0,6	3,5	0,6	0	0,86
Chlorpyrifos	0	0	0	4,9	4,9	0,6	1,7	6,2	2,4	1,1	11,6	10,9	3,8	18,5	10,2	5,3	4,1	4,8	0,86
Carbaryl	0	0	8,5	5,6	0	0	0	2,75	3,6	2,8	0	1,9	3,8	6,2	1,9	0	3,5	2,4	3,4
Carbofuran	0	0	0	0	0,6	0	0	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,86
Malathion	0	0	0	0,7	0	0	0,5	1,1	1,2	0	3	2,6	0	0	0	0	0	0	0
Azinphos-méthyl	0	0,8	4,3	1,4	4,3	0	1,6	1,1	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0
Diméthoate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0
Parathion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0

NA: Non analysé

Tableau 2.9

Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par rivière pour l'ensemble des pesticides (%)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Chibouet	47	48,6	38	23,7	30	29,7	16,6	20,4	28,2	11,1	21,4	20,5	17,5	22,5	23	20,9	23,8	7	3,6
Des Hurons	33,3	25	22,2	5,8	29,3	15,4	15,5	22,7	14,6	30,2	26,2	7,7	14,6	37,5	10	16,3	19	19	10
Saint-Régis	-	35,7	20,6	34,3	53,6	17,5	28,6	45,4	40,4	47,7	52,5	56,4	35,9	45	25,6	18,6	14,6	15,8	17,8
Saint-Zéphirin	22,2	27,6	21,6	26,3	33,3	17,9	11,4	8,9	9,5	8,8	7,5	2,6	2,6	23,8	12,8	4,7	6,8	4,6	20

Analyse statistique des tendances temporelles des concentrations de pesticides

Une analyse de covariance (ANCOVA) à l'aide de la procédure MIXED de SAS (logiciel SAS/STAT software, Version 9 pour Windows de SAS Institute, 2004) a été utilisée pour vérifier les tendances temporelles de quelques herbicides le plus fréquemment détectés. La procédure MIXED de SAS permet de tenir compte à la fois des effets fixes, des effets aléatoires et des mesures répétées. Cette procédure est une généralisation de la procédure GLM, qui traite uniquement les modèles linéaires à effets fixes. La procédure MIXED est plus flexible, car elle permet de modéliser les effets aléatoires selon diverses structures prédéterminées de covariance entre les données. Elle est particulièrement intéressante dans le cas présent, puisqu'elle permet de tenir compte d'une corrélation qui diminue dans le temps. En effet, les mesures de pesticides risquent plus d'être corrélées si elles sont rapprochées dans le temps que si elles sont éloignées. La procédure permet aussi de faire des analyses avec un pas d'échantillonnage qui varie dans le temps. L'ANCOVA effectuée à l'aide de cette procédure permet de tenir compte de cet effet dans l'estimation des différences entre les rivières. En outre, la procédure MIXED offre la possibilité de traiter un ensemble de données qui comporte des valeurs manquantes. Il s'agit d'un avantage important dans la présente étude, puisque les dates d'échantillonnage ne sont pas les mêmes pour toutes les rivières et les années.

L'analyse statistique a d'abord été effectuée sur les données brutes, puis sur les données ayant subi diverses transformations mathématiques, dont la racine carrée (voir les tableaux ci-joints), afin d'obtenir la normalité de la distribution des résidus.

Les variables de la base de données sont les rivières (facteur fixe à 4 modalités) et l'année d'échantillonnage (globalement sur une période d'environ 18 années, mais ce facteur peut varier selon le paramètre considéré). Les dates d'échantillonnage ont été transformées en jours juliens (rangs 1 à 365 dans l'année). Le jour julien a servi également de variable de classification des mesures répétitives. Les données de l'étude correspondent à un plan d'échantillonnage avec mesures répétitives, puisque des mesures consécutives ont été effectuées sur des unités expérimentales que constituent les quatre rivières à l'étude. À l'intérieur de chaque unité expérimentale, nous trouvons les divers niveaux du facteur « année ».

Synthèse de l'analyse statistique basée sur l'ensemble des données transformées (racine carrée) des concentrations d'herbicides (voir les tableaux ci-joints)

L'analyse statistique sur l'ensemble des données montre une tendance significative à la baisse pour l'atrazine dans les quatre rivières. Le *p*-métochloré présente aussi une baisse dans les quatre rivières, mais cette baisse n'est significative que dans la rivière Saint-Régis. Le bentazone montre également une baisse significative dans les rivières Chibouet, Saint-Régis et Saint-Zéphirin, mais cette baisse est non significative dans la rivière des Hurons, du moins si l'on considère un seuil de 5 %. Le flumetsulame montre une baisse significative dans la rivière Chibouet, mais une hausse dans les rivières des Hurons et Saint-Régis.

Le dicamba et le nicosulfuron présentent une pente homogène dans les quatre rivières. Cette tendance est à la baisse pour le dicamba, mais à la hausse pour le nicosulfuron.

Synthèse de l'analyse statistique basée sur les médianes annuelles des concentrations d'herbicides pour chaque rivière (voir les tableaux au chapitre 3)

La transformation des données n'ayant pas permis d'obtenir la normalité de la courbe de distribution des résultats, l'analyse de covariance univariée a été effectuée, toujours à l'aide de la procédure MIXED, mais cette fois à partir des valeurs médianes annuelles de chacune des rivières. La distribution des valeurs de concentrations de pesticides étant souvent asymétrique, la médiane constitue un meilleur indicateur de la tendance centrale des résultats que la moyenne, laquelle est davantage influencée par les valeurs extrêmes. Bien qu'il soit généralement admis qu'un test basé sur une valeur médiane plutôt que sur un ensemble de données a une puissance moindre, on peut néanmoins affirmer que ces valeurs médianes ont un poids important, puisqu'elles reposent sur une quarantaine de données par station pour chaque

année. On gagne d'ailleurs en puissance lorsque la pente est homogène et que l'on peut regrouper les données du test.

Il faut cependant noter qu'à partir de l'année 2010, la fréquence d'échantillonnage est passée à deux échantillons par semaine, en comparaison de trois échantillons par semaine les années précédentes. Une pondération a été introduite pour tenir compte de ce changement dans le traitement statistique.

