

Direction du suivi de l'état de l'environnement

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

Résultats des campagnes d'échantillonnage 1999, 2000 et 2001,
et évolution temporelle de 1992 à 2001

par
Isabelle Giroux

Ministère de l'Environnement
Gouvernement du Québec
Décembre 2002

Cette étude a été réalisée dans le cadre de la phase III du Plan d'action Saint-Laurent.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale de Québec, 2002

ISBN 2-550-40286-3

Envirodoq ENV/2002/0365

QE/137

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Rédaction et coordination :	Isabelle Giroux	
Traitement statistique des tendances temporelles :	André Nadeau ¹	
Révision scientifique :	Marc Simoneau Richard Desrosiers Daniel Savoie Hélène Tremblay	Christian Deblois ² Maryse Leblanc ³ Pierre Lachance ⁴ Andrée Gendron ⁵
Révision linguistique :	François Belle-Iles ⁶	
Supervision technique :	Manon Ouellet Janek Szychowski Marie-Julie Laperrière	
Échantillonnage : (observateurs)	Catherine Allard Paul Drolet Richard Hébert Marie-Claude Jean	Claudine Léger Steve Proulx Ginette Robert Francis Roy
Analyse de laboratoire :		
<i>Supervision</i>	<i>Travail technique</i>	<i>Réception et envoi</i>
Nathalie Dassylva Christian Deblois François Houde Mélanie Beaumont Andrée Gendron	Ginette Gaudreau André Paquet Céline Poulin Carole Veillette	Patrick Beaumont
Traitement de texte :	Raynalda Huard	

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

² Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, CEAEQ, Laboratoire de la qualité du milieu, 2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W6

³ IRDA, 3300, rue Sicotte, C.P. 480, Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 7B2

⁴ MAPAQ, Direction régionale de Saint-Hyacinthe, 3230, rue Sicotte, Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 7B2

⁵ Centre Saint-Laurent, Environnement Canada, 105, rue McGill, 7^e étage, Montréal (Québec) H2Y 2E7

⁶ Traduction technique, 1458, de la Colline, Cap-Rouge (Québec) G1Y 2Z8

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

Référence à citer : GIROUX, Isabelle. 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, envirodoq n° EN/2002/0365, rapport n° QE/137, 45 p. + 5 annexes.

RÉSUMÉ

Les superficies en maïs (grain, fourrager, sucré) ont augmenté d'environ 29 % depuis 1996. Alors qu'elles étaient de 386 649 hectares en 1996, elles occupent, en 2001, une superficie de 498 923 hectares. En raison des superficies importantes qu'elle couvre, la culture du maïs accapare la plus grande proportion des pesticides commercialisés au Québec. On note aussi un accroissement de la culture du soya, culture souvent pratiquée en association avec celle du maïs. Les bilans des ventes effectués par le ministère montrent que des changements sont survenus dans l'utilisation des pesticides au cours des dernières années. On note une légère diminution de l'atrazine et du métolachlore, mais une augmentation du glyphosate et des herbicides sulfonilurés.

Depuis le début du programme de suivi environnemental des pesticides, en 1992, la présence de pesticides a été documentée dans une vingtaine de rivières. Quatre d'entre elles font l'objet d'un suivi à chaque année depuis 1992. Ce sont les rivières Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska), des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu), Saint-Régis (affluent direct au fleuve) et Saint-Zéphirin (bassin de la rivière Nicolet). Ces rivières ont été retenues pour l'importance des superficies en maïs dans leur bassin versant et pour représenter différents secteurs de la grande région en culture de maïs. Le rapport montre les résultats d'analyse obtenus en 1999, en 2000 et en 2001 pour ces quatre rivières ainsi que les tendances temporelles des concentrations depuis 1992.

Des pesticides sont encore régulièrement décelés durant l'été dans ces quatre rivières. Les pesticides détectés sont surtout des herbicides reliés aux cultures de maïs ou de soya, notamment l'atrazine, le métolachlore, le bentazone, le dicamba, le 2,4-D et le diméthénamide. D'autres herbicides ainsi que des insecticides sont également décelés. La présence d'un herbicide de nouvelle génération, le clopyralide, est aussi notée. Compte tenu de son usage récent et des doses minimales appliquées à l'hectare, il est surprenant de le retrouver aussi fréquemment dans l'eau des quatre rivières échantillonnées.

Même s'ils sont moins fréquents qu'auparavant, des dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique se produisent encore pour l'atrazine et quelques autres pesticides. L'analyse statistique confirme la tendance à la baisse des concentrations d'atrazine, ce qui est cohérent avec la baisse de ce produit enregistrée dans le bilan des ventes. Mais l'omniprésence de l'atrazine dans l'eau de ces rivières demeure préoccupante en raison des effets à faibles doses rapportés dans la littérature scientifique récente.

La multitude de pesticides présents dans l'eau est également un sujet de préoccupation. En effet, pendant les mois de juin et de juillet, il est fréquent de retrouver jusqu'à dix pesticides présents en même temps dans l'eau. Dans la rivière Saint-Régis, jusqu'à 20 pesticides différents ont été détectés dans un même échantillon. De plus en plus de données scientifiques montrent des effets sublétaux à faibles doses sur les espèces aquatiques ou encore des effets additifs ou synergiques des mélanges de pesticides dans l'eau.

On note aussi des dépassements des critères d'irrigation des cultures pour plusieurs herbicides, notamment le dicamba et le MCPA, ainsi que des dépassements du critère de prévention de la contamination des organismes aquatiques et du critère d'abreuvement du bétail pour l'atrazine.

Les petits cours d'eau utilisés dans le cadre du présent programme d'échantillonnage ne servent pas pour l'alimentation en eau potable, mais ils contribuent, avec l'ensemble des autres tributaires agricoles, à la contamination des rivières situées en aval qui, elles, peuvent être utilisées comme source d'alimentation en eau potable. D'ailleurs, les données récentes de la rivière Yamaska, où de nombreux pesticides sont présents en faibles concentrations, donnent une indication de la situation qui peut prévaloir dans les autres grandes rivières. Les dépassements des normes d'eau potable sont rares et les marges de sécurité conservatrices établies pour ces normes compensent pour la présence de mélanges de plusieurs produits.

TABLE DES MATIÈRES

Équipe de travail	iii
Résumé	v
Table des matières	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des figures	viii
Liste des annexes	viii
INTRODUCTION	1
MÉTHODOLOGIE	7
Les stations et la fréquence d'échantillonnage	7
Les pesticides analysés et les critères de qualité de l'eau	7
<i>Critères pour la protection de la vie aquatique</i>	10
<i>Critères pour la protection de la santé humaine</i>	10
<i>Critères pour les usages agricoles</i>	11
<i>Présence simultanée de plusieurs pesticides et de leurs produits de dégradation</i>	11
Le traitement des données	11
RÉSULTATS	13
Résultats des campagnes d'échantillonnage de 1999, 2000 et 2001	13
<i>Dépassement des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique</i>	15
<i>Dépassement des normes d'eau potable et des critères de prévention de la contamination des organismes aquatique</i>	17
<i>Dépassement des critères de qualité de l'eau pour les usages agricoles</i>	19
<i>Portrait des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin</i>	19
Évolution temporelle de 1992 à 2001.....	26
DISCUSSION	29
Facteurs qui influencent l'apparition de pesticides dans l'eau	29
Comparaison avec d'autres programmes de suivi similaires ailleurs dans le monde	32
Conséquences sur l'eau potable	33
Effets des pesticides sur les espèces aquatiques.....	36
CONCLUSION	39
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41
ANNEXES	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Pesticides recommandés pour la culture du maïs	2
Tableau 2 :	Pesticides recommandés pour la culture du soya.	3
Tableau 3 :	Rivières échantillonnées pour les pesticides depuis 1992.....	5
Tableau 4:	Superficie (km ²) et proportion du bassin versant (%) par type de culture en amont des stations d'échantillonnage en 2001	8
Tableau 5 :	Critères de qualité de l'eau pour les pesticides analysés (µg/L).....	9
Tableau 6 :	Fréquence moyenne de détection des pesticides (%) dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 2001.....	14
Tableau 7 :	Fréquence moyenne de dépassement (%) des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique dans l'eau des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 2001	15
Tableau 8 :	Fréquence de dépassement (%) des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour l'ensemble des pesticides.....	15
Tableau 9 :	Fréquence de dépassement (%) du critère de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques pour l'atrazine	18
Tableau 10 :	Analyse statistique des tendances de l'évolution des concentrations des pesticides les plus fréquemment détectés	26
Tableau 11 :	Quelques municipalités tirant leur eau brute de rivières exposées à la présence de pesticides.....	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Évolution des superficies traitées par certains herbicides au Québec (ha)....	4
Figure 2 :	Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Chibouet (µg/L).....	20
Figure 3 :	Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière des Hurons (µg/L).....	22

Figure 4 :	Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Régis (µg/L).....	24
Figure 5 :	Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Zéphirin (µg/L)	25
Figure 6 :	Tendances temporelles des concentrations moyennes pour quelques herbicides.....	27
Figure 7 :	Comparaison des concentrations de MES et d'herbicides dans la rivière des Hurons	30
Figure 8 :	Comparaison des concentrations de MES et d'herbicides dans la rivière Saint-Régis	31
Figure 9 :	Concentrations maximales de pesticides dans l'eau brute de quelques cours d'eau servant de source d'alimentation en eau potable	35

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :	Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection
Annexe 2 :	Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin et Yamaska, 1999 à 2001
Annexe 3 :	Statistiques descriptives par rivière
Annexe 4 :	Total des précipitations des mois de mai et de juin de 1992 à 2001 pour les stations météorologiques voisines des bassins versants à l'étude
Annexe 5 :	Comparaison des profils de concentrations des herbicides et des MES pour les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin

INTRODUCTION

Au Québec, la culture du maïs vient tout de suite après les cultures fourragères et les pâturages quant à l'importance des superficies. Les superficies en maïs (grain, fourrager, sucré) ont augmenté d'environ 29 % depuis 1996. Alors qu'elles étaient de 386 649 hectares en 1996 (Statistique Canada, 1996), elles occupent, en 2001, une superficie de 498 923 hectares (Statistique Canada, 2001). Le maïs grain servant à l'alimentation animale est prédominant avec des superficies de 435 676 hectares (87,3 %). Le maïs fourrager couvre 52 072 hectares (10,4 %) et le maïs sucré destiné à l'alimentation humaine, 11 175 hectares (2,2 %).

De toutes les provinces canadiennes, le Québec a connu l'accroissement en maïs grain le plus marqué. Cette hausse serait attribuable à l'augmentation de la production porcine. D'une part, le maïs grain est utilisé pour l'alimentation des porcs et, d'autre part, cette culture présente des besoins en matières fertilisantes élevés, ce qui permet d'épandre une plus grande partie des lisiers produits comparativement à d'autres cultures.

En raison de la superficie importante qu'elle couvre, la culture du maïs est donc celle qui utilise la plus grande proportion des pesticides commercialisés au Québec. Les produits utilisés sont surtout des herbicides.

Aujourd'hui, la culture du maïs est de plus en plus pratiquée en rotation ou en association avec celle du soya, laquelle a connu un essor important au Québec depuis 1996. Le Québec est le deuxième producteur de soya au pays. Les superficies sont passées de 96 693 hectares en 1996 (Statistique Canada, 1996) à 148 070 hectares en 2001 (Statistique Canada, 2001), ce qui constitue une augmentation de 53 % de la superficie.

Les tableaux 1 et 2 montrent les pesticides recommandés au Québec pour la répression des mauvaises herbes et des autres ravageurs dans le maïs et le soya. Plusieurs herbicides utilisés sont communs aux deux cultures (métolachlore, bentazone, diméthénamide, glyphosate, etc.).

La figure 1 montre l'évolution des superficies traitées par certains herbicides au Québec depuis le début de notre programme d'échantillonnage en 1992. Ces superficies ont été estimées en tenant compte des quantités vendues au Québec et des doses moyennes d'application dans le maïs et le soya. Au cours des dernières années, on note une augmentation régulière de l'utilisation du glyphosate, lequel devient, en 1999, l'herbicide utilisé sur les plus grandes superficies au Québec. Les superficies traitées à l'atrazine et au métolachlore sont en diminution, mais sont encore importantes.

Bien que le glyphosate soit utilisé dans différentes cultures et non seulement dans le maïs et le soya, l'augmentation notée du glyphosate est, entre autres, liée à l'utilisation des variétés de maïs et de soya transgéniques résistantes au glyphosate. Statistique Canada (2001) rapporte que pour l'année 2001, 35 % des superficies en culture de maïs sont en maïs transgénique. Toutefois, ce pourcentage comprend à la fois le maïs Bt et le maïs résistant au glyphosate.

Tableau 1 Pesticides recommandés pour la culture du maïs

	INGRÉDIENT ACTIF	NOM COMMERCIAL ¹	
HERBICIDES	Atrazine	480 SU, AATREX	
	Atrazine/dicamba	MARKSMAN	
	Atrazine/2,4-D	SHOTGUN	
	Bentazone	BASAGRAN	
	Bentazone/atrazine	LADDOK	
	Bromoxynil	PARDNER	
	Bromoxynil/MCPA	BUCTRIL	
	Clopyralide/flumétsulam	FIELDSTAR	
	Clopyralide/flumétsulam/2,4-D	STRIKER	
	Cyanazine	BLADEX	
	2,4-D	2,4-D AMINE	
	2,4-D/mécoprop/dicamba	KILMOR	
	Dicamba	BANVEL	
	Diflufenzopyr/dicamba	DISTINCT	
	Diméthénamide	FRONTIER	
	EPTC	ERADICANE	
	Flufenacet/métribuzine	AXIOM	
	Glufosinate d'ammonium	LIBERTY 200SN	
	Glyphosate	ROUNDUP, GLYFOS	
	Glyphosate TMS	TOUCHDOWN	
	Imazéthapyr	PURSUIT	
	Imazéthapyr/atrazine	PATRIOT	
	Linuron	LOROX	
	MCPA	MCPA AMINE, SODIUM OU POTASSIUM	
	MCPB/MCPA	TROPOTOX	
	Métolachlore	DUAL	
	Métolachlore/atrazine	PRIMEXTRA	
	s-Métolachlore/benoxacor	DUAL II MAGNUM	
	s-Métolachlore/benoxacor /atrazine	PRIMEXTRA II MAGNUM	
	Nicosulfuron	ACCENT	
	Paraquat	GRAMOXONE	
	Pendiméthaline	PROWL	
	Primisulfuron méthyle/dicamba	SUMMIT	
	Prosulfuron	PEAK	
	Prosulfuron/dicamba	PEAK PLUS	
	Pyridate	LENTAGRAN	
	Rimsulfuron	ELIM	
	Rimsulfuron/nicosulfuron	ULTIM	
	Simazine	SIMAZINE	
	INSECTICIDES	Acéphate	ORTHENE
		Bacillus thuringensis (Bt)	DIPEL
Carbaryl		SEVIN	
Carbofuran		FURADAN	
Chlorpyrifos		LORSBAN, PYRIFOS	
Cyperméthrine		CYMBUSH, RIPCORN	
Deltaméthrine		DECIS	
Endosulfan		THIODAN	
Lambda-cyhalothrine		MATADOR	
Méthomyl		LANNATE	
Oxydemeton-méthyl		METASYSTOX	
Parathion		PARATHION	
Perméthrine		AMBUSH, POUNCE	
Phorate		CYGARD	
Pyrimicarbe		PIRIMOR	
Tefluthrine		FORCE	
Trichlorfon		DYLOX	
Terbufos		COUNTER	
FONGICIDES		Chlorothalonil	BRAVO
	Propiconazole	TILT	

CPVQ, 2000 ; CRAAQ, 2001

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

Tableau 2 Pesticides recommandés pour la culture du soya

	INGRÉDIENT ACTIF	NOM COMMERCIAL ¹
HERBICIDES	Acifluorfen	BLAZER
	Bentazone	BASAGRAN
	Chlorimuron-éthyl	CLASSIC
	Chloransulam-méthyle	FIRST RATE
	Clethodim	SELECT
	Diclofop-méthyl	HOE-GRASS
	Diméthénamide	FRONTIER
	Diquat	REGLONE
	Éthylfluraline	EDGE D.C.
	Fénoxaprop-éthyl	EXCEL-SUPER
	Fluazifop-butyl	FUSILADE, VENTURE
	Flufenacet/métribuzine	AXIOM
	Flumetsulam/métolachlore	BROADSTRIKE/DUAL
	Flumetsulam/ S-métolachlore	BROADSTRIKE/DUAL MAGNUM
	Flumetsulam/trifluraline	BROADSTRIKE/TREFLAN
	Fomesafen	REFLEX
	Glyphosate	ROUNDUP, GLYFOS
	Glyphosate TMS	TOUCHDOWN
	Imazamox	VIPER
	Imazamox/bentazone	MERIDIAN PLUS
	Imazéthapyr	PURSUIT
	Imazéthapyr/métribuzine	CONQUEST
	Imazéthapyr/pendiméthaline	VALOR
	Isoxaflutole/atrazine	CONVERGE
	Linuron	LOROX
	Métobromuron	PATORAN
	Métolachlore	DUAL
	Métolachlore/linuron	CHECK MATE EC
	Métribuzine	METRIBUZINE
	Monolinuron	AFESIN
	Paraquat	GRAMOXONE
	Quizalofop-éthyl	ASSURE
	Séthoxydime	POAST
Thifensulfuron-méthyl	PINNACLE	
Trifluraline	TREFLAN, RIVAL	
INSECTICIDE	Diméthoate	CYGON, LAGON
FONGICIDE	Propiconazole	TILT

CPVQ, 2000; CRAAQ, 2001

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

Au cours des dernières années, les bilans des ventes de pesticides montrent l'apparition d'herbicides de nouvelle génération applicables à faibles doses (nicosulfuron, rimsulfuron, clopyralide, flumetsulam). Le plus récent bilan des ventes confirme l'augmentation des herbicides sulfonylurés, notamment du nicosulfuron et du rimsulfuron. Comparativement aux produits plus conventionnels appliqués à des doses de l'ordre du kilo à l'hectare, ces produits sont appliqués à des doses de quelques grammes à l'hectare. Bien que les quantités vendues soient minimales par rapport aux quantités vendues de glyphosate, d'atrazine ou de métolachlore, le calcul des superficies traitées montre qu'après le glyphosate, le rimsulfuron est le second en liste quant à l'importance des superficies traitées. On note aussi une augmentation de l'herbicide clopyralide, autre herbicide applicable à des doses de quelques grammes à l'hectare.

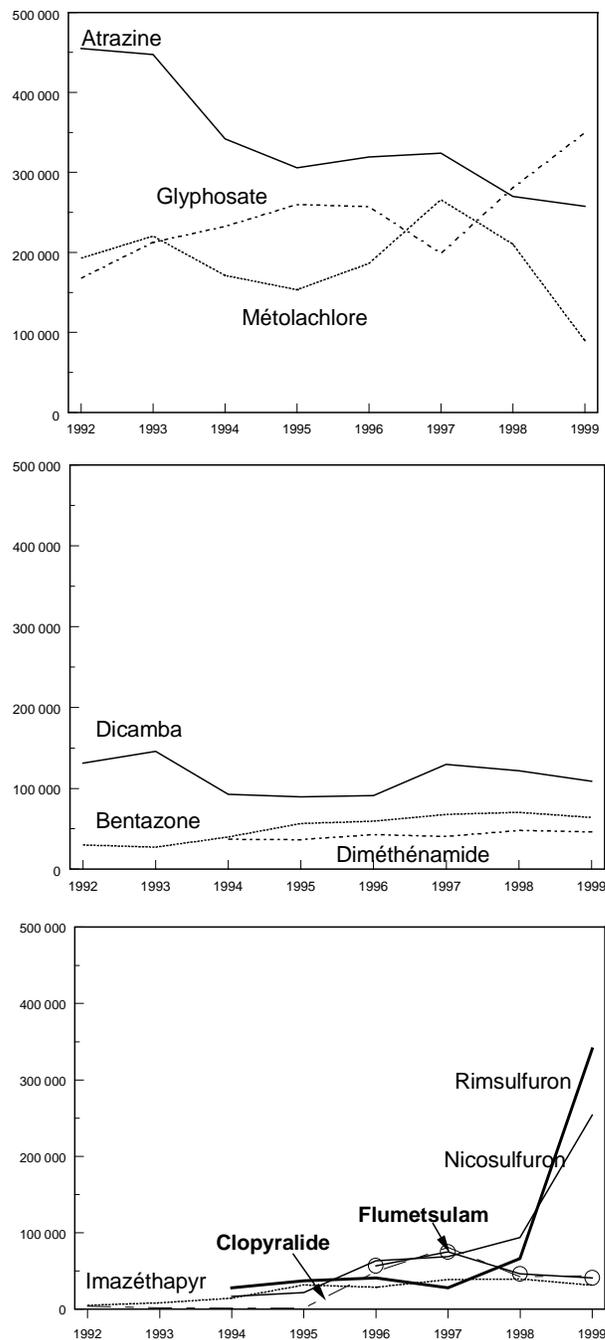


Figure 1. Évolution des superficies traitées par certains herbicides (ha)

Source : Données de base du bilan des ventes, MENV, 2002a, MEF, 1998b.