L'analyse ainsi réalisée a permis de confirmer une tendance significative à la baisse des concentrations médianes des herbicides atrazine, *3*-métolachlore et dicamba. La tendance se révèle homogène dans l'ensemble des quatre rivières. L'herbicide bentazone montre aussi une baisse dans le cas des rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Zéphirin. Les années d'échantillonnage 2008, 2009 et 2010 permettent aussi de confirmer une hausse statistiquement significative des concentrations médianes pour le glyphosate et l'imazéthapyr.

Procédure MIXED de SAS appliquée à toutes les données transformées (racine carrée) et avec tendance non homogène dans les quatre rivières

Rivière	Atrazine		S-Métolachlore		Bentazone		Flumetsulame		Glyphosate	
	pente	p value	pente	p value	pente	p value	pente	p value	pente	p value
Chibouet	-0,0251	0,0002	-0,0098	0,0922	-0,0389	<0,0001	-0,0062	0,0163	0,0627	<0,0001
Des Hurons	-0,0146	0,0276	-0,0083	0,1542	-0,0148	0,051	0,0029	0,0083	0,0384	0,01
Saint-Régis	-0,0479	<0,0001	-0,0308	<0,0001	-0,0154	0,0433	0,0058	0,0077	0,0827	<0,0001
Saint-Zéphirin	-0,0423	<0,0001	-0,0111	0,0868	-0,0371	<0,0001	-	-	-	-

Procédure MIXED de SAS appliquée à toutes les données transformées (racine carrée) et avec tendance globale unique dans les quatre rivières

	Dicamba		Nicosulfuron		Imazéthapyr	
	pente	p value	pente	p value	pente	p value
	-0,0166	<0,0001	0,0005	0,7236	0,01592	<0,0001

Annexe 3 Données brutes sur les quatre rivières à l'étude

Codes

NA : non analysé

- : non détecté

RND : résultat non disponible (bouteille cassée)

R : résultat rejeté

* : faible taux de récupération, possibilité de sous-estimation

** : possibilité de surestimation

Concentrations de pesticides dans la rivière Chibouet en 2009 (µg/l)

	Mai										Juin												
	6	11	16	19	21	23	25	27	30	1	3	6	8	10	13	15	17	20	22	25	27	29	
HERBICIDES																							
Atrazine	0,23	0,33	0,08	0,46	0,36	0,34	0,63	0,46	2,2	1,4	0,63	0,57	0,46	1,3	3,1	2,9	1,4	1,4	1,4	1,1	0,46	0,34	
<i>Deéthyl-atrazine</i>	-	-	-	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,15	0,08	0,04	0,06	0,06	0,1	0,57	0,33	0,23	0,15	0,21	0,17	0,09	0,08	
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-	0,04	0,29	0,17	0,13	0,06	0,1	0,09	0,04	0,04	
Métolachlore	0,42	0,39	0,09	0,66	0,37	0,36	0,85	0,45	2,8	1,6	0,57	0,56	0,42	1	3,2	2,4	1,5	1,2	1,2	0,7	0,4	0,33	
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,04	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,58	0,22	0,1	0,29	0,14	0,1	0,06	0,16	0,14	
Dicamba	-	-	-	0,06	-	-	-	-	0,46	0,31	0,15	0,04	0,03	0,2	0,26	0,14	0,03	0,11	0,21	0,07	0,42	0,14	
MCPA	-	-	-	0,03	-	-	-	-	0,05	0,02	-	0,04	-	0,16	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,05	0,02	-	-	-	-	-	-	
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Glyphosate	0,05	0,12	0,08	0,22	0,18	0,11	0,2	0,14	0,38	0,22	0,52	0,25	0,13	0,78	0,78	0,22	0,47	0,41	0,35	0,2	0,28	0,76	
<i>AMPA</i>	-	0,23	-	0,23	0,21	-	-	0,21	0,25	-	-	0,42	-	0,23	0,38	0,23	0,28	0,32	0,34	0,31	0,21	0,55	
Flumetsulam	-	-	-	0,055	0,013	-	-	-	0,016	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,022	-	-	-	-
Imazéthapyr	-	0,01	-	0,11	0,042	0,024	0,03	0,016	0,17	0,12	0,074	0,043	0,037	0,087	0,34	0,079	0,18	0,13	0,086	0,05	0,039	0,038	
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,002	-	-	-	0,008	0,019	0,006	0,004	0,019	0,045	0,012	0,005	0,005	
Rimsulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007	0,024	0,005	0,005	0,001	-	-	0,005	0,005	
INSECTICIDES																							
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cumulatif	0,70	1,08	0,25	1,87	1,21	0,87	1,75	1,41	6,68	3,80	1,98	1,98	1,19	4,53	9,33	6,63	4,52	3,94	4,06	2,76	2,11	2,43	

Concentrations de pesticides dans la rivière Chibouet en 2009 (µg/l) (suite)

	Juillet										Août											
	2	5	6	8	9	11	13	15	19	20	20	22	22	29	1	3	5	8	10	12	15	17
HERBICIDES																						
Atrazine	0,88	0,45	0,49	-	0,25	0,24	0,36	0,22	0,67	0,2	0,13	0,12	0,14	0,15	0,33	0,46	0,13	0,09	0,1	0,08	0,08	0,09
<i>Deéthyl-atrazine</i>	0,33	0,18	0,27	-	0,12	0,11	0,29	0,17	0,17	0,19	0,07	0,07	0,08	0,14	0,13	0,15	0,1	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	0,13	0,04	0,11	-	0,04	-	0,15	0,06	0,11	0,09	-	-	-	-	0,08	0,1	0,04	-	-	-	-	-
Métolachlore	0,81	0,49	0,69	-	0,24	0,23	0,83	0,32	1,2	0,58	0,12	0,51	0,19	0,5	0,27	0,17	0,14	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bentazone	0,43	0,26	0,47	-	0,21	0,44	1,7	0,47	0,5	0,44	0,18	0,42	0,46	0,46	0,35	0,1	0,2	0,13	0,13	0,09	0,1	0,1
Dicamba	0,21	0,22	0,07	-	0,05	-	0,08	0,05	0,18	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-
Glyphosate	0,61	2,8	0,77	-	0,29	0,29	2,9	0,84	3,3	0,58	0,3	1,5	0,36	0,59	0,34	0,65	0,25	0,21	0,28	0,15	0,23	0,02
<i>AMPA</i>	0,45	1	0,44	-	-	0,31	0,72	0,37	1,1	0,4	0,28	0,7	0,35	0,4	0,45	0,73	0,41	0,28	0,41	0,24	0,29	0,22
Flumetsulam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	-	-	-	-
Imazéthapyr	0,072	0,14	0,11	-	0,045	0,064	0,32	0,12	0,14	0,16	0,037	0,064	0,049	0,077	0,092	0,084	0,066	0,045	0,043	0,035	0,032	0,03
Nicosulfuron	0,014	0,046	0,018	-	0,006	0,007	0,029	0,012	0,003	0,023	-	-	0,005	0,007	0,006	0,011	0,011	0,003	0,003	0,002	-	-
Rimsulfuron	0,007	0,009	0,007	-	0,002	0,001	0,006	0,001	0,017	0,002	-	0,05	-	0,003	-	0,001	0,004	-	-	-	-	-
INSECTICIDES																						
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulatif	3,94	5,64	3,45	0,00	1,25	1,69	7,39	2,66	7,39	2,67	1,12	3,50	1,63	2,33	2,05	2,55	1,39	0,91	1,12	0,73	0,83	0,56