En 1992, le ministère de l'Environnement instaure un programme de suivi des pesticides portant sur la culture du maïs. Les résultats des premières campagnes d'échantillonnage montrent que la plupart des herbicides utilisés pour le maïs sont détectés dans l'eau des rivières et sont parfois présents en concentrations supérieures aux seuils établis pour la protection de la vie aquatique.

De 1992 à 2001, une vingtaine de rivières en zone agricole ont été échantillonnées et révèlent la présence d'herbicides provenant de la culture du maïs (tableau 3).

Tableau 3 Rivières échantillonnées pour les pesticides depuis 1992

BASSIN	RIVIÈRES ÉCHANTILLONNÉES	ANNÉE
Fleuve	Saint-Régis	1993 à 2001
	Beaudette	1994
	Delisle	1994
Châteauguay	Des Fèves	1993
	Richelieu	1998,1999
Yamaska	Des Hurons	1992 à 2001
	L'Acadie	1992,1993
	Yamaska	1992, 1994 à 2001
Nicolet	Chibouet	1992 à 2001
	Noire	1992, 1994
	Barbue	1992, 1993
	Salvail	1992, 1993
	David	1996, 1997
	Ruisseau Corbin	1996,1997
	Saint-Zéphirin	1992 à 2001
Bécancour	Blanche	1992
Chaudière	Beaurivage	1996, 1997
L'Assomption	L'Achigan	1996, 1997
	Saint-Esprit	1994, 1995
	Ruisseau des Anges	1994, 1995
	Ruisseau Saint-Pierre	1996
	Ruisseau Saint-Georges	1998

Grisé : Rivières choisies pour le suivi temporel

Parmi ces stations, quatre sont retenues pour vérifier l'évolution à long terme de la contamination. Choies pour couvrir différents secteurs de la grande région de culture intensive du maïs, les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin sont de petits tributaires situés très près des champs en culture. Depuis 1992, le programme de suivi a été adapté de façon à tenir compte des changements survenus dans les pratiques culturales, telles que l'utilisation de nouveaux herbicides, l'introduction de variétés transgéniques et l'accroissement de la rotation avec la culture du soya. Par ailleurs, afin d'obtenir un aperçu des concentrations de pesticides présentes à l'embouchure des tributaires du Saint-Laurent, des prélèvements ont aussi été effectués à l'embouchure de la rivière Yamaska.

L'objectif du programme de suivi est de vérifier l'évolution à long terme de la contamination par les pesticides dans les régions où le maïs et le soya occupent des superficies importantes, afin d'orienter les efforts de réduction de l'utilisation de ces produits en agriculture. Le présent rapport montre les résultats d'analyse pour l'échantillonnage de 1999, de 2000 et de 2001, et l'évolution de la contamination depuis 1992 pour les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme.

MÉTHODOLOGIE

Les stations et la fréquence d'échantillonnage

Les quatre stations retenues pour le suivi à long terme sont celles des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin. Ces petits tributaires agricoles ont été retenus pour l'importance des superficies en maïs et en soya dans leur bassin versant respectif et parce qu'ils couvrent plusieurs parties de la zone agricole de culture intensive de maïs et qu'ils sont assez près des cultures ciblées. Ces dernières années, des prélèvements ont également été faits à l'embouchure de la rivière Yamaska. Les superficies en maïs, en soya et autres cultures de ces bassins sont présentées au tableau 4.

L'analyse des résultats de l'échantillonnage quotidien de 1992 avait démontré que la prise de trois échantillons par semaine permettait de vérifier de façon optimale la fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau. En 1999, en 2000 et en 2001, tout comme durant les années antérieures, c'est donc cette fréquence d'échantillonnage qui a été appliquée de la mi-mai à la fin août. Les échantillons d'eau sont prélevés à partir des ponts. Les bouteilles sont fixées à un support métallique lesté d'un bloc de plomb. Des bouteilles de verre clair sont utilisées pour le prélèvement. Le dessous du bouchon est couvert d'un papier d'aluminium afin d'éviter que les pesticides qui pourraient être présents dans l'échantillon ne soient adsorbés sur le plastique du bouchon. Les échantillons sont conservés au frais dans des glacières jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Ils sont alors placés au réfrigérateur jusqu'à l'analyse.

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

Au total, une quarantaine de pesticides ont été analysés dans les quatre stations retenues pour le suivi à long terme. Effectuées par balayage systématique, les analyses nous renseignent sur une trentaine de pesticides, dont une vingtaine peuvent être employés dans la culture du maïs ou du soya. Les analyses effectuées sont l'analyse OPSTRA, qui comprend une trentaine de pesticides de groupes chimiques différents (organophosphorés, triazines, carbamates, etc.) et l'analyse des phénoxyacides. En 1999, l'herbicide clopyralide a été ajouté à la liste des produits analysés. Après l'abaissement du seuil de détection, le glyphosate a été ajouté à la liste des paramètres analysés dans la rivière des Hurons, en 2000, et la rivière Chibouet, en 2001. Les herbicides sulfonyles ne sont analysés que depuis 2002 et n'apparaissent donc pas dans le présent rapport. Les méthodes d'analyse et les limites de détection sont présentées à l'annexe 1.

Afin de juger de leur signification environnementale, les concentrations de pesticides mesurées dans les cours d'eau ont été comparées à des critères de qualité édictés par des organismes responsables de la protection de l'environnement ou de la santé publique (tableau 5).

Tableau 4 Superficie (km²) et proportion du bassin versant (%) par type de culture en amont des stations d'échantillonnage en 2001

Bassin Sous-bassin	Maïs		Soya		Autres cultures en rangs ¹		Céréales ²		Fourrages		Autres cultures ³		Superficie cultivée totale		Superficie totale km ²
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	
Riv. Nicolet	335,3	9,9	97,3	2,9	16,2	0,5	153,2	4,5	604,4	17,8	6,3	0,2	1212,7	35,8	3390
<i>Riv. Saint-Zéphirin</i>	22,9	24,6	5,2	5,6	0,3	0,3	5,5	5,9	16,3	17,5	0,09	<0,1	50,3	54,1	93
Riv. Yamaska	1135,3	25,2	243,6	5,4	107,4	2,4	171,7	3,8	570,9	12,6	31	0,7	2260	50,1	4510
<i>Riv. Chibouet</i>	54,7	36,5	10,7	7,1	0,5	< 0,1	8,1	5,4	16,2	10,8	0,08	<0,1	90,2	60,1	150
Riv. Richelieu ⁴	854,3	22,1	257,9	6,6	83,3	2,2	91,7	2,4	290,2	7,5	25,4	0,6	1602,8	41,4	3874
<i>Riv. des Hurons</i>	83,6	30,2	26,8	9,7	16,6	6	10,5	3,8	23,2	8,3	7,1	2,5	167,8	60,6	277
Riv. Saint-Régis	20,5	19,7	13,7	13,2	8,7	8,4	5,3	5,1	7,8	7,5	2,3	2,2	58,3	56,1	104

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

² Céréales : blé, orge, avoine, seigle, sarrasin, colza, etc.

³ Autres cultures : arbres fruitiers, petits fruits, pépinières, etc.

⁴ Superficie de la partie québécoise du bassin (16 % de la superficie totale)

Source : Statistique Canada, 1996

Tableau 5 Critères de qualité de l'eau pour les pesticides analysés (µg/L)

	Vie aquatique chronique ¹	Irrigation ³		Eau potable ⁴
Atrazine	2	10		5 ⁵
Azinphos-méthyl	0,005			20
Bentazone	510 ²			
Bromoxynil	5	0,35		5
Butilate	77 ²			
Carbaryl	0,2			90
Carbofuran	1,75			90
Chlorfenvinphos	-			-
Chlorothalonil	0,18	5,8		-
Chloroxuron	-	0,5		-
Chlorpyrifos	0,0035			90
Clopyralide	-			
Cyanazine	2			10
2,4-D	47			100
2,4-DB	25 ²			
2,4-DP (Dichlorprop)	-			-
Diazinon	0,002			20
Dicamba	10	0,006		120
Dichlorvos	-			-
Diméthénamide	5,6 ²			-
Diméthoate	6,2			20
Disulfoton	-			-
Diuron	1,6			150
EPTC	39 ²			-
Éthyl-parathion	-			-
Glyphosate	65			280
Linuron	7	3,3 ⁷	0,071 ⁸	-
Malathion	0,1			190
MCPA	2,6	0,16 ⁷	0,03 ⁸	
MCPB	7,3 ²			
Mécoprop	17 ²			
Méthyl-parathion	-			
Métolachlore	8	28		50
Métribuzine	1	0,5		80
Mévinphos	-			-
Myclobutanil	11 ²			
Parathion	0,013			50
Phorate	-			2
Phosalone	-			-
Simazine	10	0,5		10 ou 2 ⁶
Tébutiuron	1,6	0,27		-
Terbufos	-			1
Triclopyr	-			-
Trifluraline	0,1			45

¹ MENV, 2002b (http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm); CCME, 1987 et mises à jour (1989-1996)

² Critères calculés selon la méthode MENVIQ, 1990, révisée en 1992

³ CCME 1987 et mises à jour (1989-1996)

⁴ *Règlement sur la qualité de l'eau potable*, 2001 (<http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm>)

⁵ Somme de l'atrazine et de ses produits de dégradation

⁶ OMS, 1994

⁷ Critère pour l'irrigation des céréales

⁸ Critère pour l'irrigation des autres cultures

Critères pour la protection de la vie aquatique

Le critère de qualité utilisé pour évaluer le risque pour les organismes aquatiques est le critère de « toxicité aquatique chronique », soit la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pendant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Comme le cycle de vie de certains organismes aquatiques peut être très court, une exposition à des concentrations supérieures aux critères, même durant une période relativement courte, peut entraîner des effets néfastes. Dans ce contexte, on estime que la situation est préoccupante lorsque la concentration d'un polluant dépasse le critère durant quatre jours consécutifs (EPA, 1991; rév. 1992).

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

Critères pour la protection de la santé humaine

- *Normes d'eau potable*

Bien que nos données décrivent la qualité de l'eau brute provenant de petits cours d'eau qui ne servent pas directement à l'alimentation en eau potable, nous utilisons également, à titre indicatif, les normes d'eau potable pour interpréter nos résultats. Ces critères sont basés sur une consommation à vie et représentent la concentration en deçà de laquelle une substance peut se trouver dans l'eau potable sans entraîner d'effets néfastes sur la santé. Si toutes les autres normes sont respectées par ailleurs, le respect des normes d'eau potable pour les pesticides indique que l'eau est propre à la consommation. D'autre part, comme les critères sont basés sur une consommation à vie, un dépassement occasionnel de la norme ne signifie pas nécessairement que l'eau est impropre à la consommation, mais révèle plutôt la nécessité d'un suivi afin d'éviter que la situation ne se détériore. Notre programme de suivi de l'eau des rivières peut aider à orienter le suivi de l'eau potable.

Ces critères sont fixés avec une marge de sécurité de façon à tenir compte des différences de sensibilité entre les individus. Cette marge de sécurité peut se révéler utile aussi pour prendre en compte les effets additifs ou de synergie entre les produits.

- *Critères de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques*

Les critères de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques visent à protéger la santé des personnes qui consomment des organismes aquatiques (poissons, mollusques, etc.) et à prévenir la perte d'utilisation de la ressource.

De tels critères sont beaucoup plus sévères que les normes d'eau potable. Ils visent à assurer la pleine intégrité des eaux de surface et représentent en quelque sorte une qualité idéale à atteindre pour les personnes qui feraient un usage intensif du milieu aquatique par la consommation quotidienne et prolongée d'organismes aquatiques (ex. : poisson).

Quoique les pesticides utilisés aujourd'hui soient moins bioaccumulables que les organochlorés autrefois utilisés, certains d'entre eux peuvent présenter une légère propension à s'accumuler dans la chair des organismes aquatiques. Parmi les produits analysés, il existe un critère de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques pour l'atrazine (0,78 µg/L), la cyanazine (0,47 µg/L) et le métolachlore (15 µg/L).

Critères pour les usages agricoles

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

Présence simultanée de plusieurs pesticides et de leurs produits de dégradation

Les critères de qualité de l'eau sont actuellement établis en tenant compte de la toxicité d'une seule substance et de certaines conditions du milieu (pH, température, dureté de l'eau). Ils ne tiennent pas compte de la toxicité des produits de dégradation des pesticides qui, dans certains cas, sont plus toxiques que les produits parents, ni des possibles effets perturbateurs endocriniens, ni de la présence simultanée de plusieurs pesticides. Pourtant, les organismes aquatiques sont typiquement exposés à de nombreux polluants, soit simultanément ou de façon séquentielle.

Tel qu'il est évoqué dans les rapports précédents (Giroux *et al.*, 1997; Giroux, 1999), plusieurs chercheurs croient que le concept des effets additifs devrait être considéré dans l'évaluation des données de qualité de l'eau. L'approche proposée par Calamari et Vighi (1992) est le regroupement des polluants en familles de produits dont le mode d'action est similaire, et ce, même lorsque de faibles concentrations sont mesurées. Cette méthode a été appliquée aux résultats obtenus depuis 1992.

Le traitement des données

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

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

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

RÉSULTATS

Résultats des campagnes d'échantillonnage de 1999, 2000 et 2001

Parmi les 44 pesticides analysés, 25 à 28 ont été détectés dans l'eau des rivières échantillonnées en 1999, en 2000 et en 2001 (tableau 6). Les résultats complets sont présentés à l'annexe 2. Par rapport au bilan présenté dans le rapport précédent (Giroux, 1999), les herbicides sont encore les produits détectés le plus souvent dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme de la contamination (rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin). On observe encore une grande diversité de pesticides présents dans l'eau. Pendant les mois de juin et de juillet, il y a souvent jusqu'à dix pesticides présents en même temps dans l'eau.

Les produits détectés dans plus de 50 % des échantillons prélevés en 1999, en 2000 et en 2001, sont, dans l'ordre, l'atrazine (100 %), le métolachlore (99,8 %), le bentazone (90,3 %), le dicamba (82,9 %), le 2,4-D (74 %) et le diméthénamide (58,4 %).

Les produits de dégradation de l'atrazine (dééthyl-atrazine ou DEA et déisopropyl-atrazine ou DIA) sont détectés respectivement dans 98,1 % et 70,9 % des échantillons. Quoique détectés dans moins de 50 % des échantillons, les herbicides clopyralide (48,2 %), mécoprop (45,2 %) glyphosate (37,8 %) et MCPA (36,1 %) sont quand même souvent présents.

Ajouté à l'analyse en 1999, et assez peu utilisé au Québec avant 1996, le clopyralide est maintenant détecté assez souvent dans les rivières. Il est détecté dans 100 % des échantillons de la rivière Chibouet en 2000 et 82 %, en 2001. En 2000, il est aussi détecté dans 73 % des échantillons des rivières des Hurons et Saint-Zéphirin. La valeur maximale mesurée de ce produit est de 2,3 µg/L. Sa détection dans l'eau à des concentrations de l'ordre du µg/L est surprenante compte tenu du fait qu'il est appliqué à des doses beaucoup plus faibles que les herbicides comme l'atrazine, le métolachlore, le bentazone, etc. En effet, ce produit est appliqué à une dose de 0,1 kg/ha en comparaison à des doses de l'ordre de 1 ou 1,5 kg/ha pour les autres produits.

Analysé en 2000 dans la rivière des Hurons, le glyphosate n'a pas été détecté cette année-là, possiblement en raison d'un seuil de détection trop élevé (0,5 µg/L). Revu à la baisse, le nouveau seuil de détection (0,1 µg/L) a permis de le détecter tout près du seuil de détection dans 37,8 % des échantillons de la rivière Chibouet en 2001 (seule rivière où ce paramètre a été mesuré en 2001).

Plusieurs autres herbicides (bromoxynil, EPTC, métribuzine, linuron, 2,4-DB, 2,4-DP, butilate, diuron, MCPB), des insecticides (diazinon, carbofuran, diméthoate, carbaryl, diazinon, chlorpyrifos, malathion, azinphos-méthyl) et deux fongicides (chlorothalonil et myclobutanil) ont aussi été détectés dans l'eau.

Tableau 6 Fréquence moyenne de détection des pesticides (%) dans les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin de 1992 à 2001

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
HERBICIDES										
Atrazine	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Dééthyl-atrazine</i>	100	100	99,3	100	99,3	100	100	96,6	100	97,7
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	NA	NA	97,2	99,3	90,6	95,5	89,3	89,3	59,8	63,8
Métolachlore	83,8	92,5	100	100	99,3	100	100	100	100	99,4
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	57,7	78,7	65,7	57,2	58,2	59,9
Simazine	67,6	62,5	78,7	58	67	51,6	6,1	21,6	22,8	14,7
Cyanazine	67,6	91,7	68,8	39,2	32,9	40	8,4	6,2	5,8	18,6
EPTC	13,5	27,5	22	17,5	26	19,3	22,4	24,4	21,0	32,7
Métribuzine	0	3,3	4,3	9,1	22,3	14,2	14,7	2,8	3,5	1,7
Linuron	0	10	11,3	8,4	16,1	3,8	1,7	0	0	3,4
Butilate	2,7	4,2	2,8	1,4	9,3	4,5	0	0	0	2,8
Diuron	0	1,7	7,1	2,1	2,5	0,6	0,6	0,6	1,2	0,6
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	83,7	97,7	92,4	90,2	88,3
Dicamba	NA	92,9	58,7	46,9	88,2	93,7	89,6	76,5	95,1	77,3
2,4-D	NA	54,8	65,3	57,2	68,9	77,5	91,9	81,3	72,7	68,1
Mécoprop	NA	76,2	29,7	26,9	49,7	46,9	52,5	32,5	42,2	60,9
MCPA	NA	35,7	25,6	32,4	41	49,4	39,9	29,6	38,0	40,8
Bromoxynil	NA	NA	NA	NA	NA	30	26,7	14,1	29,0	20,1
2,4-DB	NA	2,4	4,1	3,4	7,4	8,1	10,1	2,9	6,8	6,1
2,4-DP	NA	2,4	0	2,8	7,4	15,6	2,1	0	1,8	0
MCPB	NA	0	0,8	1,4	3,1	2,5	1,1	1,7	1,2	1,1
Clopyralide	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	28,6	64,6	51,4
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,8
INSECTICIDES										
Carbofuran	0	3,3	15,6	15,4	15,5	9	12,2	2,8	1,8	4,5
Diméthoate	8,1	7,5	12,1	12,6	14,3	5,8	3,9	10,2	6,2	7,3
Carbaryl	0	0	12,8	9,8	12,4	8,4	6,4	8,5	10,9	4,5
Diazinon	0	0	4,3	6,3	8,1	3,2	4,8	15,9	4,8	17,5
Chlorpyrifos	0	0	0	5,6	5	5,8	1,6	7,9	2,4	1,1
Malathion	0	1,7	2,8	3,5	1,8	1,3	2,1	5,7	2,4	1,7
Azinphos-méthyl	0	0,8	4,3	1,4	4,3	0	1,7	1,1	0	0
Phosalone	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
Chlorfenvinphos	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0
FONGICIDES										
Chlorothalonil	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6
Myclobutanil	NA	NA	NA	0,7	8,7	1,3	2,8	1,7	0	1,7
Nombre total d'échantillons :										
Triaz-OPS-autres	37	120	141	143	161	155	178	177	164	177
Phénoxy	-	42	121	144	161	160	178	174	163	179
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	45

NA : Non analysé

Dépassement des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique

Le tableau 7 montre la fréquence moyenne de dépassement des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique, par produit, pour l'ensemble des rivières et le tableau 8, la fréquence de dépassement pour l'ensemble des pesticides, par rivière. Le détail par rivière et par produit est présenté à l'annexe 3.