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Chibouet en 2010 (µg/l)

	Mai					Juin						Juillet								Août										
	16	19	23	26	30	2	9	13	16	20	23	27	30	4	8	11	14	14	18	21	25	28	1	4	8	11	15	18	22	25
HERBICIDES																														
Atrazine	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,14	1,6	0,11	1,2	1,6	1,6	1,2	0,96	0,3	RND	2,1	0,69	-	0,38	0,48	0,15	0,14	0,11	0,09	0,12	0,73	0,12	0,53	0,09	0,08
Deéthyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	0,13	-	0,07	0,08	0,13	0,12	0,31	0,08	RND	0,11	0,11	-	0,07	0,08	0,04	0,05	0,03	-	-	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
Deisopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,03	0,05	0,08	0,07	0,19	0,03	RND	0,06	0,07	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métolachlore	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,15	1,8	0,07	1,1	1,2	2	0,61	2,3	0,37	RND	1,4	0,56	-	0,28	0,64	0,17	0,17	0,1	0,07	0,11	0,77	0,2	0,75	0,12	0,1
Diméthénamide	-	-	-	-	-	0,03	0,09	-	0,11	0,55	0,24	0,08	0,04	-	RND	0,05	0,04	-	-	0,07	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
Bentazone	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	0,06	0,11	0,26	5,9	0,58	0,39	0,44	0,57	-	0,46	0,17	-	0,27	0,21	0,14	0,11	0,1	0,09	0,06	0,07	0,08
Dicamba	-	-	-	-	-	-	0,07	0,05	0,03	0,07	0,04	0,04	0,17	0,04	-	0,09	0,04	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	-	-	-	0,04	0,5	-	0,04	-	0,05	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	0,02	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,13	0,06	0,06	-	-	-	-	-	0,09	-	0,07	0,06	0,03	-	-	-	-	-	-	-
Glyphosate	-	0,08	0,08	0,07	0,08	0,17	0,42	0,2	0,13	0,55	0,58	0,73	2,2	0,55	1	3,4	1,9	-	0,59	1,2	0,3	0,28	0,27	0,21	0,74	1,3	0,39	0,53	0,28	0,18
AMPA	-	-	-	0,29	0,23	-	-	0,21	-	0,39	0,5	0,41	1,1	0,42	0,55	1,3	0,89	-	0,64	0,95	0,54	0,41	0,34	0,48	0,52	1,4	0,64	0,62	0,45	0,38
Flumetsulam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imazéthapyr	0,01	0,01	0,013	0,014	-	0,011	0,032	0,055	0,038	0,12	0,058	0,074	0,52	0,052	RND	0,1	0,14	-	0,059	0,055	0,07	0,047	0,03	0,023	0,026	0,031	0,022	0,02	0,03	0,031
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,008	0,061	0,004	RND	0,004	0,057	-	0,011	0,018	0,006	0,005	0,003	0,002	-	-	0,003	-	0,005	0,004
Rimsulfuron	-	-	-	-	-	-	0,001	-	-	-	-	-	0,001	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INSECTICIDES																														
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cumulatif 0,07 0,15 0,14 0,43 0,41 0,50 4,26 1,61 RNF 2,71 4,88 5,47 3,73 13,84 2,43 1,94 9,08 5,07 Blanc 0,00 2,58 3,75 1,69 1,43 1,12 1,02 1,63 4,42 1,51 2,54 1,08 0,89

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière des Hurons en 2008 (µg/l)