Tableau 7 Fréquence moyenne de dépassement (%) des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique dans l'eau des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint Zéphirin de 1992 à 2001

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
HERBICIDES										
Atrazine	43,2	35,8	25,5	16,1	28,5	18,7	12,9	6,7	15,8	9,6
Métolachlore	0	2,5	2,8	0,7	5,6	1,2	1,1	0	0,6	0,56
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	0,6	0	0	0	1,2	0
Cyanazine	0	0,8	2,1	1,4	0,6	0,6	0	0	0	0
Métribuzine	0	0	0	0	1,2	0	0,5	0	0	0
EPTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,56
MCPA	NA	2,4	0	0	1,2	0	0	0	0	0
MCPB	NA	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0
INSECTICIDE										
Carbofuran	0	0	0	0	0,6	0	0	0,56	0	0
Carbaryl	0	0	8,5	5,6	0	0	0	2,75	3,6	2,8
Diazinon	0	0	4,3	6,3	4,3	0	4,9	11,8	6,1	17,5
Chlorpyrifos	0	0	0	4,9	4,9	0,6	1,7	6,2	2,4	1,1
Malathion	0	0	0	0,7	0	0	0,5	1,1	1,2	0
Azinphos-méthyl	0	0,8	4,3	1,4	4,3	0	1,6	1,1	0	0

Tableau 8 Fréquence de dépassement (%) des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour l'ensemble des pesticides

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CHIBOUE	47	48,6	38	23,7	30	29,7	16,6	20,4	28,2	11,1
DES HURONS	33,3	25	22,2	5,8	29,3	15,4	15,5	22,7	14,6	30,2
SAINT-RÉGIS	-	35,7	20,6	34,3	53,6	17,5	28,6	45,4	40,4	47,7
SAINT-ZÉPHIRIN	22,2	27,6	21,6	26,3	33,3	17,9	11,4	8,9	9,5	8,8

- *Herbicides*

L'**atrazine** dépasse son critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique dans 11 à 28 % des échantillons de la rivière Chibouet, 2 à 7 % des échantillons des rivières des Hurons et Saint-Zéphirin et 9 à 20 % des échantillons de la rivière Saint-Régis.

Mis à part l'atrazine, les autres herbicides ne dépassent qu'occasionnellement les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Ainsi, l'herbicide **métolachlore**

dépasse occasionnellement son critère pour la protection de la vie aquatique dans les rivières Chibouet et Saint-Régis.

En 2001, la rivière Chibouet enregistre les plus fortes concentrations d'atrazine et de métolachlore mesurées depuis le début du programme d'échantillonnage en 1992. Les valeurs mesurées sont de 30 µg/L pour l'atrazine et de 40 µg/L pour le métolachlore.

En 2001, on détecte 69 µg/L de l'herbicide **EPTC** dans la rivière Saint-Régis. Cette valeur dépasse le critère de 39 µg/L établi pour la protection des espèces aquatiques.

Le diméthénamide n'est utilisé au Québec que depuis 1994. Malgré le fait qu'il ne représente qu'une faible proportion des herbicides utilisés, il est détecté dans 58 % des échantillons d'eau prélevés. Les concentrations mesurées sont souvent inférieures à 0,5 µg/L, mais présentent quelquefois des valeurs plus élevées. En juin 2000, la concentration de **diméthénamide** dépasse à deux occasions le critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique dans la rivière Saint-Régis. La concentration mesurée atteint 130 µg/L le 13 juin 2000, soit plus de 20 fois le critère de 5,6 µg/L fixé pour la protection de la vie aquatique. L'autre dépassement (15 µg/L) est survenu le 26 juin 2000.

Une concentration relativement élevée de bentazone (49 µg/L) a été mesurée dans la rivière Saint-Régis en 1999. Quoique cette valeur respecte le critère de qualité de l'eau établi pour la protection des espèces aquatiques, elle figure parmi les valeurs les plus élevées répertoriées pour ce produit. La documentation scientifique sur la présence de bentazone dans l'eau est assez limitée. Toutefois, cet herbicide a déjà été détecté en Suède, en Finlande et en Norvège (Lundbergh *et al.*, 1995). Les concentrations mesurées au Québec sont dans les mêmes gammes ou en concentrations parfois supérieures à celles mesurées en Suède où l'on observe un maximum de 10 µg/L de bentazone à l'exutoire d'un petit bassin versant agricole (Kreuger, 1998).

Par rapport à 1994, où près de 30 % des échantillons prélevés l'été à l'embouchure de la rivière Yamaska dépassaient le critère de protection de la vie aquatique de 2 µg/L d'atrazine, les dernières années de mesure montrent que le critère est dépassé moins souvent. En 1999, 11 % des échantillons dépassent les critères de protection des espèces aquatiques dont 5 % sont attribuables à l'atrazine. Les autres 5 % sont pour le chlorpyrifos et le diazinon. En 2001, aucun échantillon ne dépasse les critères.

- *Insecticides*

Plusieurs insecticides sont aussi détectés en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Ce sont les insecticides **diazinon, chlorpyrifos, carbaryl, malathion, carbofuran** et **azinphos-méthyl**.

Le critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour le diazinon est très bas, soit 0,002 µg/L. Comme notre seuil de détection de ce produit dans l'eau est de 0,02 µg/L, il dépasse le critère aussitôt qu'il est détecté dans l'eau.

De 1999 à 2001, le diazinon dépasse son critère de protection de la vie aquatique dans 14 à 43 % des échantillons prélevés dans la rivière Saint-Régis et dans 2 à 25 % des échantillons prélevés dans la rivière des Hurons. Ces deux rivières montrent aussi la présence d'autres insecticides, tels que le chlorpyrifos, le malathion, le carbaryl et l'azinphos-méthyl, qui dépassent à l'occasion leurs critères de qualité de l'eau.

Il faut toutefois noter que le seuil de détection de l'azinphos-méthyl a changé au cours de la période d'étude. La limite de détection est passée de 0,08 µg/L en 1999, à 0,21 µg/L en 2000 et à 0,22 µg/L en 2001. Comme le produit n'est plus détecté, cela laisse croire qu'il n'est plus présent dans l'eau alors qu'au cours des années précédentes, on le retrouvait dans 1 à 4 % des échantillons en concentrations supérieures au critère de protection de la vie aquatique.

Les rivières Saint-Régis et des Hurons montrent plus souvent des dépassements des critères de qualité de l'eau pour les insecticides. Ces produits ne sont pas nécessairement utilisés dans la culture du maïs ou du soya, mais plutôt dans les cultures maraîchères ou en milieu urbain.

Dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin, les insecticides détectés occasionnellement en concentrations supérieures aux critères de qualité de l'eau sont le diazinon, le chlorpyrifos et le malathion.

Parmi les quatre rivières échantillonnées, la rivière Saint-Zéphirin présente la plus faible fréquence de dépassement des critères pour la protection de la vie aquatique (9 %) et la rivière Saint-Régis, la fréquence la plus élevée (40 à 47 %).

Dépassement des normes d'eau potable et des critères de prévention de la contamination des organismes aquatiques

- *Norme d'eau potable*

En 1999, en 2000 et en 2001, seul l'herbicide atrazine a dépassé occasionnellement la norme de 5 µg/L pour l'eau potable. Dans les rivières échantillonnées, la norme est dépassée dans 2 à 5 % des échantillons, selon les années. Quoique ces rivières ne servent pas de source d'alimentation en eau potable, elle constituent, avec les autres petits tributaires agricoles, un apport de polluants vers les plus grandes rivières qui, elles, peuvent servir de source d'alimentation en eau potable.

D'ailleurs, des échantillons ont été prélevés à l'embouchure de la rivière Yamaska en 1999 et en 2001. Les eaux de la rivière Yamaska montrent la présence simultanée de plusieurs pesticides, mais aucun d'entre eux n'excède, à l'embouchure, les normes d'eau potable. Plus en amont, les concentrations relevées dans l'eau brute de la prise d'eau de Saint-Hyacinthe varient entre 0,12 et 2,1 µg/L pour la période de juin à août 1999 et entre 0,08 et 2 µg/L pour la période de mai à août 2000 (Laliberté, 2002). Ces valeurs ne dépassent pas la norme de 5 µg/L à respecter dans l'eau potable.

Les résultats de la rivière Yamaska, où de nombreux pesticides sont présents en faibles concentrations, donnent une indication de la situation qui peut prévaloir dans les autres grandes rivières. Quoique les dépassements des normes d'eau potable soient rares, la présence de pesticides dans l'eau potable ne doit pas être négligée. Le ministère a donc inclus dans son nouveau *Règlement sur la qualité de l'eau potable* une exigence obligeant les exploitants de réseaux qui desservent plus de 5000 personnes à réaliser le suivi de plusieurs pesticides dans l'eau qu'ils distribuent. Cette mesure devrait permettre d'intervenir par un ajustement du système de traitement en cas d'augmentation des concentrations ou de dépassements des normes.

- *Critère pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques*

Un tel critère pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques existe pour l'atrazine, la cyanazine et le métolachlore. Le critère est fixé à 0,78 µg/L pour l'atrazine, à 0,47 µg/L pour la cyanazine et à 15 µg/L pour le métolachlore.

Seule l'atrazine est présente dans l'eau en concentration assez élevée et durant une période suffisamment longue pour que l'on puisse s'attendre à une légère accumulation dans la chair des organismes aquatiques. La fréquence de dépassement du critère pour l'atrazine est présentée au tableau 9. Durant les trois dernières années de mesure, le critère est dépassé, en moyenne, dans 42 % des échantillons de la rivière Chibouet, 24 % de ceux de la rivière des Hurons, 40 % de ceux de la rivière Saint-Régis et 6 à 29 % de ceux de la rivière Saint-Zéphirin. On a encore, en 1999, en 2000 et en 2001, des épisodes où les concentrations d'atrazine dans l'eau sont susceptibles de causer une certaine accumulation dans la chair des organismes aquatiques, mais la fréquence de ces épisodes a diminué par rapport aux années antérieures.

Comme le critère pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques est beaucoup plus sévère que la norme d'eau potable, et qu'il s'agit d'un seuil préventif, les dépassements occasionnels du critère ne signifient pas qu'il y a menace à la santé publique, mais indiquent plutôt que l'eau n'est pas non plus d'une qualité idéale.

Tableau 9 Fréquence de dépassement (%) du critère de qualité pour la prévention de la contamination des organismes aquatiques pour l'atrazine

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
CHIBOUE	65	94	57	68	60	78	50	41	41	44
DES HURONS	50	72	44	21	53	33	35	23	24	23
SAINT-RÉGIS	-	86	56	37	53	42	25	43	43	37
SAINT-ZÉPHIRIN	55	76	43	50	54	64	43	7	21	29

Dépassement des critères de qualité de l'eau pour les usages agricoles

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

Le critère de qualité de l'eau pour la présence de dicamba dans l'eau d'irrigation des cultures (0,006 µg/L) est dépassé, en moyenne, dans 84 % des échantillons des quatre rivières, au cours des trois dernières années (annexe 3). Dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Régis, 100 % des échantillons prélevés ont une concentration supérieure à la valeur recommandée pour l'eau d'irrigation. Le critère de qualité de l'eau d'irrigation pour le MCPA (0,03 µg/L) est aussi dépassé, en moyenne, dans 28 % des échantillons. Les autres herbicides qui dépassent occasionnellement les critères de qualité de l'eau d'irrigation sont l'atrazine, le métolachlore, la simazine, le linuron, le bromoxynil et le métribuzine. Ainsi, des problèmes de phytotoxicité pourraient survenir dans certaines cultures si l'eau de ces rivières était utilisée comme source d'alimentation pour l'irrigation.

Les critères pour l'abreuvement du bétail correspondent aux critères pour l'eau potable. Seul l'herbicide atrazine dépasse occasionnellement le critère de qualité de 5 µg/L pour l'eau potable. Le critère est dépassé dans 2 à 5 % des échantillons des rivières échantillonnées, selon les années.

Portrait des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin

Les figures 2 à 5 montrent l'évolution de 1999 à 2001 des teneurs des principaux pesticides dans les quatre cours d'eau et l'annexe 3, les statistiques descriptives par bassin.

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

Le bassin de la rivière Chibouet draine les eaux provenant des terres agricoles de Sainte-Hélène-de-Bagot et de Saint-Hugues. Des quatre sous-bassins retenus, celui-ci présente la proportion la plus élevée en culture de maïs, soit 36,5 % de la superficie totale du bassin. Les autres cultures d'importance sont les fourrages (10,8 %), n'utilisant que peu ou pas de pesticides, les céréales (5,4 %) et le soya (7,1 %).

Dans cette rivière, 18 pesticides différents ont été détectés au cours de l'été 1999 et 15 en 2000 et en 2001. Les valeurs moyennes et médianes ainsi que la fréquence de dépassement du critère de qualité de l'eau pour le respect de la vie aquatique pour l'atrazine ont diminué ces dernières années par rapport aux années antérieures (figure 2). Toutefois, en 2001, la rivière Chibouet enregistre les valeurs maximales d'atrazine (30 µg/L) et de métolachlore (41 µg/L) les plus élevées jamais mesurées dans les rivières échantillonnées depuis le début du programme en 1992.

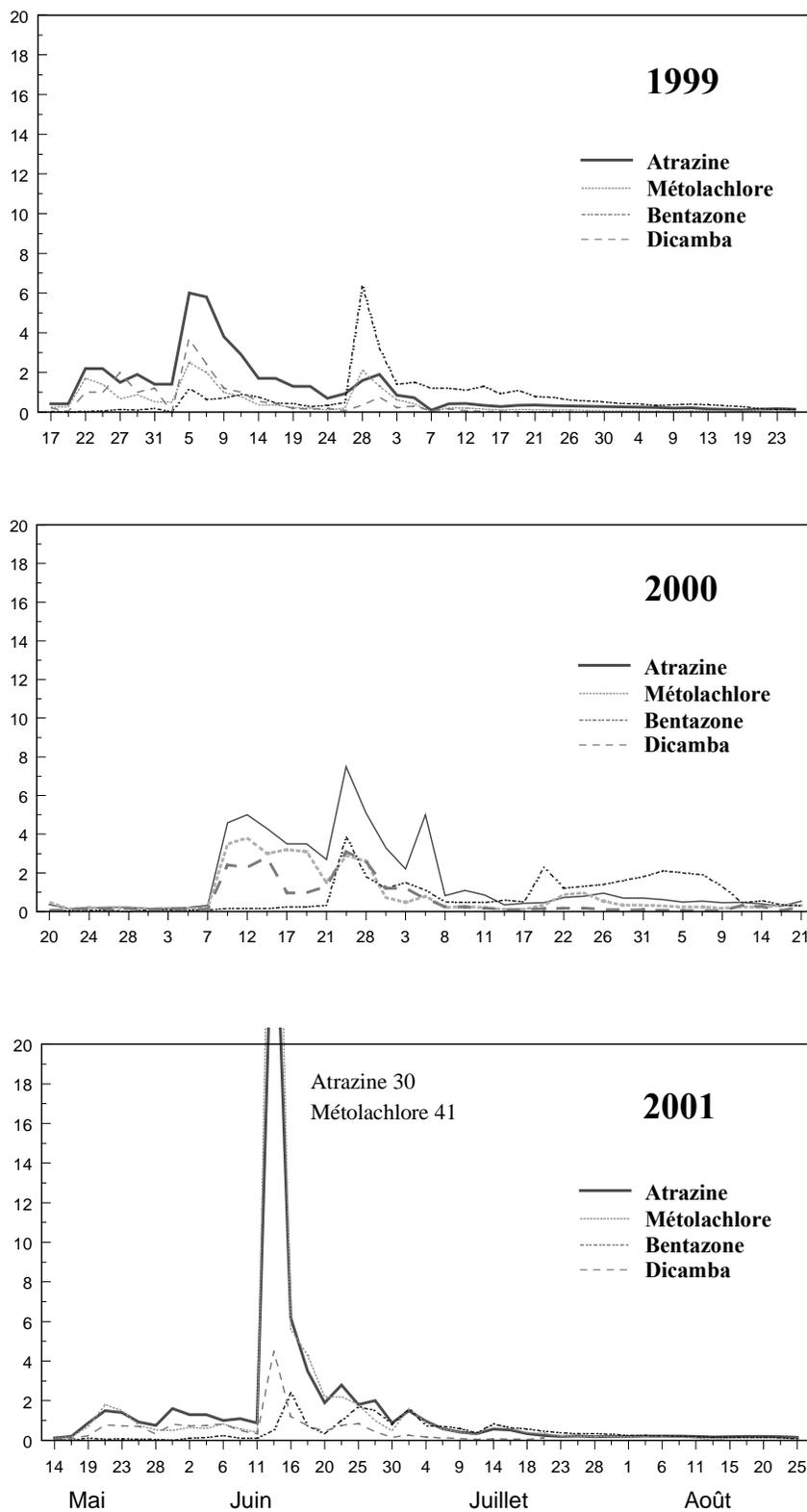


Figure 2 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Chibouet ($\mu\text{g/L}$)

Outre l'atrazine et le métolachlore, les autres herbicides décelés dans plus de 50 % des échantillons sont le bentazone, le dicamba, le clopyralide, le 2,4-D et le diméthénamide. Utilisé depuis peu, le clopyralide est détecté dans la rivière Chibouet dans 100 % des échantillons en 2000 et dans 82 % des échantillons en 2001. La rivière Chibouet est la seule rivière où la mesure du glyphosate a été incluse en 2001. Le glyphosate y est décelé dans 37 % des échantillons en faibles concentrations (0,1 ou 0,2 µg/L), soit près de la limite de détection. Plusieurs autres herbicides, des insecticides et un fongicide ont aussi été détectés dans cette rivière. De 1999 à 2001, 15 à 18 pesticides différents y ont été décelés.

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

La rivière des Hurons draine les eaux provenant des municipalités de Sainte-Madeleine, de Sainte-Angèle-de-Monnoir, de Sainte-Marie-de-Monnoir et de Saint-Jean-Baptiste. Le maïs occupe 30,2 % de la superficie du bassin et le soya, 9,7 %. En comparaison, les autres cultures employant des pesticides sont moins importantes : céréales (3,8 %) et autres cultures en rangées (6 %).

Chaque année, dans la rivière des Hurons, on retrouve un grand nombre de pesticides différents. En excluant les produits de dégradation, 23 pesticides différents ont été détectés dans la rivière en 2000 et en 2001 (figure 3).

Ici aussi, les pesticides les plus fréquemment détectés sont des herbicides. En plus de l'atrazine et du métolachlore décelés dans 100 % des échantillons, les autres herbicides détectés dans plus de 50 % des échantillons sont le bentazone (97 %), le 2,4-D (94 %), le dicamba (89 %), le mécoprop (79 %), le diméthénamide (56 %) et le clopyralide (51 %).

Mais on y retrouve également plusieurs insecticides ainsi qu'un fongicide, ces produits n'étant pas nécessairement associés à la culture du maïs ou du soya.

Plusieurs insecticides dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Ce sont le diazinon, le carbaryl, le chlorpyrifos et le malathion. Le diazinon dépasse son critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (0,002 µg/L) dans 11 % des échantillons en 1999 et 25 % des échantillons en 2001. Durant ces deux mêmes années, le carbaryl dépasse lui aussi son critère de 0,2 µg/L dans 7 % des échantillons. Pour les autres insecticides, les dépassements sont plus occasionnels.