	Mai									Juin													
	12	14	17	19	21	24	26	28	31	2	4	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	
HERBICIDES																							
Atrazine	0,12	0,07	RND	0,29	0,05	0,2	0,31	0,07	3	2,5	1,1	1,7	0,43	3,4	0,55	2,5	2	0,42	0,4	0,29	0,24	1,1	
<i>Deéthyl-atrazine</i>	0,03	-	RND	-	-	0,06	0,04	-	0,07	0,2	0,11	0,39	0,08	0,31	0,07	0,38	0,31	0,06	0,08	0,07	0,06	0,09	
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	RND	-	-	0,03	-	-	0,07	0,1	0,05	0,2	-	0,16	-	0,08	0,22	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06	
Métolachlore	0,12	0,07	RND	0,43	0,06	0,17	0,27	0,07	3,4	2,4	1,4	4	0,41	3,6	0,38	1,7	0,78	0,27	0,25	0,37	0,15	0,72	
Diméthénamide	-	-	RND	-	-	-	-	-	0,26	0,21	0,06	0,24	-	0,34	-	0,18	-	-	0,03	-	-	-	
Simazine	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,02	-	-	0,03	-	-	-	-	0,05	
Metribuzine	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,34	-	0,07	-	-	0,07	-	-	0,04	-	-	
Linuron	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EPTC	-	-	RND	-	-	-	-	-	0,12	0,03	-	0,03	0,02	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	
Trifluraline	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	0,06	0,06	0,6	0,07	-	0,07	0,09	0,07	0,08	0,1	0,09	0,07	0,07	1,5	0,36	0,31	1,1	0,31	0,13	0,19	0,17	0,24	
Dicamba	0,05	0,05	0,06	0,06	-	0,06	-	0,04	0,55	0,42	0,18	0,16	0,11	0,36	0,07	0,08	0,25	0,08	0,05	0,16	0,03	0,07	
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	0,1	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-	0,06	-	-	
Mécoprop	-	0,02	-	0,04	-	-	-	0,16	0,11	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	
MCPA	-	-	-	-	-	0,02	-	0,02	1,1	0,56	0,24	0,06	-	-	-	0,1	0,12	0,03	-	0,04	-	0,05	
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	0,05	-	-	-	-	-	0,04	0,03	-	-	-	-	-	
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	
2,4-DP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MCPB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Glyphosate	-	-	RND	0,04	-	-	-	-	0,28	0,05	-	-	0,05	0,75	0,15	1,1	0,37	0,26	0,2	0,29	0,26	0,21	
<i>AMPA</i>	-	-	RND	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-	0,29	0,33	0,23	0,32	0,26	0,27	0,27	
Flumetsulam	-	-	RND	0,17	0,021	0,045	0,017	0,02	0,029	0,11	0,059	0,052	0,034	0,018	0,02	0,065	0,069	0,034	0,049	-	0,02	0,021	
Imazéthapyr	-	-	RND	-	0,016	0,049	0,009	0,023	0,096	0,14	0,048	0,052	0,025	0,25	0,048	0,066	0,29	0,048	0,063	0,03	0,062	0,028	
Nicosulfuron	-	-	RND	-	0,01	0,02	0,003	0,006	0,018	0,028	0,005	0,004	0,003	0,014	0,003	0,096	0,062	0,008	0,023	-	0,005	0,007	
Rimsulfuron	-	-	RND	0,001	0,009	0,02	0,006	0,004	0,061	0,047	0,012	0,008	0,004	0,025	0,004	0,01	0,043	0,006	0,022	-	0,003	0,004	
INSECTICIDES																							
Chlorpyrifos	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbaryl	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	-	0,15	-	-	0,08	0,09	-	
<i>1-naphtol</i>	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	0,06	-	-	
Diméthoate	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,05	
Carbofuran	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FONGICIDE																							
Myclobutanil	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	0,06	-	
					RNF												RNF		RNF			RNF	
Cumulatif	0,38	0,27	0,66	1,10	0,17	0,74	0,75	0,48	9,98	7,16	3,35	12,65	1,24	10,87	1,69	6,84	6,90	1,80	1,63	2,06	1,45	2,97	

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées, etc
 contrôle de qualité:
 RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière des Hurons en 2008 (µg/l) (suite)

	Juillet													Août								
	2	2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30	2	4	6	9	11	12	16	18
HERBICIDES																						
Atrazine	0,52	-	0,55	0,28	5	0,17	0,68	0,36	0,33	0,15	0,21	0,08	0,11	0,09	0,26	0,2	0,14	0,11	0,08	0,07	0,05	0,04
<i>Deéthyl-atrazine</i>	0,04	-	0,08	0,06	0,34	0,05	0,2	0,16	0,08	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	0,05	0,11	0,07	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	0,03	-	0,27	-	0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03	-	-	0,06	0,05	0,03	-	-	-	-
Métolachlore	0,3	-	0,38	0,11	0,11	0,15	0,75	0,21	0,21	0,18	0,1	0,21	0,08	0,06	0,2	0,26	0,11	0,27	0,12	0,1	0,07	0,06
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	0,12	0,06	0,04	-	0,05	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-
Simazine	-	-	0,03	-	3,2	-	0,14	0,06	0,1	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-
Metribuzine	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-
Linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trifluraline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bentazone	0,29	-	0,37	0,25	0,13	0,38	1,6	0,45	1,4	0,52	0,31	RND	0,29	0,19	0,68	0,29	0,22	0,15	0,17	0,16	0,13	0,11
Dicamba	0,04	-	0,04	0,04	0,1	0,06	0,2	0,07	0,07	0,06	0,11	RND	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D	-	-	0,05	0,04	0,48	0,04	0,08	-	0,08	0,09	0,11	RND	0,13	0,05	0,1	0,05	0,04	-	-	-	-	-
Mécoprop	0,03	-	0,07	0,03	0,27	0,02	0,07	0,03	0,05	0,03	0,05	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPA	0,04	-	-	0,03	-	-	0,05	0,02	-	0,01	-	RND	-	-	0,03	-	0,02	-	-	-	-	-
Bromoxynil	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	RND	-	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-
2,4-DP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	0,13	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-
Glyphosate	0,22	-	0,2	0,16	0,49	0,14	0,73	0,21	0,35	0,21	0,09	0,12	0,1	0,07	0,21	0,28	0,31	0,4	0,11	0,06	0,06	0,07
<i>AMPA</i>	0,25	-	0,28	0,31	0,32	-	0,54	0,22	0,43	0,3	0,24	0,55	0,24	0,47	0,41	0,35	0,49	0,35	0,28	0,28	0,25	0,32
Flumetsulam	0,022	-	0,016	0,029	0,016	0,022	0,052	0,029	0,021	0,044	0,024	0,033	0,021	0,017	0,008	0,026	0,031	0,023	0,017	0,014	0,011	0,01
Imazéthapyr	0,017	-	0,032	0,021	0,014	0,056	0,23	0,056	0,051	0,098	0,04	0,061	0,025	0,011	0,019	0,075	0,046	0,049	0,027	0,027	0,014	0,011
Nicosulfuron	0,009	-	0,005	0,01	0,004	0,007	0,023	0,008	0,005	0,013	0,005	0,007	0,003	0,002	-	0,009	0,01	0,009	0,003	-	-	-
Rimsulfuron	0,004	-	-	0,004	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004	-	-	-	-	-	-
INSECTICIDES																						
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaryl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	0,14	-	-	-	-
<i>1-naphtol</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthoate	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	0,22	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FONGICIDE																						
Myclobutanil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-
Cumulatif	1,82	Blanc 0,00	RNF 2,13	RNF 1,37	10,78	1,22	5,79	RNF 2,01	RNF 3,95	RNF 1,87	1,52	1,35	1,34	RNF 1,07	2,24	1,76	1,60	1,62	0,96	0,76	0,63	RNF 0,65

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées, etc

contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière des Hurons en 2010 (µg/l)

	Mai				Juin							Juillet							Août															
	16	19	23	26	30	2	6	9	13	16	20	23	27	29	4	7	11	14	14	18	21	25	28	1	4	8	11	15	18	22	25			
HERBICIDES																																		
Atrazine	-	0,06	0,02	0,05	0,22	1,9	0,57	0,45	0,29	0,74	0,22	0,53	0,53	1,2	0,18	0,19	1,1	0,32	-	0,57	0,26	0,16	0,19	0,1	0,14	-	0,23	0,13	0,27	0,09	0,1			
<i>Deéthyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	0,22	0,09	0,07	0,04	0,05	-	0,09	0,08	0,23	0,05	0,05	0,17	0,07	-	0,18	0,07	0,05	0,04	-	0,05	-	0,1	0,09	0,03	-	-			
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	0,16	0,06	0,04	-	0,04	-	0,07	0,04	0,16	-	-	0,12	0,05	-	0,12	0,03	-	-	-	-	-	0,05	0,11	-	-	-			
Métolachlore	0,16	0,08	0,05	0,15	0,27	2,6	0,83	0,58	0,25	0,31	0,23	0,28	0,55	1,5	0,45	0,13	0,84	0,32	-	0,36	0,26	0,11	0,08	0,05	0,27	-	0,22	0,08	0,09	0,04	0,03			
Diméthénamide	0,17	-	-	-	-	0,53	0,05	0,05	-	-	0,04	-	-	0,1	-	-	0,1	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-			
Metribuzine	0,05	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-			
Simazine	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,11			
Trifluraline	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Bentazone	0,05	0,08	0,08	0,09	-	0,29	0,2	0,23	-	0,19	1,3	0,55	1,5	2,1	2,4	0,54	1,2	0,44	-	0,31	0,5	0,49	0,27	0,2	1,1	0,19	0,2	0,24	0,19	0,12	0,09			
Dicamba	0,04	-	-	-	0,12	0,49	0,15	0,09	0,03	0,1	0,09	0,07	0,09	0,1	0,05	0,04	0,12	0,06	-	0,07	0,04	0,03	0,05	-	0,06	-	-	0,03	-	-	-			
MCPA	0,05	-	-	-	0,06	0,12	0,1	-	-	0,14	-	-	0,02	0,04	-	-	-	0,1	-	0,06	0,02	0,32	0,01	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-			
2,4-D	-	-	-	-	0,27	0,32	-	-	-	0,05	-	0,07	-	0,12	0,33	0,1	0,13	-	-	0,1	-	0,05	0,16	-	0,17	0,04	0,06	0,12	0,04	0,04	0,04			
Mécoprop	0,04	-	-	-	0,14	0,19	-	-	-	-	-	0,09	-	0,05	0,18	0,07	-	-	-	-	-	0,08	0,16	-	0,08	-	0,04	0,06	-	0,04	0,03			
Bromoxnyl	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Glyphosate	0,09	0,21	0,06	0,09	0,15	0,26	0,1	0,06	0,1	0,18	0,24	0,23	0,31	1,2	0,1	0,24	0,74	0,36	-	1,1	0,25	0,22	0,15	0,73	0,55	0,21	0,23	0,23	0,23	0,16	0,21			
<i>AMPA</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,21	0,39	-	-	0,42	0,28	-	0,57	0,28	0,26	0,29	0,3	0,45	0,21	0,31	0,33	0,35	0,36	0,39			
Flumetsulam	-	-	-	0,011	0,009	0,087	0,036	0,04	0,018	0,012	0,021	0,027	0,023	0,057	0,017	0,012	0,032	0,032	-	0,008	0,017	0,013	0,01	-	0,017	0,013	0,012	0,009	-	-	-			
Imazéthapyr	-	-	-	-	0,014	0,15	0,047	0,04	0,025	0,019	0,086	0,041	0,095	0,28	0,16	0,025	0,2	0,065	-	0,086	0,053	0,033	0,018	0,012	0,18	0,038	0,051	0,018	0,014	-	-			
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,006	0,003	0,006	0,029	0,003	0,002	0,032	0,008	-	0,003	0,008	0,004	0,005	-	0,007	0,003	0,006	-	-	-	-			
Rimsulfuron	-	-	-	-	0,002	0,007	0,004	0,003	0,006	0,004	0,01	0,002	0,004	0,014	-	-	0,006	0,002	-	0,004	0,001	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	-			
INSECTICIDES																																		
Carbaryl	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-		
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Chlorfenvinphos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-		
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	-		
Phosalone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-		
FONGICIDE																																		
Myclobutanil	0,12	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14	-	-	-	-		
Cumulatif	0,77	0,55	RNF	0,39	1,41	7,41	2,28	1,65	0,76	1,86	2,24	2,31	3,46	7,57	3,92	1,40	5,42	2,11	0,00	6,99	1,79	1,74	1,35	1,40	3,10	RNF	1,51	2,00	1,47	0,85	1,00			

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Régis en 2008 (µg/l)