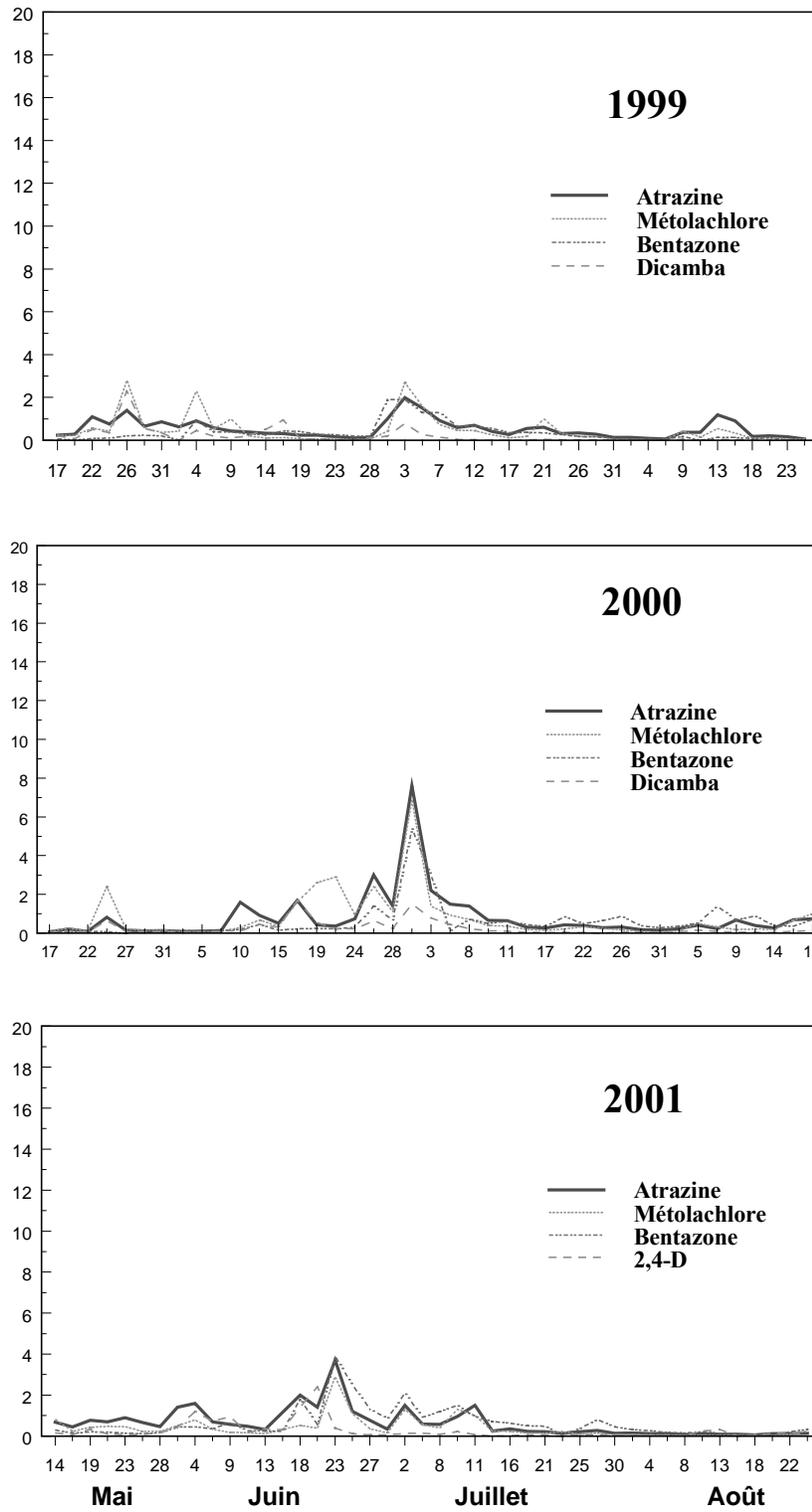


Figure 3 Concentrations de quelques herbicides dans la rivière des Hurons (µg/L)

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

La rivière Saint-Régis draine les eaux provenant des municipalités de Saint-Isidore, de Saint-Constant et d'une partie de Saint-Rémi. La culture du maïs y occupe 19,7 % de la superficie totale du bassin et le soya, 13,2 %. Des quatre bassins à l'étude, le bassin de la rivière Saint-Régis présente la plus forte proportion de culture de soya, de même que la plus forte proportion de cultures en rangs, autres que le maïs et le soya (légumes), soit 8,4 %. On y trouve aussi des cultures de céréales (5,1 %). Compte tenu de la multitude de pesticides utilisés sur ces différentes cultures, les produits retrouvés dans l'eau sont multiples : 20 à 28 pesticides différents ont été détectés de 1999 à 2001. Ici aussi, les produits décelés sont principalement des herbicides, mais on y trouve aussi plusieurs insecticides et un fongicide (figure 4).

De 1999 à 2001, les concentrations d'atrazine mesurées dans la rivière Saint-Régis sont supérieures au critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique dans 9 à 19 % des échantillons. Le métolachlore, le EPTC et le diméthénamide dépassent aussi sporadiquement leurs critères respectifs. Bien qu'exceptionnelles, les valeurs atteintes pour le diméthénamide sont de 130 µg/L le 13 juin 2000 et de 15 µg/L le 26 juin 2000. Ces valeurs dépassent largement le critère de qualité de l'eau de 5,6 µg/L pour la protection des espèces aquatiques. La concentration mesurée le 13 juin correspond à 23 fois le critère de protection de la vie aquatique. Le EPTC y atteint également une valeur élevée de 69 µg/L en mai 2001, ce qui est supérieur au critère fixé à 39 µg/L.

Les insecticides qui dépassent aussi occasionnellement les critères pour la protection de la vie aquatique sont le diazinon, le chlorpyrifos, le carbaryl, le malathion et l'azinphos-méthyl. Ces dépassements se produisent dans 14 % à 42 % des échantillons pour le diazinon, 13 % et 9 % des échantillons pour le chlorpyrifos en 1999 et en 2000, et 2 % à 12 % des échantillons pour le carbaryl. Dans le cas des autres insecticides, les dépassements sont plus sporadiques. Le chlorpyrifos a dépassé le critère de toxicité aiguë de 0,081 µg/L à deux reprises en 1999 et à une seule, en 2000. Ceci pourrait avoir causé des mortalités chez les espèces aquatiques sensibles. Ces produits ne viennent pas nécessairement des cultures de maïs ou de soya, mais peuvent provenir des cultures de légumes ou des zones urbaines voisines. D'ailleurs, en ce qui concerne les rivières des Hurons et Saint-Régis, l'incidence plus élevée de l'herbicide mécoprop, lequel est essentiellement utilisé en mélange avec le 2,4-D et le dicamba pour le traitement des pelouses, en même temps que celle d'insecticides, tels que le diazinon, le carbaryl et le chlorpyrifos, eux aussi utilisés pour le traitement des insectes de pelouses et de jardins, renforce l'hypothèse d'une contamination provenant de l'utilisation de ces produits en milieu résidentiel.

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

La rivière Saint-Zéphirin recueille les eaux provenant des terres agricoles de Saint-Zéphirin et de La Visitation-de-Yamaska. La culture du maïs occupe une superficie de 24,6 %. Des quatre sous-bassins, le bassin de la rivière Saint-Zéphirin possède la plus faible proportion en soya, soit 5,6 % de la superficie du bassin. Les céréales occupent une superficie de 5,9 %.

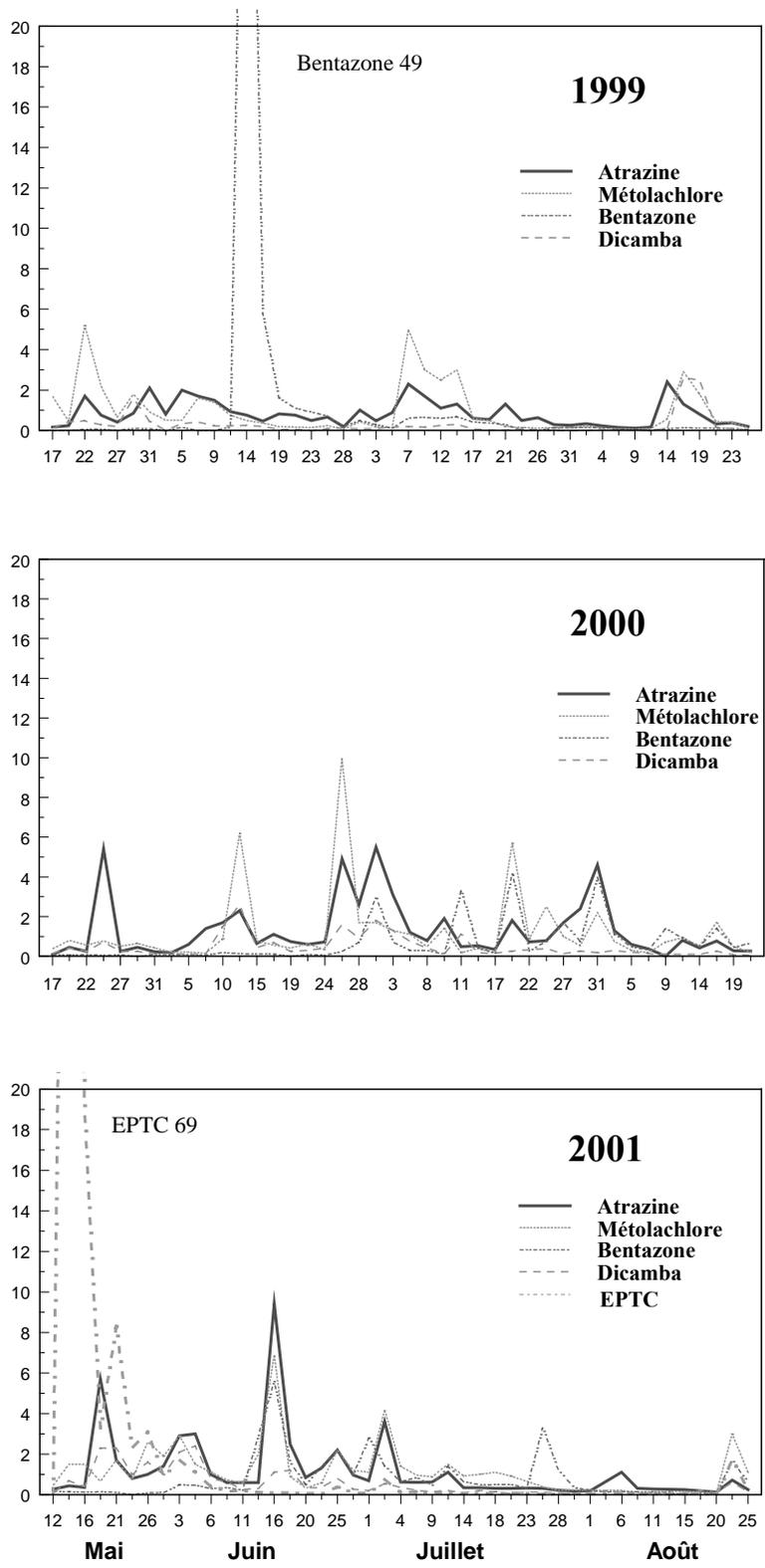


Figure 4 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Régis (µg/L)

De 13 à 17 pesticides différents ont été détectés dans la rivière Saint-Régis au cours des trois dernières années d'échantillonnage. De 1999 à 2001, de 4 % à 7 % des échantillons dépassent le critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (figure 5). La valeur maximale mesurée pour l'atrazine au cours des trois dernières années est de 8,7 µg/L et la proportion des échantillons supérieurs au critère de qualité de l'eau a encore diminué par rapport aux années antérieures. À part l'atrazine, aucun autre herbicide ne dépasse les critères pour la protection de la vie aquatique. On trouve aussi des dépassements occasionnels des critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique pour le diazinon et le chlorpyrifos en 1999 et en 2001.

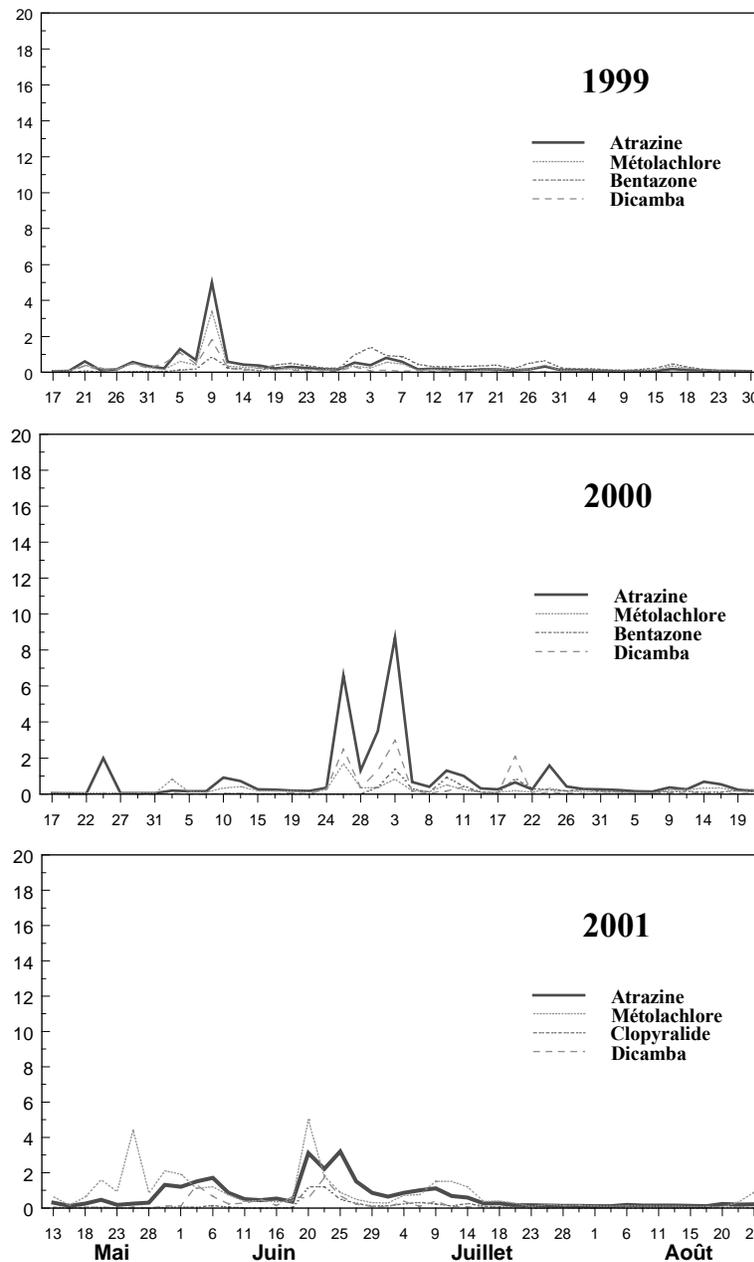


Figure 5 Concentrations de quelques herbicides décelés dans la rivière Saint-Zéphirin (µg/L)

Évolution temporelle de 1992 à 2001

Quoique l'atrazine soit encore parmi les produits les plus utilisés au Québec et qu'elle soit toujours détectée dans 100 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières échantillonnées, sa concentration moyenne est significativement plus faible qu'au début du programme d'échantillonnage en 1992. Ceci confirme la tendance à la baisse évoquée dans le rapport précédent (Giroux, 1999). En effet, l'analyse statistique (tableau 10 et figure 6) montre une tendance significative à la baisse des concentrations d'atrazine. Comme l'analyse de la tendance est basée sur dix saisons de mesure au cours desquelles on trouve un équilibre entre les années sèches et les années pluvieuses (annexe 4), il est raisonnable de croire que la baisse des concentrations d'atrazine est liée en bonne partie à la diminution de l'utilisation de l'atrazine au Québec, au cours des dernières années. Cette tendance à la baisse s'observe aussi dans le cas de la cyanazine et de la simazine, ainsi que pour les produits de dégradation de l'atrazine.

Tableau 10 Analyse statistique* des tendances de l'évolution des concentrations pour les pesticides les plus fréquemment détectés

HERBICIDES	FRÉQUENCE DE DÉTECTION EN 2001	PENTE DE LA DROITE DE RÉGRESSION*	PROBABILITÉ
Atrazine	100	-0,0517	<0,0001
Dééthyl-atrazine	97,7	-0,0223	<0,0001
Déisopropyl-	63,8	-0,0091	<0,0001
Métolachlore	99,4	-0,0057	0,4274
Bentazone	88,3	-0,0265	0,0820
Dicamba	77,3	-0,0099	0,1709
2,4-D	68,1	0,0056	0,0418
Mécoprop	60,9	0,0195	0,0717
Diméthénamid	59,9	0,0026	0,6959
Clopyralide	51,4	0,0264	0,0812

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

Sauf dans le cas du 2,4-D pour lequel on observe une très légère tendance à la hausse, tous les autres herbicides détectés dans plus de 50 % des échantillons montrent des fluctuations annuelles qui dépendent probablement des précipitations, mais aucune tendance significative dans le temps n'est perceptible pour le moment.

La quantité des pesticides utilisés, leur répartition sur le territoire agricole ainsi que l'occurrence, l'ampleur et la répartition spatiale des précipitations influencent beaucoup le moment d'apparition des pesticides dans l'eau et l'importance de leur concentration. Une analyse antérieure (Giroux, 1999) avait démontré un décalage dans le temps entre les fortes précipitations et les fortes concentrations. Le décalage varie de un à deux jours selon les rivières, mais cette règle n'est pas uniforme. Par contre, on observe des situations sans pluie où des teneurs élevées sont également mesurées.

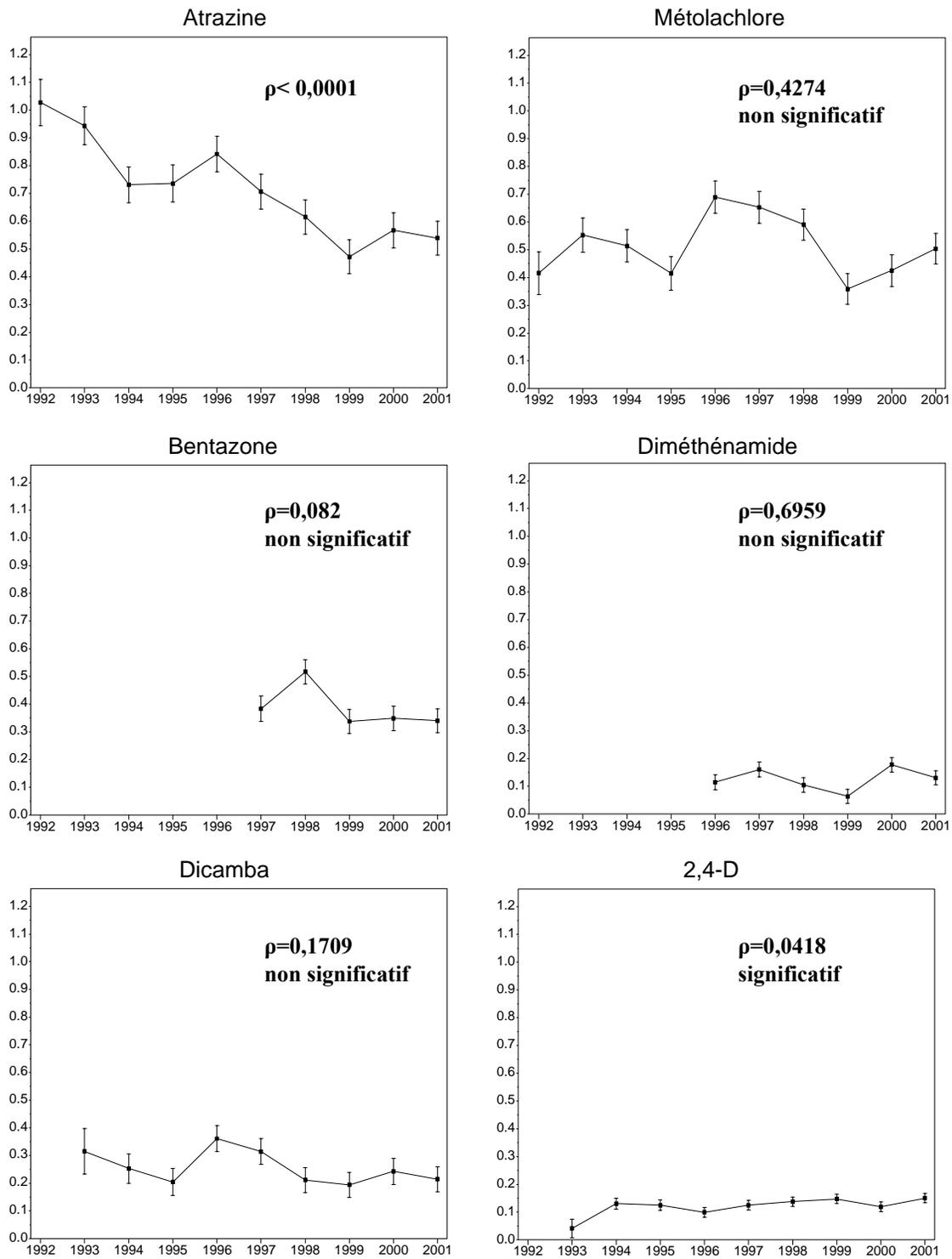


Figure 6 Tendances temporelles des concentrations moyennes* pour quelques herbicides

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

DISCUSSION

Facteurs qui influencent l'apparition de pesticides dans l'eau

Bien que les propriétés physicochimiques des pesticides et l'hydrologie du bassin aient une certaine influence sur la présence de pesticides dans les cours d'eau, plusieurs auteurs croient que les quantités de produits appliqués dans le bassin et les conditions climatiques qui prévalent autour de la période d'application sont les facteurs les plus déterminants (Blanchard et Lerch, 2000; Larson *et al.*, 1997; Larson *et al.*, 1995; Kreuger et Tornqvist, 1998).