	Mai										Juin										
	12	14	17	19	21	24	26	28	31	4	8	9	11	14	16	18	22	23	25	28	30
HERBICIDES																					
Atrazine	0,35	-	0,14	0,09	0,19	0,49	0,25	0,13	0,35	0,2	0,59	0,18	0,42	0,4	0,64	0,31	0,34	0,19	0,29	0,2	0,5
<i>Deéthyl-atrazine</i>	-	-	0,06	-	-	0,05	0,05	0,03	-	0,04	0,07	-	0,07	0,06	0,08	0,06	0,04	0,05	0,08	0,06	0,05
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	0,05	-	-	0,04	0,04	0,04	-	-	-	-	-	0,03	0,05	-	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04
Métolachlore	0,49	-	0,24	0,15	0,56	0,4	0,2	0,45	0,58	0,13	0,44	0,19	0,48	0,77	0,37	0,5	0,51	0,67	0,15	2,4	3,2
Diméthénamide	-	-	0,03	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
EPTC	0,03	-	0,03	-	0,05	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	0,03	-	0,03	0,02	0,03	-	-	-
Linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	0,25	-	-	-
Simazine	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metribuzine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trifluraline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-
Bentazone	0,05	0,04	-	-	-	-	-	0,04	0,25	0,1	0,09	0,14	0,68	0,51	0,15	0,12	0,32	0,2	0,1	0,23	0,23
Dicamba	-	-	0,04	0,11	0,05	0,1	0,05	0,03	3,2	0,44	0,38	0,19	0,42	0,19	0,19	0,16	0,71	0,34	0,22	0,03	0,15
2,4-D	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,19	0,08	0,14	0,12	-	-	-	0,07	0,09	0,09	-	-	0,1
Mécoprop	-	-	0,04	0,08	0,03	0,09	-	0,03	0,24	0,1	0,12	0,11	0,1	-	0,03	0,04	0,09	0,1	0,07	-	0,09
MCPA	-	-	-	-	-	-	0,07	-	1,3	0,14	0,08	0,06	0,15	0,25	0,09	0,04	0,28	0,08	-	-	0,04
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	0,06	0,12	-	-	0,03	-	-	-	0,02
Glyphosate	-	-	-	-	0,08	-	0,85	-	0,57	0,07	0,07	0,42	16	0,7	0,34	0,25	0,4	0,3	0,16	0,7	1,5
<i>AMPA</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	0,22	0,61	0,24	0,21	0,26	0,24	0,22	0,21	0,31	0,53
Flumetsulam	-	-	0,014	-	0,029	0,01	-	0,009	0,036	0,038	0,046	0,012	0,03	0,011	0,012	0,009	0,027	-	0,033	-	-
Imazéthapyr	-	-	0,01	-	0,011	0,038	0,56	0,023	1,9	0,13	0,15	0,053	0,16	0,11	0,056	0,052	0,073	0,043	0,036	0,012	0,015
Nicosulfuron	-	-	0,005	-	0,004	0,006	0,002	0,006	0,005	-	0,004	0,002	0,006	-	-	-	0,019	-	0,004	-	-
Rimsulfuron	-	-	0,005	0,002	0,002	0,004	0,001	0,002	0,091	0,004	0,007	0,003	0,012	0,002	0,002	-	0,021	-	0,003	0,001	-
INSECTICIDES																					
Carbaryl	-	-	0,2	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,48
<i>1-naphtol</i>	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
Bendiocarbe	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FONGICIDE																					
Myclobutanil	-	-	0,19	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cumulatif 0,92 0,04 1,23 0,53 1,01 1,25 2,07 0,93 9,08 1,51 2,19 1,70 19,20 3,46 2,25 1,83 3,49 2,60 1,50 4,13 6,99

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées, etc

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Régis en 2008 (µg/l) (suite)

	Juillet													Août								
	2	2	6	7	9	12	14	16	21	23	25	28	30	3	4	6	9	11	13	16	18	
HERBICIDES																						
Atrazine	0,21	-	0,1	0,06	-	0,3	0,49	0,26	0,18	0,14	0,1	0,2	0,13	0,1	0,08	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,07	
<i>Deéthyl-atrazine</i>	0,05	-	-	-	-	0,09	0,13	0,11	0,1	0,06	0,08	0,12	0,06	0,07	0,04	0,03	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	0,04	0,06	0,06	0,08	0,04	-	0,06	0,03	0,03	-	-	-	-	0,04	0,03	-	
Métolachlore	2,1	-	0,41	0,24	0,06	0,93	1,8	0,77	0,52	0,63	0,06	0,83	0,5	0,16	0,19	0,33	1,7	0,54	1,1	0,41	0,26	
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	0,02	0,03	-	0,03	-	-	
Linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyanazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	
Metribuzine	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	0,08	-	-	-	0,03	-	-	0,04	-	-	-	-	
Trifluraline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	0,25	-	0,11	0,12	-	0,52	0,62	0,53	0,38	0,31	0,06	0,49	0,17	-	0,08	0,07	0,22	0,68	0,09	0,09	RND	
Dicamba	0,1	-	0,13	0,08	0,26	0,06	0,09	0,07	0,06	0,06	0,77	0,07	0,07	0,06	-	0,05	0,03	-	0,17	-	RND	
2,4-D	0,1	-	0,04	0,07	0,25	-	0,08	-	0,03	0,03	0,52	0,14	0,07	0,07	-	0,04	0,05	-	0,13	0,07	RND	
Mécoprop	0,08	-	0,07	0,07	0,21	0,04	0,09	0,06	0,05	0,06	0,36	0,1	0,06	0,09	-	0,05	0,08	-	0,12	0,02	RND	
MCPA	0,02	-	-	0,01	-	0,03	0,02	0,02	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,9	0,17	-	0,02	RND	
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	
Glyphosate	0,53	-	0,22	0,09	0,09	0,36	1,4	0,26	0,27	0,3	0,58	0,41	0,32	0,07	0,11	0,1	0,32	0,23	0,35	0,17	0,11	
<i>AMPA</i>	0,42	-	0,27	0,24	-	0,32	0,47	0,27	0,43	0,49	0,26	0,52	0,57	0,21	0,45	0,33	0,49	0,5	0,54	0,48	0,49	
Flumetsulam	-	-	-	-	-	0,009	-	0,008	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Imazéthapyr	0,019	-	0,012	0,013	-	0,044	0,069	0,038	0,023	0,053	0,016	0,056	0,029	0,012	0,01	-	0,015	0,015	0,016	0,018	0,009	
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	0,012	0,012	0,005	-	0,002	0,005	0,017	0,004	0,003	-	-	-	-	-	-	-	
Rimsulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	
INSECTICIDES																						
Carbaryl	0,07	-	-	-	-	-	3,8	0,09	0,21	-	-	-	-	0,14	-	-	1,1	-	-	-	-	
<i>1-naphtol</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	
Bendiocarbe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diazinon	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,06	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	0,16	0,05	-	-	-	
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	
FONGICIDE																						
Myclobutanil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cumulatif	3,95	0,00	1,36	0,99	0,87	2,76	9,22	2,58	2,43	2,29	2,86	3,07	2,01	1,27	1,06	1,10	5,38	2,35	2,74	1,43	0,97	