Le moment d'apparition des pics élevés de concentrations d'herbicides dans l'eau dépend des conditions climatiques qui prévalent avant leur application aux champs ainsi que de l'importance et du moment de la pluie après l'épandage. Wauchope (1978) décrit un événement de pluie « critique » comme une pluie d'au moins 10 mm qui survient dans les deux semaines suivant l'application et dont 50 % du volume est transporté sous forme de ruissellement de surface. Les pics élevés de concentrations d'herbicides se produisent généralement dans le mois qui suit l'application des produits aux champs. Pour certains herbicides, tels que l'atrazine et le métolachlore, des pics de concentrations élevées peuvent se produire pendant 4 à 6 semaines (Frey, 2001). D'après les études qu'il a réalisées sur la rivière White en Indiana, Crawford (2001) rapporte que, lors des années pluvieuses, 90 % de la charge d'herbicides est transportée entre mai et juillet, et 60 %, lors des années sèches.

Pour la plupart des herbicides triazines ou acétanilides, la charge transportée dans les rivières varie généralement entre 0,2 et 2 % de la quantité appliquée (Larson *et al.*, 1997). Selon les données du programme NAWQA des États-Unis (Larson *et al.*, 1999), les charges d'atrazine et de métolachlore sont d'environ 1 % de la quantité appliquée.

Comme en témoigne l'exemple de la rivière des Hurons (figure 7), le profil des concentrations d'herbicides dans les quatre rivières à l'étude suit celui des matières en suspension dans l'eau (MES). Ceci indique que les herbicides seraient principalement transportés par les eaux de ruissellement. Lapp *et al.* (1998) font la même constatation pour les concentrations de MES et d'atrazine dans le ruisseau Saint-Esprit, situé dans un petit sous-bassin de la rivière L'Assomption. Toutefois, la solubilité élevée des herbicides fait qu'ils sont transportés sous forme soluble dans l'eau plutôt que d'être adsorbés aux particules de sol ou aux sédiments (Crawford, 2001; Graymore *et al.*, 2001).

La comparaison des profils de concentrations d'herbicides avec ceux des MES montre aussi des épisodes où les concentrations d'herbicides sont élevées sans qu'il n'y ait transport de MES ni de précipitations notables. C'est le cas notamment du bentazone (en 1999) et du EPTC (en 2001) dans la rivière Saint-Régis (figure 8). Ces situations sont probablement attribuables à des déversements ou à des mauvaises pratiques en bordure de la rivière.

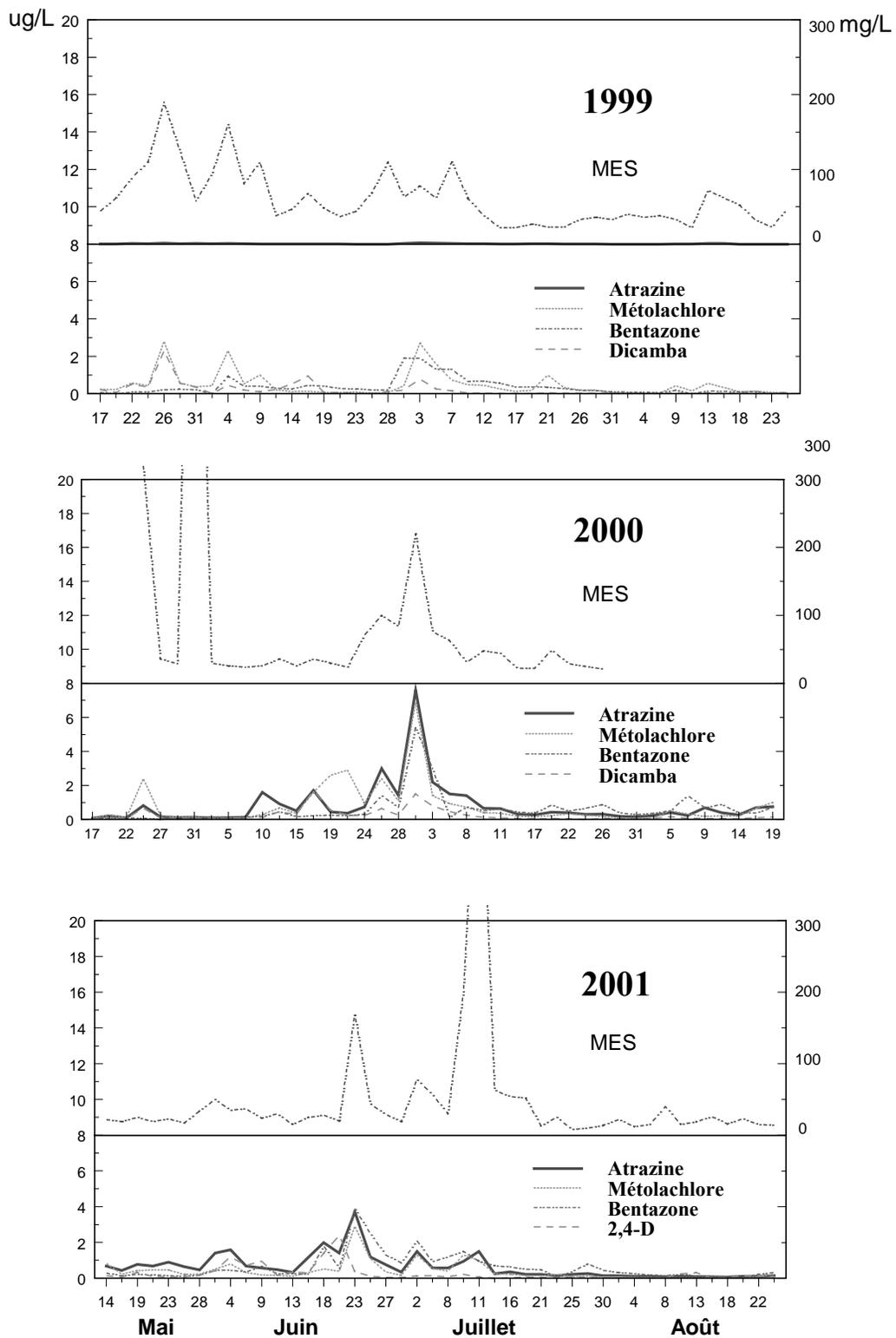


Figure 7 Comparaison des concentrations de MES et d'herbicides dans la rivière des Hurons

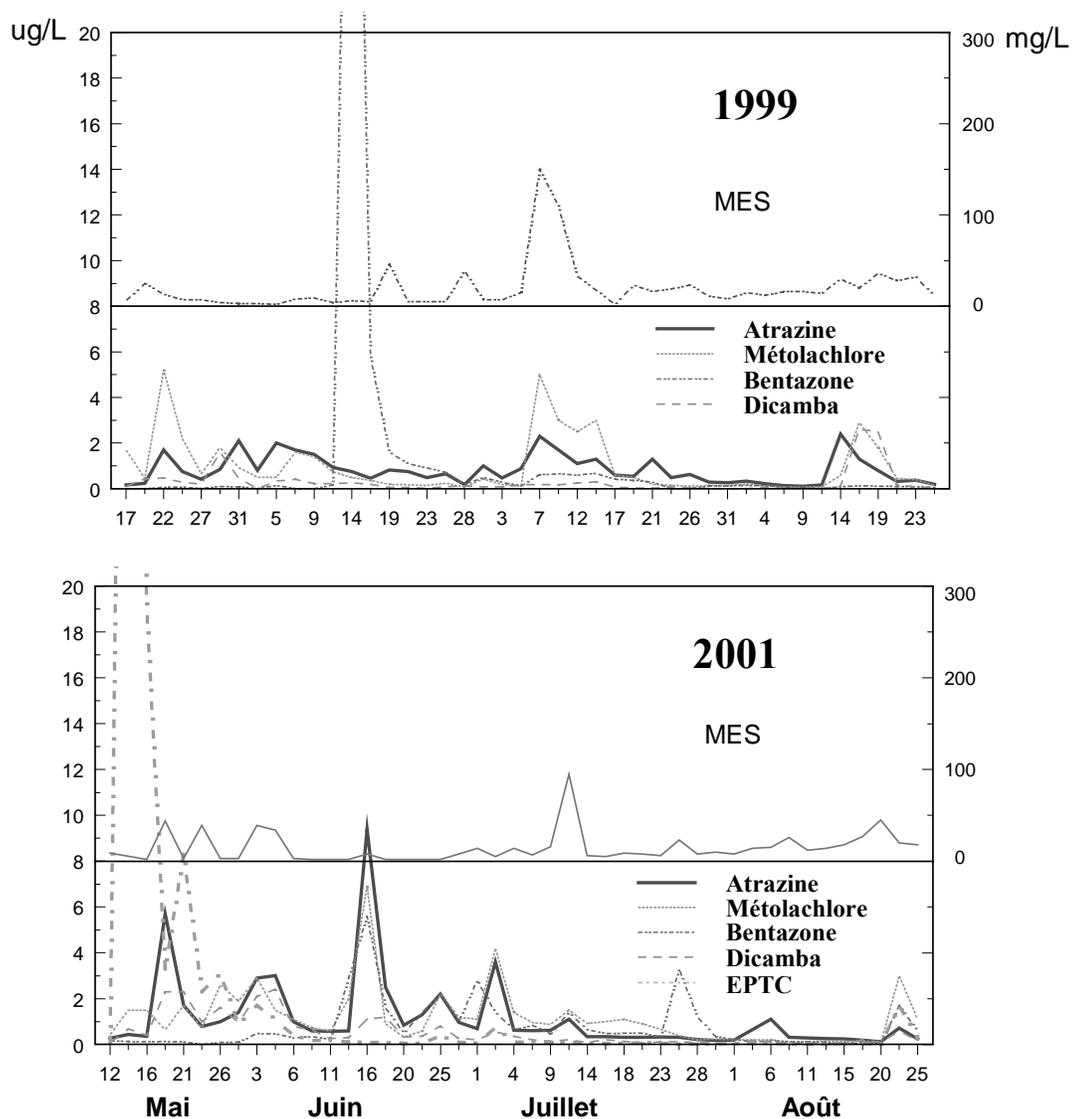


Figure 8 Comparaison des concentrations de MES et d'herbicides dans la rivière Saint-Régis

Selon Kladviko *et al.* (2001), les concentrations et la masse de pesticides transportés dans le drainage souterrain sont moins importantes que celles des eaux de ruissellement. Mais comme pour les eaux de ruissellement, les concentrations élevées apparaissent généralement dans le réseau de drainage souterrain durant le premier événement de pluie suivant l'application du pesticide aux champs. Les pesticides seraient transportés principalement par écoulement préférentiel dans le réseau des fissures du sol plutôt que par percolation lente. Les concentrations dans le réseau de drainage souterrain diminuent généralement au cours des événements de pluie suivants, mais des pics peuvent aussi survenir en période de dégel ou peu après le labour.

Comparaison avec d'autres programmes de suivi similaires ailleurs dans le monde

De manière générale, les résultats observés au Québec concordent avec ceux observés dans les zones agricoles en culture de maïs ailleurs dans le monde. Dans le cadre du programme NAWQA (National Water Quality Assessment) du U.S. Geological Survey, 58 rivières des États-Unis (en milieu agricole et non agricole) ont été analysées de 1992 à 1995 afin de vérifier la présence de pesticides (Larson *et al.*, 1999). Les résultats de ce programme montrent que parmi les herbicides détectés le plus souvent, l'atrazine et le métolachlore viennent en tête de liste (Larson *et al.*, 1999; Clark et Goolsby, 2000). Ils montrent aussi que, dans les régions en culture de maïs, plusieurs herbicides apparaissent dans l'eau en pics saisonniers et que certains d'entre eux dépassent les critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique. Dans le cadre du même programme, des résultats plus récents (1998) visant à vérifier les tendances temporelles de quelques pesticides montrent que les concentrations médianes d'atrazine, d'alachlore, de cyanazine et de métolachlore auraient diminué entre 1990 et 1998, mais que celles de l'acétochlore, un produit qui n'est pas homologué au Canada, auraient augmenté (Scribner *et al.*, 2000). Toutefois comme les échantillons ont été prélevés en une seule occasion après la première pluie suivant l'application, l'étude souligne que dans le cas de certains herbicides, la baisse des concentrations enregistrée n'est pas nécessairement liée à une baisse d'utilisation, mais peut aussi s'expliquer par le fractionnement des applications, le recours à des doses réduites et l'augmentation de l'application en postlevée de produits autrefois utilisés en prélevée.

Dans certaines régions, tel qu'en Indiana aux États-Unis, on note plutôt un accroissement de l'utilisation du métolachlore (Crawford, 2001). Dans le bassin Érié-Lake St. Clair, également à l'étude dans le cadre du programme NAWQA, l'atrazine est détectée dans 100 % des échantillons et le dééthyl-atrazine, le métolachlore et la simazine, dans plus de 50% des échantillons. L'atrazine et le métolachlore qui sont les deux herbicides les plus utilisés dans ce bassin se retrouvent en concentrations plus élevées dans l'eau. Les concentrations maximales mesurées sont toutefois plus élevées que celles mesurées au Québec, soit, 85 µg/L pour l'atrazine et 78 µg/L pour le métolachlore (Frey, 2001).

Tel qu'évoqué dans notre rapport précédent (Giroux, 1999), la baisse des concentrations d'atrazine dans l'eau est aussi signalée en Europe, où certains pays comme l'Italie et la Suède ont banni l'usage de ce produit (Griffini *et al.*, 1997; Kreuger, 1998).

Rares sont les études portant sur l'analyse du glyphosate dans les cours d'eau. Seule l'étude de Crawford (2001) mentionne un accroissement de l'usage du glyphosate et du 2,4-D dans le bassin de la rivière White en Indiana qu'il attribue à l'augmentation du semis direct pour lequel ces herbicides sont utilisés en présemis. Il semble que peu d'études aient porté sur un lien possible entre la contamination des cours d'eau et l'usage du glyphosate dans la production des variétés de maïs transgénique résistantes à ce produit.

Quelques études seulement portent sur les herbicides de nouvelle génération, tels que les sulfonyleurés. L'étude de Battaglin *et al.* (2000) montre la présence d'herbicides de nouvelle génération dans les cours d'eau et l'eau souterraine des régions agricoles des états du Midwest américain. Les principaux herbicides de nouvelle génération détectés dans les cours d'eau sont

l'imazéthapyr, le flumetsulam, le nicosulfuron et l'imazaquin. Ces quatre herbicides sont détectés respectivement dans 92 %, 82 %, 67 % et 41 % des échantillons prélevés dans les rivières. Les concentrations mesurées sont généralement inférieures à 0,1 µg/L et ne devraient pas, selon les études, affecter les espèces aquatiques.

En France, un programme agroenvironnemental fait la promotion de pratiques plus respectueuses de l'environnement. L'une des mesures prévues est le remplacement de l'atrazine par le nicosulfuron lequel est considéré moins dangereux pour l'environnement. Cependant, comme peu de données existent sur les effets écotoxicologiques du nicosulfuron, Seguin *et al.* (2001) ont mené une étude afin de comparer la toxicité du nicosulfuron et de l'atrazine sur les communautés de phytoplancton. Il ressort de cette étude que le nicosulfuron est effectivement moins toxique que l'atrazine pour le phytoplancton. Toutefois, en mésocosme extérieur (parcelle d'étude aménagée pour simuler le milieu naturel) et à des concentrations de 2 µg/L et de 30 µg/L, les deux produits affectent de façon significative la densité des principales espèces de phytoplancton (diatomée, chlorophytes, cryophytes et chrysophytes). Cette expérience réalisée sur une durée de deux mois met en lumière une réaction en chaîne où les différentes espèces sont tour à tour inhibées ou stimulées par la présence de ces herbicides. L'inhibition d'une espèce favorise davantage l'émergence d'une autre, jusqu'à ce que celle-ci soit exposée suffisamment longtemps pour être elle-même affectée par la présence de l'herbicide.

Conséquences sur l'eau potable

Les petits cours d'eau utilisés dans le cadre du présent programme d'échantillonnage ne servent pas pour l'alimentation en eau potable, mais ils contribuent avec l'ensemble des autres tributaires agricoles à la contamination des rivières situées en aval et qui, elles, peuvent être utilisées comme source d'alimentation en eau potable. Dans le sud du Québec, plusieurs municipalités tirent leur eau potable de rivières qui peuvent être exposées à la présence de pesticides (tableau 11). Évidemment ces rivières présentent habituellement des concentrations plus faibles que les petits tributaires agricoles qui font partie de notre programme régulier de suivi.

La figure 9 montre les concentrations maximales de pesticides mesurées ces dernières années dans quelques rivières du sud du Québec pouvant servir de source d'eau brute pour l'alimentation en eau potable. Les données récentes de la rivière Yamaska, où de nombreux pesticides sont présents en faibles concentrations, donnent une indication de la situation qui peut prévaloir maintenant dans les autres grandes rivières.

Les dépassements des normes d'eau potable sont rares. Même si les effets à long terme des faibles concentrations de pesticides ou des mélanges de ces produits sont peu connus (Larson *et al.*, 1997), les marges de sécurité conservatrices établies pour ces normes permettent de compenser la présence de mélanges de plusieurs produits. Les critères ne tiennent pas compte non plus des effets perturbateurs endocriniens (Frey, 2001; CEC 2001) et les pesticides susceptibles de causer ce type d'effet chez l'être humain, de même que les concentrations pouvant causer de tels effets, sont encore mal connus.

La présence éventuelle de pesticides dans l'eau brute destinée à l'alimentation en eau potable ne doit pas être négligée. Le ministère a donc inclus dans son nouveau *Règlement sur la qualité de l'eau potable* une exigence obligeant les exploitants de réseaux qui desservent plus de 5000 personnes à réaliser, quatre fois par année, le suivi de plusieurs pesticides dans l'eau qu'ils distribuent. Cette mesure devrait permettre d'intervenir par un ajustement du système de traitement en cas d'augmentation des concentrations ou de dépassements des normes.

Tableau 11 Quelques municipalités tirant leur eau brute de rivières exposées à la présence de pesticides

Bassin versant	Localisation de la prise d'eau (Nombre de municipalités desservies)	Rivière
L'ASSOMPTION	Joliette (4) Crabtree L'Épiphanie Repentigny (2) Saint-Charles-Boromé L'Assomption Sainte-Sophie	L'Assomption Ouareau L'Achigan L'Assomption L'Assomption L'Assomption L'Achigan
RICHELIEU	Saint-Armand (2) Lacolle Henryville (3) Sorel-Tracy Carignan Saint-Jean-sur-Richelieu Chambly (4) Saint-Denis-sur-Richelieu (18) Otterburn Park (5)	Baie Missisquoi Richelieu Richelieu Richelieu Richelieu Richelieu Richelieu Richelieu Richelieu
YAMASKA	Farnham Bromont Gramby Saint-Hyacinthe Bromont Acton Vale Saint-Damase	Yamaska Yamaska Yamaska Nord Yamaska Yamaska Rivière Noire Yamaska
SAINT-FRANCOIS	Drummondville (4) Pierreville (3)	Saint-François Saint-François
NICOLET	Nicolet (4) Victoriaville	Nicolet Bulstrode

Effets des pesticides sur les espèces aquatiques

Au cours des trois dernières années d'échantillonnage, on trouve encore des dépassements des critères de qualité de l'eau. Par ailleurs, la diversité des produits utilisés se traduit par un grand nombre de produits présents dans l'eau, et ce, à des concentrations souvent plus faibles que celles mesurées dans le passé pour l'atrazine ou le métolachlore, les deux herbicides autrefois détectés le plus souvent et en plus fortes concentrations. L'état des connaissances scientifiques ne nous permet pas de déterminer avec certitude si ces mélanges complexes sont plus toxiques ou moins toxiques qu'auparavant. Certaines équations ont toutefois été mises au point pour tenter d'en évaluer le risque et l'une d'entre elles est utilisée dans l'une des sections suivantes.

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

L'atrazine est l'herbicide qui dépasse le plus souvent les critères de qualité de l'eau pour le respect de la vie aquatique. Les effets de l'atrazine sur les espèces aquatiques ont été abondamment étudiés.

Comme son mode d'action est d'inhiber la photosynthèse, l'effet le plus direct de l'atrazine se produit sur les communautés algales. Des effets ont été mesurés sur le périphyton, le phytoplancton et les macrophytes à des concentrations de 20 µg/L, de même que les effets indirects sur la croissance et l'abondance des invertébrés, des têtards et des poissons (Graymore *et al.*, 2001; Dewey, 1986; DeNoyelles *et al.*, 1989). Une concentration de 20 µg/L peut causer une réduction de 60 % de l'abondance des macrophytes (Graymore *et al.*, 2001). En raison des effets sur leur source d'alimentation, l'atrazine provoque aussi des changements dans la structure des communautés de zooplancton.

Chez les poissons, des dommages aux reins ont déjà été observés à des concentrations de 5 µg/L (Graymore *et al.*, 2001). De faibles concentrations d'atrazine peuvent aussi entraîner des changements dans les comportements de nage et les habitudes de regroupement (Steinberg *et al.*, 1995). Saglio et Trijasse (1998) ont montré qu'une concentration de 5 µg/L d'atrazine peut diminuer le comportement de regroupement des poissons. Moore et Waring (1998) ont aussi noté des effets d'interférence olfactive chez *Salmo salar* à une concentration aussi faible que 0,5 µg/L d'atrazine, ce qui pourrait, par exemple, brouiller les signaux chimiques qui permettent aux poissons de s'orienter vers les frayères. Gendron et Branchaud (1997) croient que de tels mécanismes sont parmi les causes qui expliquent le déclin du chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*), espèce unique au Québec qui peuplait autrefois les rivières Richelieu et Yamaska. Son secteur de distribution se limite aujourd'hui presque essentiellement à la rivière Richelieu, où la population éprouve de sérieuses difficultés à se reproduire.

D'autres études ont aussi mis en évidence des effets de faibles concentrations d'atrazine chez les amphibiens. Ainsi, Hayes *et al.* (2002) ont trouvé qu'une exposition à une concentration aussi faible que 0,1 µg/L d'atrazine durant la période de développement larvaire de la grenouille *Xenopus laevis* pouvait introduire des cas d'hermaphrodisme chez cette espèce. À partir de

1,0 µg/L, des effets de démasculinisation étaient notés tandis qu'une diminution d'un facteur 10 des niveaux de testostérone était observée à une concentration égale ou supérieure à 25 µg/L.

Tavera-Mendoza *et al.* (2002) ont exposé des larves de *Xenopus* à l'atrazine pendant 48 heures durant la période de différenciation sexuelle. Leurs résultats montrent qu'à une concentration de 21 µg/L, l'atrazine réduit considérablement le développement des gonades mâles, causant chez une partie importante des individus exposés une résorption du tissu testiculaire. Ceci suggère que les pics d'atrazine observés dans les cours d'eau pourraient, s'ils surviennent au moment de la différenciation des cellules sexuelles, avoir des incidences importantes sur la reproduction des amphibiens.

Finalement, dans leur étude, Christin *et al.* (2002) ont exposé des grenouilles léopard juvéniles à un mélange de pesticides dont le principal constituant était l'atrazine. Des effets sur le système immunitaire ont été notés à partir de 2 µg/L. L'effet majeur observé était la suppression de la prolifération des lymphocytes. Une diminution de la réponse immunitaire peut avoir des conséquences sur la santé des amphibiens et les rendre plus vulnérables aux infections parasitaires. C'est d'ailleurs ce que suggèrent les résultats de l'étude complémentaire menée par Gendron *et al.* (2002). Dans le cadre de cette expérimentation, des grenouilles, d'abord soumises au mélange de pesticides, étaient ensuite exposées à des larves d'un parasite (*Rhabdias ranae*).

Outre l'atrazine, les autres herbicides détectés, ces dernières années, à des concentrations parfois supérieures au critère de qualité de l'eau sont le métolachlore, le diméthénamide et le EPTC. Plusieurs insecticides, le diazinon, le chlorpyrifos, le malathion, le carbaryl, l'azinphos-méthyl et le carbofuran, dépassent les critères de protection de la vie aquatique. La documentation scientifique sur les effets de ces produits à des concentrations faibles et en milieu naturel est plutôt rare (effets chroniques) et tous les types d'effets possibles n'ont pas nécessairement été étudiés. Il est donc difficile de décrire les effets de ces produits sur les organismes aquatiques de nos cours d'eau.

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

Par ailleurs, en plus des effets indirects sur les espèces aquatiques qui se servent des algues comme nourriture, support ou protection, il n'est pas exclu que les herbicides puissent avoir des effets directs sur les insectes aquatiques, les mollusques et les poissons. Il en est de même pour les insecticides détectés en concentrations supérieures aux critères de qualité pour la protection de la vie aquatique.

Les effets combinés des pesticides sur les espèces aquatiques

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

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

$$I = 1$$

où

n = nombre de produits dans le mélange

C_i = concentration de chacun des produits dans le mélange

CQ_i = critère de qualité de l'eau individuel

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

Bien que la plupart des études citées précédemment aient été confirmées à partir de tests de toxicité aiguë, le principe d'additivité a été appliqué aux concentrations sublétales (chroniques) d'herbicides présentes dans les échantillons d'eau prélevés en 1999, en 2000 et en 2001.

Selon cette approche, la proportion des échantillons qui présenteraient des concentrations d'herbicides susceptibles d'affecter la vie aquatique sans qu'aucun critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique ne soit dépassé est de 0 à 11 % pour la rivière Chibouet, de 4 à 9 % pour la rivière des Hurons, de 9 à 13 % pour la rivière Saint-Régis et de 0 à 6 % pour la rivière Saint-Zéphirin. Des effets sur les espèces aquatiques ont donc pu survenir en raison de la présence simultanée de plusieurs herbicides.

Le calcul ne tient pas compte d'éventuels effets additifs ou synergiques des insecticides, bien que ceux-ci soient également possibles. Par exemple, l'étude de Belden et Lydy (2000) indique que l'atrazine accroît de quatre fois la toxicité du chlorpyrifos et de deux fois celle du diazinon et du méthyl-parathion. Dans les rivières Saint-Régis et des Hurons où ces produits sont souvent présents simultanément, des effets synergiques sont donc possibles.

CONCLUSION

L'étude de quatre rivières situées dans des secteurs en culture intensive de maïs et de soya montre que des pesticides sont encore régulièrement présents durant les étés 1999, 2000 et 2001 dans les petits tributaires qui drainent les régions où se pratiquent ces cultures. En effet, les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme montrent encore la présence de plusieurs pesticides, ce qui ne constitue pas un grand changement comparativement aux années 1996, 1997 et 1998 traitées dans le rapport précédent.

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

Même si elles sont encore présentes dans 100 % des échantillons prélevés dans les quatre rivières retenues pour le suivi à long terme, les concentrations d'atrazine sont généralement plus faibles que celles mesurées auparavant. En effet, l'analyse statistique confirme la tendance significative à la baisse des concentrations d'atrazine déjà soulignée par les résultats de 1996 à 1998. Cette baisse est cohérente avec la diminution de l'utilisation rapportée dans les bilans des ventes. L'omniprésence de l'atrazine dans l'eau demeure toutefois préoccupante pour la protection de la vie aquatique en raison des effets à faibles doses rapportés dans la littérature scientifique récente.

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

La multitude de pesticides présents simultanément dans l'eau des rivières est également un sujet de préoccupation pour la sauvegarde de la biodiversité aquatique. En effet, de plus en plus de données scientifiques montrent des effets sublétaux à faibles doses sur les espèces aquatiques ou encore des effets additifs ou synergiques des mélanges de pesticides dans l'eau. En raison de la multitude de pesticides présents et de leurs possibles effets additifs, en plus des 9 à 48 % d'échantillons qui dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection des espèces aquatiques, on peut avoir jusqu'à 13 % des échantillons de plus qui présentent un risque pour la vie aquatique même si les critères de qualité de l'eau sont respectés.

Les petits cours d'eau utilisés dans le cadre du présent programme d'échantillonnage ne servent pas pour l'alimentation en eau potable, mais ils contribuent avec l'ensemble des autres tributaires agricoles à la contamination des rivières situées en aval et qui, elles, peuvent être utilisées comme source d'alimentation en eau potable. D'ailleurs, les données récentes de la rivière Yamaska, où de nombreux pesticides sont présents en faibles concentrations, donnent une indication de la situation qui peut prévaloir dans les autres grandes rivières. Les dépassements des normes d'eau potable sont rares et les marges de sécurité conservatrices établies pour ces normes devraient compenser la présence de mélanges de plusieurs produits. Toutefois la présence éventuelle de pesticides dans l'eau potable ne doit pas être négligée. Le ministère a donc inclus dans son nouveau *Règlement sur la qualité de l'eau potable* une exigence obligeant les exploitants de réseaux qui desservent plus de 5000 personnes à réaliser le suivi de plusieurs pesticides dans l'eau

qu'ils distribuent. Cette mesure devrait permettre d'intervenir par un ajustement du système de traitement en cas d'augmentation des concentrations ou de dépassements des normes.

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

Finalement, la découverte dans l'eau du clopyralide, herbicide de nouvelle génération, est surprenante compte tenu des doses minimales à l'hectare requises aux champs comparativement aux herbicides plus conventionnels comme l'atrazine. D'autres produits applicables à quelques grammes à l'hectare, les sulfonylurés, seront inclus aux prochaines campagnes d'analyse, mais les résultats actuels relatifs au clopyralide laissent croire que le recours à ce type d'herbicide ne constitue pas une solution durable au problème de contamination des cours d'eau.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALABASTER, J.S., D. CALAMARI, V. DETHLEFSEN, H. KONEMAN, R. LLOYD et J.F. SOLBÉ. 1994. « Mixtures of toxicants », *Water quality for freshwater fish.*, Ed. Gwyneth Howells, 222 p.

ALTENBURGER, R., W. BÖDEKER, M. FAUST et H. GRIMME. 1990. « Evaluation of the Isobologram Method for the Assessment of Mixtures of Chemicals, Combination effect studies with pesticides in algal biotests », *Ecotoxicology and environmental safety*, vol. 20, p. 98-114.

BATTAGLIN, W.A., E.T. FURLONG, M.R. BURKHARDT et C.J. PETER. 2000. *Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone and other herbicides in Midwestern rivers, reservoirs, and groundwater, 1998*, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado, 11 p.

BELDEN, J.B., et M.J. LYDY. 2000. « Impact of atrazine on organophosphate insecticide toxicity », *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 19, n° 9, p. 2266-2274.

BLANCHARD, P.E., et R.N. LERCH. 2000, « Watershed vulnerability to losses of Agricultural chemicals : Interactions of chemistry, hydrology, and land-use », *Environmental Science and Technology*, vol. 34, p. 3315-3322.

CALAMARI, D., et M. VIGHI. 1992. « A proposal to define quality objectives for aquatic life for mixtures of chemical substances », *Chemosphere*, vol. 25, n° 4, p. 531-542.

CCME. 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada et annexes 1989 à 1996*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement.

CEC. 2001. *North American Children's Health and the Environment*, Commission for Environmental Cooperation of North America, 38 p.

CHRISTIN, M-S., A.D. GENDRON, D. BROUSSEAU, P. MÉNARD, L. MARCOGLIESE, D.J. CYR, D. RUBY et S. FOURNIER. 2002. « Effects of agricultural pesticides on the immune system of *Rana pipiens* and on its resistance to parasitic infection », *Environ. Toxicology Chem.* Sous presse.

CLARK, G.M., et D.A. GOOLSBY. 2000. « Occurrence and load of selected herbicides and metabolites in the lower Mississippi river », *The Science of the Total Environment*, vol. 248, p.101-113.

COSSA, D., T. T. PHAM, B. RONDEAU, B. QUÉMERAIS, S. PROULX et C. SURETTE. 1998. *Bilan massique des contaminants chimiques dans le Fleuve Saint-Laurent*, Env. Can., Région du Québec, Conservation de l'environnement Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport ST-163.

CPVQ. 2000. *Traitements herbicides, Grandes cultures 2000*, Agdex 640, VT 049, Conseil des productions végétales du Québec Inc., ISBN 2-89457-188-7, 358 p.

CRAAQ. 2001. *Traitement de protection des cultures, Répertoire 2001-2002*, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, ISBN 2-7649-024-4, VU 070, 234 p.

CRAWFORD, C.G. 2001. « Factors affecting pesticide occurrence and transport in a large midwestern river basin », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 37, n° 1, p. 1-15.

DENOYELLES, F., W.D. KETTLE, C.H. FROMM, M.F. MOFFETT, S.L. DEWEY. 1989. « Use of experimental ponds to assess the effects of a pesticide on the aquatic environment », Voshel JR, editor, *Using mesocosms to assess the aquatic ecological risk of pesticides: theory and practice*, p. 41-56.

DEWEY, S.L. 1986. « Effects of the herbicide atrazine on aquatic insect community structure and emergence », *Ecology*, vol. 67, n° 1, p. 148-162.

EPA. 1991. *Technical support document for water quality-based toxics control*, Office of Water, U.S.E.P.A., Washington, DC 20460.

FAUST, M., R. ALTENBURGER, W. BÖDEKER et L.H. GRIMME. 1993. « Additive effects of herbicide combinations on aquatic non target organisms », *The Science of the Total Environment*, Supplément 1993, p. 942-952.

FAUST, M., R. ALTENBURGER, W. BÖDEKER et L.H. GRIMME. 1994. « Algal Toxicity of Binary Combinations of Pesticides », *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 53, p. 134-141.

FREY, J. 2001. *Occurrence, distribution, and loads of selected pesticides in streams in the Erie – Lake St Clair basin, 1996-98*, Water-resources investigations report 00-4169, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Indianapolis, Indiana, 69 p.

GENDRON, A.D, D.J. MARCOGLIESE, S. BARBEAU, M.-S. CHRISTIN, P. BROUSSEAU, S. RUBY, D.CYR et M. FOURNIER. 2002. « Exposure of leopard frog to a pesticide mixture affects life history characteristics of the lungworm *Rhabdias ranæ* », Soumis pour publication à la revue *Oecologia*, juillet 2002.

GENDRON A., et A. BRANCHAUD. 1997. *Impact potentiel de la contamination du milieu aquatique sur la reproduction du suceur cuivré (*Moxostoma hubbsi*): Synthèse des connaissances*. Rapport rédigé pour le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de la Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune.

GIROUX, I. 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, 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, Envirodoq EN970099, rapport n° PES-8, 54 p., 6 annexes.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC. 2001. *Règlement sur la qualité de l'eau potable*, 29 mai 2001, 18 p. et 2 annexes.

GRAYMORE, M., F. STAGNITTI et G. ALLINSON. 2001. « Impact of atrazine in aquatic ecosystems », *Environment International*, vol. 26, p. 483-485.

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

HATAKEYAMA, S., H. SHIRAISHI et S. UNO. 1997. « Overall pesticide effects on growth and emergence of two species of Ephemeroptera in a model stream carrying pesticide-polluted river water », *Ecotoxicology*, vol. 6, p. 167-180.

HAYES, T.B., A. LEE, M. MENDOZA, M. NORIEGA, N. STUART, A. et A. VONK. 2002. « Hermaphroditic, demasculinized frog after exposure to atrazine at low ecologically relevant doses », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 99, p. 5476-5480.

KLADIVKO, E.J., L.C. BROWN et J.L. BAKER. 2001. « Pesticide transport to subsurface tile drains in humid regions of North America », *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 31, n° 1, p. 1-62.

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

KREUGER, J., et L. TÖRNQVIST. 1998. « Multiple regression analysis of pesticide occurrence in streamflow related to pesticide properties and quantities applied », *Chemosphere*, vol. 37, n° 2, p. 189-207.

LALIBERTÉ, D. 2002. Données non publiées, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

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

LARSON, S.J., P.D. CAPEL, D.A. GOOLSBY, S.D. ZAUGG et M.D. SANDSTROM. 1998. « Relations between pesticide use and riverine flux in the Mississippi river basin », *Chemosphere*, vol. 31, n° 5, p. 3305-3321.

LARSON, S.J., P.D. CAPEL et M.S. MAJEWSKI. 1997. *Pesticides in surface waters, Distribution, trends and governing factors*, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, 373 p.

LARSON, S.J., R.J. GILLIOM et P.D. CAPEL. 1999. *Pesticides in streams of the United States: Initial results from the National Water-Quality Assessment Program*, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations report 98-4222.

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

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

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

MENV. 2002a. *Bilan des ventes des pesticides : suivi des transactions au Québec pour 1998-1999*, Québec, Ministère de l'Environnement, Direction des politiques du secteur agricole, site Internet : http://www.menv.gouv.qc.ca/pesticides/bilan98_99/index.htm.

MENV. 2002b. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, site Internet : http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm

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

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

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

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

PEREIRA, W.E., et F. D. HOSTETLER. 1993. « Nonpoint Source Contamination of the Mississippi River and its Tributaries by Herbicides », *Environ. Sci. Technol*, vol. 27, n° 8, p. 1542-1552.

SAGLIO, P., et S. TRIJASSE. 1998. « Behavioral responses to atrazine and diuron in goldfish », *Archives of Environmental Contamination & Toxicology*, vol. 35, n° 3, p. 484-491.

SCRIBNER, E.A., W.A. BATTAGLIN, D.A. GOOLSBY et E.M. THURMAN. 2000. « Changes in herbicide concentrations in Midwestern streams in relation to changes in use, 1989-1999 », *The Science of the Total Environment*, vol. 248, p.255-263.

SEGUIN, F., C. LÉBOULANGER, F. RIMET, J.C. DRUART et A. BÉRARD. 2001. « Effects of atrazine and nicosulfuron on phytoplankton in systems of increasing complexity », *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 40, p. 198-208.

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

STATISTIQUE CANADA. 2001. *Recensement de l'agriculture*, 2001.

STEINBERG, C.E., P. LORENZ et O.H. SPIESER. 1995. « Effects of atrazine on swimming behavior of Zebrafish, *Brachiodanio rerio* », *Water Research*, vol. 29, n° 3, p. 981-985.

TAVERA-MENDOZA, L., S. RUBY, P. BROUSSEAU, M. FOURNIER, D. CYR et D. MARCOGLIESE. 2002. « Response of the amphibian tadpole (*Xenopus laevis*) to atrazine during sexual differentiation of the testis », *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 21, n° 3, p. 527-531.

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

WAUCHOPE, R.D. 1978. « The pesticide content of surface water draining from agricultural fields – A review », *J. Environ. Qual.*, vol. 7, n° 4, p. 459-472.

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

Balayage des organophosphorés, triazines et autres

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

Les pesticides sont séparés 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 (propoxur et atrazine D₅) et d'un étalon d'injection (iprodione et terbutryne). De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés pour chaque série d'analyse.

Phénoxyacides

Méthode utilisée en 1999

Pour l'analyse des herbicides de type phénoxyacide, il y a d'abord acidification de l'échantillon à pH 2 afin d'activer la formation des formes non ionisées. Les pesticides sont ensuite extraits par passage à travers une colonne de type octadécyle (C18). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués avec un mélange d'acide acétique et d'acétonitrile. L'éluat recueilli est évaporé à sec sous atmosphère d'argon. Une estérification (méthylation) est effectuée à l'aide d'une solution de BF₃/méthanol acidifiée.