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées, etc

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Régis en 2010 (µg/l)

	Mai				Juin								Juillet								Août									
	16	19	23	26	30	2	5	9	13	16	20	23	27	30	4	7	7	11	14	19	21	25	28	1	4	8	11	15	18	
HERBICIDES																														
Atrazine	-	0,06	-	0,05	0,1	0,24	1,5	0,22	0,16	0,11	0,94	0,14	0,11	0,1	0,08	0,07	-	0,23	0,24	0,08	0,44	0,09	0,06	0,06	0,08	0,11	0,09	0,11	0,1	
Deéthyl-atrazine	-	-	-	-	0,03	0,04	0,17	0,06	0,03	0,03	0,08	0,04	0,03	0,05	0,04	-	-	0,06	0,06	-	0,05	-	-	-	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	
Deisopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	0,13	0,04	-	-	-	0,05	-	0,03	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	
Métolachlore	-	0,13	0,05	0,09	0,36	0,38	8,3	1,2	0,42	1,6	0,31	0,35	0,4	0,6	0,29	0,22	-	0,81	0,95	0,17	0,05	0,27	0,16	0,19	0,49	0,21	0,13	0,18	0,19	
Diméthénamide	-	-	-	-	0,1	0,17	0,13	0,13	-	0,06	-	0,05	0,04	0,24	0,04	-	-	0,11	0,18	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	
Métribuzine	-	0,03	-	-	0,04	-	0,12	0,06	-	-	-	0,02	0,02	0,14	-	-	-	0,25	0,15	-	-	0,07	0,06	-	0,08	-	-	-	-	
Linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	0,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	0,17	0,13	0,09	0,09	0,17	-	0,2	0,37	0,2	0,29	0,98	0,62	1,2	2,2	0,87	-	-	1,7	0,67	0,16	-	0,5	1,7	0,44	0,25	0,3	0,47	0,32	0,23	
Dicamba	0,19	0,06	0,15	0,08	0,38	0,27	0,97	0,16	0,08	0,06	0,34	0,08	0,1	-	0,06	-	-	0,09	0,1	0,2	-	0,07	0,07	0,07	0,03	0,06	0,04	0,04	0,07	
Mécoprop	0,08	0,06	-	0,07	0,2	0,11	0,11	-	-	0,07	0,28	-	0,07	0,3	-	-	-	-	0,14	-	-	0,09	-	0,05	0,02	-	-	0,03	-	
MCPA	-	-	-	-	-	0,15	0,14	-	-	0,04	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4-D	0,09	-	-	0,07	0,2	0,14	-	-	-	0,04	0,23	-	0,08	-	-	-	-	-	0,16	0,08	0,02	0,05	0,04	-	0,03	0,04	-	-	0,02	
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Glyphosate	0,5	0,29	29	1,6	0,99	0,56	0,99	0,18	0,12	0,34	0,24	0,25	0,55	0,87	0,33	0,18	-	1,1	1,1	0,33	0,09	0,77	0,38	0,15	0,92	0,17	0,28	0,1	0,3	
AMPA	-	0,2	3,8	1,2	0,95	0,68	0,46	0,23	0,2	0,32	0,22	0,43	0,54	0,65	0,53	0,51	-	0,6	0,66	0,34	-	1,1	0,55	0,48	0,44	0,46	0,44	0,51	0,66	
Flumetsulam	-	-	-	-	0,018	-	0,17	0,089	0,029	0,014	0,007	0,012	0,022	0,047	0,018	0,01	-	0,075	0,017	-	-	-	-	-	-	-	0,008	-	-	
Imazéthapyr	-	-	-	-	0,009	-	0,26	0,13	0,028	0,027	0,035	0,034	0,047	0,19	0,039	0,03	-	0,24	0,23	0,013	0,018	0,014	0,02	0,013	0,11	0,033	0,049	0,015	0,013	
Nicosulfuron	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,025	-	0,008	-	-	0,014	0,01	-	0,005	-	-	-	0,003	-	0,003	-	-	
Rimsulfuron	-	0,003	-	-	-	0,001	0,017	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	
INSECTICIDES																														
Carbaryl	-	-	-	-	-	-	0,82	-	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	0,78	-	-	-	-	-	-	0,21	-	0,13	-	-	
1-naphtol	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	0,24	-	0,67	-	-	0,29	-	-	3,5	2,6	

Cumulatif 1,03 0,97 33,09 3,25 3,55 2,74 7,00 2,87 1,27 3,00 3,71 2,03 3,46 5,74 2,31 1,02 0,00 Blanc 6,10 5,09 1,61 0,67 3,69 3,07 1,45 2,98 1,57 1,83 4,85 4,21

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin en 2009 (µg/l)

	Mai											Juin										
	10	12	16	18	20	22	24	26	29	31	2	5	7	9	12	14	17	20	21	24	26	28
HERBICIDES																						
Atrazine	0,02	-	0,03	0,04	0,03	0,03	0,18	0,07	2,8	0,75	0,23	0,15	0,09	0,1	7,2	0,52	0,28	0,3	0,24	0,14	0,13	1,5
Deéthyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	0,84	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,2
Deisopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-	0,09
Métolachlore	0,03	0,01	0,05	0,09	0,04	0,1	0,07	0,06	3,3	0,74	0,26	0,16	0,16	0,18	7,7	0,46	0,23	0,17	0,21	0,12	0,11	1,4
EPTC	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-
Bentazone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	0,15	0,05	0,06	0,14	0,1	0,09	0,25
Dicamba	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,05	2,5	0,4	0,08	0,08	0,08	0,1	0,08	0,11
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	0,28	0,13	-	-	-	2,2	0,08	-	-	0,09	-	-	-
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,04	-	-	-	0,21	-	-	-	0,03	-	-	0,03
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	0,11	0,04	-	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-	-
Glyphosate	0,1	0,21	0,05	0,07	0,05	-	-	0,07	0,2	-	0,05	-	0,07	-	0,7	0,11	0,07	0,55	0,1	-	0,12	0,46
AMPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-
Flumetsulam	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	0,09	0,025	0,018	0,012	0,013	0,065	0,037	0,024	0,014	0,031	0,017	0,017	0,011
Imazéthapyr	0,012	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,2	0,016	0,009	-	0,01	-	0,009	0,013
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	0,014	-	-	-	-	-	0,014	0,002	-	-	-	-	0,003	0,007
Rimsulfuron	-	-	-	0,001	-	-	-	-	0,012	0,001	-	-	0,001	0,002	0,065	0,008	0,003	-	0,003	-	0,003	0,014
Cumulatif	0,18	0,22	0,13	0,24	RNF	RNF	RNF	0,20	8,96	1,97	0,78	0,33	0,33	0,35	25,36	1,84	0,78	1,21	0,98	0,52	0,60	4,09