Les pesticides dérivés sont ensuite extraits avec une solution d'hexane et séparés dans une colonne de chromatographie en phase gazeuse. Le temps de rétention dans la colonne ainsi qu'un groupe d'ions caractéristiques permettent l'identification de chacun des composés présents au moyen d'un détecteur de masse spécifique (MSD). Les concentrations sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide de marqueurs isotopiques (dicamba-d₃ et 2,4-D-d₃) utilisés comme étalon d'extraction et d'un étalon d'injection (1,3,5-tribromobenzène). De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés pour chaque série d'analyse.

Méthode utilisée depuis 2000

L'échantillon est acidifié avec du H₂SO₄ (5 ml de H₂SO₄ 10N par litre d'eau) afin d'obtenir un pH < 2 et favoriser ainsi la forme non ionisée des acides. Les aryloxyacides sont extraits sur une colonne de type octadécyle (C18) et ils sont élués avec 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 de 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 étalon d'extraction, de deux étalons d'injection (1,3,5-tribromobenzène et 2,3,3,4,6-pentachlorobiphényle) et d'un étalon de dérivation (2,3-D). De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés pour chaque série d'analyse.

Glyphosate

Méthode utilisée en 2000

L'échantillon filtré sur fibre de verre est extrait sur résines échangeuses d'ions. Tout d'abord, on traite une colonne constituée de résine Chelex® 100, avec du FeCl₃. Cinquante millilitres d'échantillon acidifié avec du HCl (pH 1,6-2,0) sont ajoutés en tête de colonne et, après divers traitements, l'élution est réalisée avec du HCl 6N. Cet extrait est ensuite purifié sur résine AG1-X8® 200-400 mesh (forme chlorure). L'élution est encore une fois réalisée avec du HCl 6N. L'extrait est ensuite évaporé à sec et reconstitué avec 5 ml d'eau Nanopure®. Le pH est ajusté à 3-4.

L'extrait est filtré sur 0,45 µm. La quantification est réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase liquide muni d'une colonne chromatographique de type anionique. Le volume d'injection est de 500 µL. Le système est muni d'un réacteur post-colonne. La réaction consiste en une hydrolyse avec une solution d'hypochlorite de calcium, suivie d'ajout d'OPA-MERC qui réagit avec l'amine primaire formée précédemment, produisant 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 pour chaque série d'analyse.

Méthode utilisée en 2001

L'acquisition d'un nouvel appareil plus sensible a permis d'abaisser le seuil de détection au niveau instrumental. Le principe est le même qu'en 2000, mais le volume d'injection est de 50 µL. Ce nouvel instrument a permis d'abaisser la limite de détection de la méthode de 0,5 à 0,1 µg/L.

Annexe 1 (suite) Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection

Limites de détection (µg/L) pour les pesticides analysés en 1999, en 2000 et en 2001

	1999	2000	2001
Atrazine	0,04	0,02	0,02
Dééthyl-atrazine	0,03	0,03	0,03
Déisopropyl-atrazine	0,02	0,03	0,03
Azinphos-méthyl	0,08	0,21	0,22
Bentazone	0,03	0,03	0,03
Bromoxynil	0,01	0,01	0,02
Butilate	0,06	0,03	0,02
Carbaryl	0,03	0,04	0,05
Carbofuran	0,05	0,06	0,07
Chlorfenvinphos	0,04	0,09	0,06
Chlorothalonil	0,06	0,08	0,06
Chloroxuron	0,11	0,09	0,08
Chlorpyrifos	0,02	0,03	0,03
Clopyralide	0,1	0,06	0,03
Cyanazine	0,03	0,03	0,03
2,4-D	0,01	0,01	0,02
2,4-DB	0,05	0,03	0,03
2,4-DP(Dichlorprop)	0,03	0,03	0,02
Diazinon	0,02	0,03	0,02
Dicamba	0,01	0,02	0,03
Dichlorvos	0,02	0,04	0,02
Diméthénamide	0,03	0,03	0,02
Diméthoate	0,03	0,03	0,04
Disulfoton	0,03	0,03	0,03
Diuron	0,14	0,25	0,23
EPTC	0,02	0,02	0,02
Fonofos	0,01	0,01	0,02
Glyphosate	NA	0,5	0,1
Linuron	0,06	0,06	0,04
Malathion	0,02	0,02	0,02
MCPA	0,02	0,02	0,02
MCPB	0,02	0,02	0,02
Mécoprop	0,01	0,01	0,02
Méthidathion	0,02	0,05	0,05
Méthyl-parathion	0,02	0,04	0,06
Métolachlore	0,02	0,01	0,01
Métribuzine	0,02	0,02	0,02
Mévinphos	0,04	0,04	0,03
Myclobutanil	0,02	0,04	0,04
Parathion	0,04	0,12	0,09
Phorate	0,05	0,07	0,07
Phosalone	0,03	0,04	0,03
Phosmet	NA	0,02	NA
Simazine	0,01	0,02	0,01
Tébutiuron	0,16	0,2	0,24
Terbufos	0,04	0,05	0,11
Triclopyr	0,01	0,01	0,02
Trifluraline	0,04	0,04	0,03

NA : Non analysé

Annexe 2 Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE CHIBOUE ET EN 1999 (µg/L)

	Mai						Juin										Juillet										Août																						
	17	19	22	24	27	29	31	2	5	7	9	11	14	16	19	21	24	26	28	30	3	5	7	10	12	14	14	17	19	21	23	26	28	30	2	4	6	9	11	13	16	19	21	23	28				
HERBICIDES																																																	
Atrazine	0,41	0,41	2,2	2,2	1,5	1,9	1,4	1,4	6	5,8	3,8	2,9	1,7	1,7	1,3	1,3	0,89	0,93	1,6	1,9	0,84	0,73	0,09	0,41	0,43	0,34	0,32	0,27	0,33	0,36	0,32	0,3	0,29	0,27	0,26	0,25	0,23	0,2	0,21	0,15	0,14	0,11	0,14	0,17	0,14				
Dééthyl-atrazine	0,06	0,04	0,13	0,15	0,23	0,27	0,23	0,29	0,89	1,4	0,67	0,6	0,36	0,37	0,26	0,32	0,16	0,23	0,35	1,1	0,65	0,42	-	0,24	0,39	0,25	0,19	0,2	0,2	0,2	0,21	0,23	0,15	0,12	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,06				
Désopropyl-atrazine	-	-	0,06	0,07	0,08	0,1	0,09	0,12	0,37	0,49	0,24	0,22	0,13	0,12	0,09	0,09	0,05	0,07	0,14	0,42	0,22	0,11	0,08	0,07	0,08	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	0,04	0,02			
Métolachlore	0,25	0,27	1,7	1,4	0,67	0,88	0,52	0,5	2,5	2	0,99	0,78	0,36	0,36	0,22	0,2	0,1	0,2	2,1	1,3	0,62	0,42	0,02	0,22	0,2	0,15	0,15	0,1	0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,1	0,1	0,1	0,06			
Diméthénamide	0,07	0,03	0,06	0,06	0,1	0,28	0,22	0,09	0,49	0,28	0,08	0,18	0,05	0,04	tr	tr	-	tr	0,04	0,1	0,12	0,09	-	-	0,05	0,04	0,03	0,03	tr	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
EPTC	-	-	-	-	-	-	tr	0,02	0,04	tr	0,02	-	0,02	-	-	0,02	tr	-	0,02	0,47	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	tr	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02					
Diuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Bentazone	0,04	-	0,04	0,06	0,12	0,1	0,18	acc	1,2	0,64	0,71	0,89	0,76	0,45	0,42	0,28	0,34	0,48	6,4	3,2	1,4	1,5	1,2	1,2	1,1	1,3	1,1	0,92	1,1	0,79	0,74	0,61	0,56	0,51	0,43	0,41	0,32	0,37	0,4	0,37	0,32	0,27	0,17	0,13	0,14				
Dicamba	0,2	0,03	1	1	2	1	1,2	acc	3,7	2,4	1,2	1	0,53	0,43	0,18	0,15	0,19	0,07	0,34	0,75	0,22	0,3	0,06	0,16	0,07	0,04	0,06	0,04	0,02	0,02	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-D	0,03	-	0,02	0,02	0,16	0,15	0,11	acc	0,73	0,22	0,1	0,18	0,15	0,11	0,06	0,04	0,05	0,06	0,13	0,21	-	-	-	0,02	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mécoprop	-	-	-	-	-	-	-	acc	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
MCPA	-	-	-	-	-	-	0,02	acc	0,19	0,19	int	0,15	0,03	0,02	0,02	-	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
MCPB	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Bromoxynil	-	md	md	md	-	-	-	acc	0,15	0,04	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	0,13	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	-	acc	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Clopyralide*	-	-	-	-	-	0,1	-	acc	0,44	0,17	0,26	0,21	0,17	0,14	0,14	tr	0,11	0,12	1,1	0,28	tr	0,13	0,12	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
INSECTICIDES																																																	
Chlorpyrifos*	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Carbaryl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
MES (mg/L)	27	13	27	28	11	24	15	25	12	10	5	9	17	3	6	19	12	7	280	18	15	12	9	5	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE CHIBOUE ET EN 2000 (µg/L)

	Mai				Juin								Juillet										Août																															
	20	22	24	26	28	1	3	5	7	10	12	14	17	19	21	26	28	1	3	5	8	10	11	11	15	17	19	22	24	26	29	31	3	5	7	9	12	14	16	21														
HERBICIDES																																																						
Atrazine	0,36	0,14	0,18	0,22	0,22	0,16	0,17	0,21	0,31	4,60	5,00	4,30	3,50	3,50	2,70	7,50	5,10	3,30	2,20	5,00	0,83	1,10	0,86	0,88	0,34	0,43	0,46	0,72	0,79	0,95	0,70	0,69	0,61	0,49	0,53	0,45	0,47	0,40	0,27	0,54														
Dééthyl-atrazine	0,08	0,05	0,05	0,18	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,20	0,25	0,26	0,28	0,25	0,34	0,75	0,74	0,35	0,33	0,38	0,18	0,21	0,18	0,19	0,08	0,10	0,18	0,24	0,25	0,25	0,20	0,20	0,21	0,19	0,20	0,17	0,19	0,16	0,13	0,22														
Désopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,08	0,08	0,11	0,11	0,13	0,32	0,27	0,13	0,10	0,14	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04	0,04	0,06	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06	-	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	-	0,04														
Métolachlore	0,48	0,13	0,20	0,18	0,18	0,11	0,14	0,15	0,19	3,50	3,80	3,00	3,20	3,10	1,50	2,90	2,60	0,72	0,47	0,79	0,21	0,26	0,21	0,22	0,08	0,11	0,34	0,87	0,96	0,54	0,33	0,33	0,29	0,23	0,24	0,17	0,25	0,21	0,33	0,31														
Diméthénamide	0,04	-	-	tr	-	tr	tr	-	0,04	0,26	0,32	0,10	0,14	0,13	0,12	0,15	0,52	0,04	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
EPTC	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,03	-	-	0,02	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03												
Bentazone	0,03	0,04	0,06	0,06	-	0,08	0,09	0,07	0,09	0,15	0,15	0,15	0,24	0,24	0,31	3,90	1,80	1,20	1,50	1,10	0,49	0,47	0,47	0,43	0,59	0,50	2,30	1,20	1,30	1,40	1,60	1,80	2,10	2,00	1,90	1,30	0,45	0,56	0,35	0,29														
Dicamba	0,06	0,10	0,17	0,14	0,15	0,10	0,15	0,13	0,12	2,40	2,30	2,80	0,96	0,98	1,30	3,10	2,60	1,20	1,20	0,66	0,25	0,23	0,18	0,18	0,10	0,10	0,14	0,17	0,18	0,11	0,08	0,09	0,06	0,05	0,05	0,04	0,31	0,26	0,06	0,22														
2,4-D	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,11	0,17	0,19	0,12	0,52	0,52	0,11	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02	-	0,03	0,05	0,07	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-												
Mécoprop	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	-	0,01	0,01	0,02	0,56	0,06	0,04	0,05	0,06	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,09	0,10	0,19	0,04	0,04	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
Clopyralide	0,15	0,06	0,06	0,08	0,15	0,08	0,07	0,06	0,11	0,42	0,45	0,42	0,43	0,45	0,31	0,24	0,36	0,41	0,47	0,19	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,09	0,41	0,36	0,41	0,29	0,18	0,22	0,25	0,21	0,19	0,16	0,13	0,19																

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE CHIBOUET EN 2001 (µg/L)

	Mai								Juin										Juillet										Août																		
	14	16	19	21	23	25	28	30	2	4	6	9	11	11	13	16	18	20	23	25	27	30	2	4	6	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	1	4	6	8	11	13	15	18	20	22	25	
HERBICIDES																																															
Atrazine	0,12	0,2	0,88	1,5	1,4	0,93	0,76	1,6	1,3	1,3	1	1,1	0,87	0,91	30	6,2	3,5	1,9	2,8	1,8	2	0,87	1,5	0,97	0,59	0,41	0,33	0,57	0,53	0,33	0,24	0,2	0,22	0,19	0,22	0,2	0,22	0,21	0,21	0,2	0,17	0,19	0,2	0,2	0,19	0,15	
Diéthyl-atriazine	0,03	0,04	0,06	0,09	0,08	0,07	0,08	0,11	0,16	0,16	0,15	0,18	0,16	0,17	3,4	0,93	0,49	0,39	0,4	0,68	1	0,42	0,69	0,63	0,3	0,27	0,22	0,37	0,5	0,36	0,25	0,2	0,16	0,14	0,16	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	0,09	0,1	0,11	0,11	0,1	0,08	
Diisopropyl-atriazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	1	0,41	0,25	0,14	0,14	0,29	0,35	0,11	0,24	0,22	0,1	0,08	0,07	0,1	0,14	0,1	0,06	0,06	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,12	-	0,04	0,04	0,05	-	
Métolachlore	0,1	0,17	0,69	1,8	1,5	0,76	0,53	0,5	0,65	0,6	0,83	0,57	0,42	0,44	41	5,6	4,3	2,2	2,2	1,8	1	0,48	1,6	0,91	0,58	0,4	0,28	0,83	0,6	0,4	0,35	0,23	0,2	0,19	0,2	0,18	0,18	0,18	0,15	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09	
Diméthénamide	0,08	0,07	0,22	0,24	0,1	0,48	0,2	0,11	0,23	0,11	0,22	0,08	0,05	0,05	3,1	1,1	0,61	0,28	0,15	0,15	0,15	0,03	0,15	0,07	0,05	0,03	-	0,05	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EPTC	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Glyphosate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	0,04	-	0,11	0,06	0,07	0,06	0,05	-	0,11	0,14	0,24	0,1	0,11	0,09	0,51	2,4	0,72	0,33	1	1,7	1,5	0,8	1,6	0,73	0,71	0,59	0,38	0,83	0,63	0,57	0,46	0,38	0,33	0,34	0,31	0,24	0,24	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,07	
Dicamba	0,05	0,08	0,24	0,78	0,73	0,71	0,32	0,81	0,73	0,75	0,83	0,48	0,34	0,37	4,5	1,2	0,74	0,46	0,75	0,85	0,42	0,16	0,26	0,17	0,12	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4-D	-	-	-	0,02	0,05	0,02	-	0,06	0,13	0,12	0,12	0,18	0,09	0,12	0,33	0,18	0,15	0,1	0,35	1,2	0,11	0,03	0,1	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	
Mécoprop	-	-	-	0,02	0,06	0,03	-	0,03	0,03	-	0,03	-	-	-	0,04	-	-	0,03	0,23	0,25	0,04	-	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,45	0,25	0,19	0,13	0,06	0,36	0,16	0,15	0,17	0,15	0,08	0,03	-	0,08	0,04	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	0,06	0,05	-	-	0,08	0,06	0,1	0,06	0,03	0,09	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Clopyralide	-	-	0,1	0,05	0,08	0,03	-	0,03	0,18	0,14	0,17	0,22	0,16	0,09	2,3	0,42	0,32	0,25	0,49	0,79	1	0,73	0,4	0,49	0,25	0,18	0,14	0,34	0,32	0,16	0,11	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	-	0,04	0,03	0,03	0,04	-	-	-	-	
FONGICIDE																																															
Chlorothalonil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MES (mg/L)	4	4	23	6	7	7	7	5	8	7	7	18	12	78	8	6	6	15	15	7	3	46	10	10	7	7	11	16	7	5	6	4	5	5	6	9	6	6	5	4	5	6	6	7	8		
t ²	7	7	10	-	-	-	16	-	10	10	10	16	16	12	22	16	17	14	12	16	17	14	12	13	14	14	13	13	16	16	18	19	17	17	17	18	19	19	19	21	20	18	18	18	-		

Duplicata contrôle de qualité terrain

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE DES HURONS EN 1999 (µg/L)

	Mai						Juin										Juillet										Août																					
	17	19	22	24	26	29	31	2	4	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30	3	5	7	10	12	12	14	17	19	21	24	26	28	31	2	4	7	9	11	13	16	18	21	23	28			
HERBICIDES																																																
Atrazine	0,24	0,29	1,1	0,76	1,4	0,66	0,86	0,63	0,91	0,58	0,44	0,39	0,33	0,32	0,24	0,24	0,17	0,1	0,14	1	2	1,5	0,93	0,6	0,7	0,66	0,42	0,27	0,56	0,62	0,32	0,34	0,28	0,14	0,14	0,09	0,07	0,38	0,37	1,2	0,91	0,18	0,21	0,17	0,07			
Déshydratrazine	0,05	-	0,11	0,08	0,24	0,19	0,23	0,21	0,28	0,2	0,18	0,13	0,11	0,19	0,07	0,11	0,09	0,06	0,07	0,2	0,44	0,32	0,9	0,25	0,5	0,54	0,25	0,18	0,15	0,15	0,17	0,12	0,09	tr	-	0,06	0,06	0,05	0,04	-	0,07	0,06	0,05	0,05	0,03			
Désoxypropyl-atrazine	0,02	-	0,04	0,03	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,02	-	0,07	0,23	0,11	0,19	0,1	0,14	0,13	0,1	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04				
Métolachlore	0,24	0,23	0,57	0,43	2,8	0,57	0,37	0,43	2,3	0,53	1	0,21	0,11	0,13	0,07	0,07	0,09	0,04	0,05	0,43	2,7	1,6	0,73	0,48	0,45	0,48	0,26	0,12	0,18	1	0,33	0,19	0,19	0,05	0,05	0,04	0,03	0,43	0,15	0,55	0,34	0,1	0,13	0,07	0,06			
Diméthénamide	tr	tr	0,04	tr	0,17	0,03	tr	-	0,03	-	-	0,08	0,37	0,16	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0,04	tr	0,05	tr	tr	tr	-	-	-	-	0,49	0,04	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-
EPTC	0,02	-	tr	0,19	0,21	0,02	0,04	0,08	0,02	0,05	0,03	0,06	tr	0,04	0,02	0,05	0,02	tr	0,12	0,12	0,14	0,09	0,04	tr																								
Métribuzine	-	-	-	-	0,06	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Cyanazine	0,04	-	-	-	0,26	0,17	-	0,17	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Simazine	-	-	0,02	-	0,01	-	-	-	-	0,01	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,01	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,2	0,02	0,01	0,11	0,06	0,05	0,1	0,07	0,07	0,02		
Bentazone	0,07	-	0,09	0,1	0,21	0,24	0,21	acc	0,94	0,4	0,4	0,29	0,26	0,44	0,41	0,28	0,26	0,2	0,2	1,9	1,9	1,3	1,3	0,66	0,67	0,7	0,56	0,36	0,37	0,35	0,27	0,18	0,16	0,1	0,08	0,08	0,06	0,18	-	0,14	0,13	0,09	0,11	-	0,07			
Dicamba	0,22	0,07	0,52	0,35	2,3	0,56	0,35	acc	0,46	0,19	0,11	0,22	0,52	0,95	0,07	0,07	0,02	0,01	0,12	0,2	0,79	0,26	0,15	0,04	0,03	-	-	-	-	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-D	0,04	0,11	0,25	0,47	0,3	0,14	0,25	acc	0,17	0,07	0,09	0,07	0,07	0,11	0,11	0,11	0,1	0,13	0,1	0,1	0,06	0,16	0,07	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	0,11	0,06	0,02	1,6	0,3	0,18	0,12	0,3	0,08	0,07	0,17	0,36	0,26	0,19	0,12	0,13	0,04			
Mécoprop	0,02	-	0,17	0,28	0,16	0,06	0,04	acc	0,05	0,04	-	0,04	-	0,06	0,06	-	0,07	0,06	0,06	0,05	-	0,07	-	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04	-	0,12	0,11	-	0,21	0,17	0,05	0,07	-	0,04	-	0,27	0,29	0,16	0,11	0,15	0,04			
MCPA	1,6	0,23	1,1	0,43	0,26	0,37	0,47	acc	0,25	0,1	0,03	0,04	-	tr	-	-	-	0,1	0,03	0,05	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bromoxynil	-	md	md	md	-	-	0,03	acc	0,04	-	0,01	0,03	-	0,14	-	-	-	0,01	0,05	0,03	0,02	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-DB	-	-	-	0,08	tr	-	-	acc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Clopyralide*	-	-	tr	tr	0,24	0,13	0,1	acc	0,32	-	0,13	tr	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	0,1	0,18	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-			
INSECTICIDES																																																
Chlorpyrifos*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Carbaryl	-	-	0,33	0,25	0,07	0,03	-	-	0,64	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	0,05	-	-	-	-			
Azinphos-méthyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Diméthoate	0,08	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	tr	0,05	0,05	0,04	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	0,07	0,05	0,19	0,1	0,12	-			
Carbofuran	0,08	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diazinon	-	-	-	0,09	0,02	0,02	0,07	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
FONGICIDE																																																
Myclobutanil	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02			
MES (mg/L)	44	62	89	110	190	abv	58	94	160	81	110	38	47	68	48	37	44	69	110	63	78	62	110	61	38	-	-	22	22	27	23	23	33	36	33	40	36	38	33	22	72	ABV	52	32	23	48		