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin en 2009 (µg/l) (suite)

	Juillet															Août						
	1	3	5	8	8	10	12	14	18	19	22	24	26	28	31	2	4	7	9	11	14	16
HERBICIDES																						
Atrazine	0,73	0,81	0,27	0,18	-	0,07	0,15	0,09	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,07	0,06	0,04	0,05	0,07	0,08	0,03	0,04	0,04
Deéthyl-atrazine	0,18	0,24	0,09	0,06	-	-	0,08	0,06	0,04	0,05	-	-	-	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	-	-	-
Deisopropyl-atrazine	0,09	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métolachlore	0,96	1,2	0,35	0,21	-	0,09	0,24	0,13	0,09	0,09	0,05	0,04	0,04	0,12	0,07	0,05	0,06	0,08	0,24	0,03	0,03	0,03
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthénamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bentazone	0,49	0,36	0,07	0,17	-	0,05	0,09	0,06	0,07	-	-	RND	0,06	0,18	0,17	0,11	0,1	0,34	0,49	0,11	0,08	0,1
Dicamba	0,06	0,05	-	0,04	-	-	-	-	0,03	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-
Clopyralide	0,06	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glyphosate	0,4	0,31	0,14	0,2	-	0,1	0,64	0,31	0,18	0,22	0,16	0,17	0,16	0,65	0,14	-	0,27	0,15	0,24	-	0,07	-
AMPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	0,38	-	-	-
Flumetsulam	0,027	0,032	0,017	-	-	0,011	0,013	0,008	0,01	0,011	0,009	0,007	-	0,01	0,011	0,008	0,012	-	-	0,01	0,009	0,009
Imazéthapyr	0,043	0,062	0,014	-	-	-	0,021	0,013	-	0,013	-	-	-	0,014	0,009	-	-	0,01	0,03	-	-	-
Nicosulfuron	0,003	0,005	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	-	-
Rimsulfuron	0,009	0,01	0,003	0,004	-	0,001	-	0,001	-	0,001	-	-	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulatif	3,05	3,26	0,95	0,87	0,00	0,32	1,23	0,67	0,49	0,46	0,26	0,26	0,30	1,33	0,50	0,25	0,53	0,71	1,63	0,18	0,23	0,18

RND: Résultats non disponibles: bouteilles cassées, etc

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons

Concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin en 2010 (µg/l)

	Mai					Juin									Juillet								Août								
	16	18	23	27	31	2	6	9	14	15	21	23	27	29	4	6	11	14	14	18	21	25	27	1	4	8	10	15	17	22	24
HERBICIDES																															
Atrazine	-	0,15	0,05	0,05	0,04	4,6	0,17	0,35	0,4	0,26	3,3	1	3,2	0,82	0,74	0,3	10	1,6	-	7,1	0,19	0,09	0,08	0,1	0,15	0,46	0,18	0,15	2,1	0,14	0,29
<i>Deéthyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	0,12	-	0,04	-	-	0,1	0,05	0,09	0,05	0,05	-	0,21	0,06	-	0,25	0,06	-	-	-	-	-	0,05	-	0,05	-	-
<i>Deisopropyl-atrazine</i>	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	0,07	0,03	0,05	-	-	-	0,13	0,03	-	0,2	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,03	-	-
Métolachlore	0,02	0,09	0,04	0,04	0,04	6,4	0,18	0,41	0,37	0,12	0,17	0,1	0,14	0,08	0,06	0,03	0,12	0,09	-	0,2	0,47	0,03	0,04	0,03	0,08	0,05	0,03	0,03	0,26	0,04	0,03
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthénamide	-	-	-	-	-	0,03	0,12	0,07	0,07	0,06	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métribuzine	-	-	-	-	-	0,04	0,14	0,11	0,06	0,05	0,02	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bentazone	-	-	-	-	0,05	0,09	0,06	0,08	0,07	0,07	0,7	0,07	0,33	0,13	0,12	0,05	0,05	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicamba	-	-	-	-	-	1,6	0,08	0,25	0,04	0,04	0,12	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-D	-	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MCPA	-	-	-	-	-	0,2	-	0,18	0,02	0,03	0,13	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mécoprop	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glyphosate	0,12	0,05	0,04	0,05	-	0,89	0,07	-	-	-	0,36	0,14	0,55	0,29	0,14	-	0,17	0,18	-	0,14	0,5	0,05	-	-	-	0,1	0,05	0,07	0,23	-	-
<i>AMPA</i>	-	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	0,27	0,2	-	-	0,25	-	0,32	0,25	-	0,32	0,51	-	-	-	-	0,29	-	-	0,43	-	-
Flumetsulam	-	-	-	-	-	0,014	-	-	-	-	-	-	0,008	0,008	-	-	0,007	-	-	0,007	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imazéthapyr	-	-	-	-	-	0,018	0,037	0,039	0,023	0,02	0,06	0,016	0,04	0,022	0,014	-	0,022	0,086	-	0,024	0,039	-	-	-	-	-	-	-	0,032	0,013	0,009
Nicosulfuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011	-	-	-	0,003	-	0,005	0,005	-	0,005	0,003	-	-	-	-	-	-	-	0,004	-	-
Rimsulfuron	-	-	-	-	-	0,014	-	0,005	-	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INSECTICIDES																															
Carbaryl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumulatif	0,14	0,29	0,13	0,14	0,13	14,69	0,86	1,53	1,05	0,65	5,04	1,46	4,77	1,62	1,38	0,38	11,05	2,30	0,00	8,27	2,51	0,17	0,12	0,13	0,23	0,90	0,36	0,25	3,14	0,19	0,33

Contrôle de qualité:

RNF: Problème analytique ou faible % de récupération des étalons