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE DES HURONS EN 2000 (µg/L)

	Mai						Juin								Juillet										Août																	
	17	20	22	24	27	29	31	3	5	7	12-1	12-2	15	17	19	21	24	26	28	1	3	5	8	10	11	11	15	17	19	22	24	26	29	31	2	5	7	9	12	14	16	19
HERBICIDES																																										
Atrazine	0,07	0,21	0,09	0,82	0,16	0,11	0,13	0,09	0,10	0,13	1,60	0,92	0,51	1,70	0,44	0,36	0,74	3,00	1,40	7,60	2,20	1,50	1,40	0,65	0,64	0,66	0,32	0,26	0,43	0,40	0,29	0,31	0,18	0,15	0,23	0,41	0,23	0,68	0,40	0,26	0,69	0,75
Déshydratrazine	0,06	0,08	0,06	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,16	0,33	0,26	1,20	0,48	0,39	0,35	0,23	0,22	0,21	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,07	0,36	0,16	0,17	0,14	0,12	0,08	0,21
Désoxypropyl-atrazine	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,05	-	0,09	0,16	0,14	0,09	0,10	0,10	0,69	0,23	0,19	0,19	0,10	0,10	0,10	0,06	0,05	0,07	-	0,04	-	-	0,27	0,09	0,09	0,09	-	-	0,07	
Métolachlore	0,10	0,25	0,11	2,40	0,23	0,14	0,16	0,08	0,08	0,09	0,29	0,68	0,36	1,60	2,60	2,90	0,96	2,40	1,10	6,90	1,40	0,93	0,71	0,40	0,36	0,39	0,20	0,15	0,23	0,33	0,25	0,17	0,08	0,07	0,11	0,51	0,32	0,18	0,22	0,19	0,66	0,99
Diméthénamide	-	-	-	0,62	-	-	-	-	-	0,11	0,05	0,09	0,03	0,05	0,04	0,03	0,07	0,43	0,17	0,40	0,25	0,18	0,11	0,04	0,03	0,03	-	-	-	0,04	-	-	-	-	0,04	-	-	tr	-	-	-	
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,03	0,02	0,03	-	-	0,02	0,02	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métribuzine	-	-	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	0,08	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanazine	-	tr	-	0,28	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,07	0,10	-	1,30	0,31	0,26	0,19	-	0,10	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49	0,14	-	-	-	-	-	
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,06	-	0,26	0,08	0,04	0,05	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,05	0,04	0,02	-	0,05	-	0,02	
Linuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trifl																																										

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE ST-ZÉPHIRIN EN 1999 (µg/L)

	Mai							Juin											Juillet											Août																
	17	19	21	24	26	29	31	2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30	3	5	7	10	12	14	14	17	19	21	23	26	28	31	2	4	7	9	12	15	16	18	21	23	25	30
HERBICIDES																																														
Atrazine	0,06	0,08	0,62	0,12	0,17	0,57	0,34	0,22	1,3	0,68	5	0,6	0,43	0,38	0,22	0,31	0,24	0,19	0,17	0,54	0,39	0,81	0,6	0,17	0,2	0,17	0,17	0,11	0,16	0,16	0,12	0,17	0,33	0,14	0,13	0,1	0,09	0,05	0,08	0,09	0,18	0,14	0,11	0,08	0,08	0,06
Deéthyl-atrazine	0,05	0,04	0,08	0,06	0,07	0,12	0,11	0,1	0,31	0,24	1,3	0,22	0,18	0,18	0,11	0,16	0,13	0,12	0,1	0,33	0,25	0,24	0,51	0,13	0,21	0,15	0,2	0,11	0,09	0,1	0,12	0,08	0,12	0,04	0,08	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04
Désopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	0,04	0,04	0,03	0,11	0,08	0,47	0,06	0,05	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,11	0,09	0,06	0,1	0,03	0,04	0,03	0,13	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métolachlore	0,1	0,09	0,39	0,23	0,17	0,51	0,27	0,15	0,62	0,41	3,4	0,34	0,3	0,24	0,13	0,19	0,15	0,13	0,23	0,35	0,24	0,56	0,47	0,12	0,17	0,12	0,13	0,09	0,12	0,19	0,13	0,17	0,4	0,13	0,1	0,08	0,07	0,06	0,09	0,14	0,35	0,23	0,15	0,09	0,08	0,05
Diméthamamide	0,12	0,05	0,26	0,1	0,08	0,3	0,17	0,07	0,23	0,07	0,54	-	-	0,03	tr	-	-	-	-	0,04	tr	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Bentazone	-	-	0,08	0,03	tr	0,04	0,05	0,05	0,13	0,18	0,88	0,24	0,2	0,08	0,41	0,5	0,37	0,25	0,23	0,98	1,4	0,93	0,88	0,44	0,32	0,31	0,32	0,34	0,36	0,4	0,21	0,51	0,65	0,24	0,2	0,2	0,14	0,12	0,16	0,24	0,47	0,3	0,17	0,11	0,1	0,1
Dicamba	0,04	-	0,37	0,12	0,17	0,49	0,23	0,51	1,1	0,47	1,8	0,25	0,11	0,24	0,39	0,13	0,05	0,03	0,08	0,31	0,08	0,12	0,07	0,11	0,03	0,02	0,02	0,02	-	0,02	-	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-D	-	-	0,08	-	0,45	0,83	0,41	0,68	0,32	0,14	0,23	0,04	0,04	-	0,04	0,04	0,04	0,02	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	-	0,25	0,09	0,04	0,03	0,02	0,02
Mécoprop	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,08	0,05	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	0,04	0,63	-	-	-	-	-	-	0,05	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Bromoxynil	-	rnd	rnd	rnd	-	-	-	-	0,02	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
2,4-DB	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
MCPB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	-	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Clopyralide	-	-	-	tr	-	0,1	-	0,38	0,56	-	1	0,2	0,14	tr	0,12	-	-	tr	tr	0,19	tr	0,1	0,17	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-		
INSECTICIDES																																														
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
MES (mg/L)	5	6	12	7	19	16	6	11	21	18	200	50	41	35	12	9	9	11	250	49	58	380	130	61	51	50	-	27	27	22	42	59	40	17	30	15	25	39	94	82	72	39	63	26	36	21

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE ST-ZÉPHIRIN EN 2000 (µg/L)

	Mai						Juin											Juillet											Août															
	17	20	22	24	27	29	31	3	5	7	10	12	15	17	19	21	24	26	28	1	3	5	8	10	11	11	15	17	19	22	24	26	29	31	2	5	7	9	12	14	16	19	21	
HERBICIDES																																												
Atrazine	0,05	0,04	0,04	2,00	0,06	0,05	0,05	0,20	0,15	0,16	0,92	0,72	0,27	0,25	0,20	0,18	0,35	6,60	1,30	3,50	8,70	0,68	0,41	1,30	1,00	1,50	0,31	0,26	0,65	0,26	1,60	0,42	0,29	0,26	0,23	0,16	0,13	0,37	0,26	0,69	0,54	0,24	0,15	
Deéthyl-atrazine	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07	0,06	0,07	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,44	0,20	0,41	1,20	0,18	0,14	0,27	0,23	0,32	0,10	0,09	0,22	0,10	0,35	0,15	0,11	0,09	0,09	0,06	0,06	0,18	0,09	0,38	0,26	0,17	0,15	
Désopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19	0,07	0,17	0,54	0,06	0,03	0,10	0,09	0,11	-	0,03	0,08	-	0,11	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Métolachlore	0,04	0,09	0,06	0,07	0,08	0,07	0,05	0,81	0,14	0,10	0,34	0,41	0,18	0,17	0,17	0,10	0,25	1,70	0,35	0,36	0,84	0,19	0,14	0,51	0,25	0,34	0,09	0,09	0,20	0,10	0,32	0,17	0,13	0,11	0,09	0,09	0,06	0,23	0,24	0,34	0,35	0,16	0,14	
Diméthamamide	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,14	0,03	tr	tr	-	0,11	1,20	0,18	0,75	2,20	0,08	0,03	0,03	0,11	0,15	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bentazone	-	-	-	tr	-	-	pa	tr	-	-	0,04	0,03	-	-	-	-	-	tr	-	0,40	1,40	0,29	0,10	0,93	0,44	0,42	0,11	0,09	0,86	0,30	0,24	0,18	0,25	0,17	0,13	0,12	0,11	0,12	0,15	0,10	0,10	0,21	0,28	
Dicamba	-	-	0,02	0,02	0,04	-	pa	0,04	-	-	0,03	0,03	-	0,02	0,06	-	0,29	2,50	0,35	1,30	3,00	0,15	0,05	0,17	0,41	0,44	0,04	0,03	2,10	0,02	0,11	0,06	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,07	0,11	0,06	0,04	0,04	0,03	
2,4-D	-	-	-	-	-	-	pa	0,09	-	-	0,04	0,03	0,77	0,06	0,04	0,04	0,06	0,39	0,03	0,38	0,94	0,05	-	0,29	0,27	0,27	0,04	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mécoprop	-	-	-	-	-	-	pa	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MCPA	-	-	-	-	-	-	pa	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	0,28	0,03	0,10	0,37	0,02	-	0,02	0,10	0,09	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	pa	0,01	-	0,02	-	-	-	-	-	0,01	-	0,03	-	0,56	0,28	0,02	-	0,03	0,04	0,04	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	pa	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dichlorprop	-	-	-	-	-	-	pa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clopyralide	-	0,08	tr	-	-	-	pa	-	-	-	-	0,38	tr	tr	-	-	0,12	0,75	0,12	0,53	1,30	0,16	0,08	0,33	0,31	0,29	0,12	0,11	0,30	0,11	0,08	0,07	0,06	tr	0,06	tr	0,07	-	0,07	tr	0,10	0,16	0,08	

Duplicata contrôle de qualité terrain
 tr Traces
 pa Paramètre annulé

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE ST-ZÉPHIRIN EN 2001 (µg/L)

	Mai									Juin										Juillet										Août																																		
	13	16	18	21	23	26	28	30		1	4	6	8	11	11	13	16	18	20	23	25	27	29	2	4	7	9	11	14	16	18	23	23	25	28	30	1	4	6	8	11	13	15	18	20	22	25																	
HERBICIDES																																																																
Atrazine	0,29	0,12	0,25	0,46	0,18	0,24	0,3	1,3	1,2	1,5	1,7	0,85	0,49	0,48	0,44	0,54	0,34	3,1	2,2	3,2	1,5	0,85	0,64	0,85	1	1,1	0,68	0,59	0,27	0,26	0,16	0,15	0,14	0,11	0,12	0,1	0,09	0,17	0,13	0,14	0,14	0,11	0,09	0,23	0,19	0,2																		
Dééthyl-atrazine	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,12	0,11	0,2	0,28	0,16	0,12	0,11	0,11	0,11	0,16	0,83	0,25	0,95	0,47	0,27	0,22	0,33	0,36	0,49	0,4	0,47	0,17	0,19	0,13	0,09	0,1	0,08	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08																		
Déisopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06	0,12	0,05	0,04	0,03	-	0,04	0,08	0,78	0,09	0,23	0,12	0,1	0,06	0,11	0,1	0,22	0,12	0,14	0,05	0,06	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04																			
Métolachlore	0,64	0,15	0,63	1,6	0,92	4,4	0,84	2,1	1,9	1,1	1,2	0,74	0,37	0,39	0,43	0,34	0,39	5	1,8	0,89	0,49	0,3	0,28	0,71	0,75	1,5	1,5	1,2	0,36	0,39	0,27	0,08	0,2	0,14	0,15	0,11	0,09	0,12	0,1	0,09	0,1	0,08	0,06	0,06	0,32	0,89																		
Diméthénamide	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,13	-	0,41	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
Simazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
Cyanazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
Bentazone	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	0,04	0,34	0,15	0,96	0,2	0,13	0,09	0,08	0,81	0,11	0,04	0,06	0,1	0,06	0,06	0,05	0,36	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	0,03	-	-																		
Dicamba	tr	-	-	0,06	-	0,05	-	0,11	0,12	1,3	0,66	0,22	0,26	0,27	0,48	0,13	0,64	0,54	1,7	0,68	0,22	0,07	0,06	0,37	0,09	0,38	0,06	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
2,4-D	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	0,05	0,09	-	-	-	0,06	0,04	0,19	0,23	0,7	0,09	0,03	0,04	-	0,09	0,02	0,04	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02																						
Mécoprop	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,05	-	0,09	0,04	0,04	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
MCPA	-	-	-	-	-	-	0,34	0,03	-	0,06	0,1	0,04	0,04	0,03	0,03	-	0,1	0,07	0,31	0,04	-	-	-	0,1	0,12	0,59	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,02	-	-	-	-	0,04	0,02	0,19	0,03	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
MCPB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
Clopyralide	0,04	-	0,04	0,03	-	-	-	0,04	0,04	0,04	0,13	0,05	-	0,03	-	-	0,03	1,2	1,2	0,49	0,26	0,1	0,12	0,23	0,31	0,22	0,11	0,25	0,1	0,05	0,05	-	-	0,03	-	-	-	-	-	0,03	0,06																							
Fenoprop (silvex)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																							
INSECTICIDES																																																																
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																						
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18																						
MES (mg/L)	38	11	17	12	14	13	14	27	21	94	31	27	14	-	14	7	15	11	35	15	9	6	5	30	18	250	190	190	48	44	36	10	27	20	15	15	16	25	abv	22	23	44	33	53	51	230	100																	
°	18	19	20	-	-	-	-	18	18	18	21	28	-	-	30	32	28	25	20	26	30	29	20	25	25	20	20	19	20	20	24	30	25	25	25	25	29	30	25	28	28	30	27	27	22	-	-																	

■ Duplicata contrôle de qualité terrain

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE YAMASKA EN 1999 (mg/L)

	Mai								Juin										Juillet										Août																				
	17	19	22	24	26	29	31		2	5	7	9	12	14	16	19	21	23	26	28	30		3	5	6	9	12	14	14-contil	17	19	21	24	26	28	31		2	4	7	9	11	13	16	18	21	23	25	
Atrazine	0.14	0.13	0.13	0.22	0.16	0.89	0.83	0.64	1.4	1.6	3.1	1.1	0.95	0.87	0.88	1	1.4	0.89	ins	2	0.8	0.79	ins	ins	ins	0.23	0.23	0.17	0.15	0.24	0.21	0.18	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.11	0.12	0.19	0.39	0.14	0.09	0.11	0.11				
Dééthyl-atrazine	tr	-	tr	tr	-	0.15	0.12	0.11	0.22	0.27	0.54	0.23	0.17	0.25	0.18	0.15	0.29	0.18	ins	0.44	0.36	0.25	ins	ins	ins	0.17	0.17	0.12	0.12	0.11	0.12	0.1	0.06	0.06	0.03	0.07	0.07	0.08	0.05	0.07	0.07	0.04	0.03	0.04	0.04				
Dééthyl-simazine	-	-	-	-	-	0.05	0.03	0.04	0.08	0.1	0.22	0.09	0.06	0.08	0.06	0.06	0.1	0.07	ins	0.17	0.14	0.09	ins	ins	ins	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	tra	-	-	tra			
Métolachlore	0.18	0.17	0.21	0.28	0.21	1.6	1.5	0.73	1.1	1	1.3	0.63	0.48	0.5	0.33	0.32	0.41	0.26	ins	1.9	0.66	0.52	ins	ins	ins	0.17	0.18	0.1	0.13	0.13	0.11	0.14	0.18	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.11	0.2	0.46	0.12	0.13	0.12				
Diméthénamide	tr	tr	tr	0.04	-	0.17	0.14	0.19	0.15	0.18	0.25	0.09	0.08	0.09	0.07	0.07	0.09	0.04	ins	0.11	0.07	0.08	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Épic	0.02	-	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.02	0.08	0.03	0.03	tr	-	-	-	-	-	-	ins	0.03	-	-	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Cyanazine	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.14	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	ins	-	-	-	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Simazine	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	0.04	0.07	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	ins	0.04	0.02	0.03	ins	ins	ins	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	0.01	0.02	0.01	-	-	-		
Chlorothalonil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tra	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dicamba	0.07	0.08	0.02	0.22	0.1	1.3	0.63	1.2	0.98	0.94	0.7	0.45	0.32	0.37	0.41	0.42	-	0.31	0.28	0.36	0.23	0.13	-	0.04	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Mecoprop	0.11	0.04	0.02	0.17	-	0.09	0.06	0.05	0.13	-	0.12	0.04	-	-	-	-	-	0.03	0.16	-	0.05	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2,4-d	0.13	0.04	0.02	0.23	0.05	0.15	0.13	0.14	0.31	0.17	0.27	0.13	0.1	0.11	0.07	0.09	-	0.09	0.09	0.22	0.05	0.1	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MCPA	-	-	-	-	-	0.05	-	0.13	0.07	0.11	0.11	0.04	0.03	-	-	-	-	-	0.02	-	0.05	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	-	-	-	-	-	0.17	0.07	0.33	0.25	0.61	0.94	0.42	0.3	0.09	0.18	0.17	-	0.16	0.13	1.8	0.71	0.68	-	0.2	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bromoxynil	-	-	md	md	-	0.02	-	0.04	0.05	0.06	0.05	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	0.02	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chlopyralide	-	-	-	-	-	0.1	-	tr	0.18	0.22	0.21	0.15	0.1	-	-	-	-	0.13	0.1	0.35	0.17	tra	-	0.1	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,4-DB	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ins	-	-	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diazinon	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ins	-	-	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chlorpyrifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	-	-	ins	ins	ins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbaryl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Triclopyr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MES (mg/L)	54	59	71	67	46	58	30	57	57	55	63	39	63	62	40	83	32	55	52	140	140	63	110	77	54	91	44	53	56	54	57	58	74	96	77	100	110	83	94	87	64	97	96	97	97	97			

Annexe 2 (suite) Résultats d'analyse des rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis, Saint-Zéphirin

CONCENTRATION DES PESTICIDES DÉTECTÉS DANS LA RIVIÈRE YAMASKA EN 2001 (µg/L)

	Mai								Juin											Juillet											Août																
	14	16	19	21	23	26	29	31	2	4	6	9	11	11	13	16	18	21	23	25	27	30	2	4	7	9	11	14	16	18	23	25	28	30	1	4	6	8	11	13	14	18	20	22	25	27	
HERBICIDES																																															
Atrazine	0,13	0,11	0,2	0,31	0,26	0,26	0,27	0,29	0,32	0,34	0,62	0,43	0,58	0,54	0,48	0,82	0,87	-	0,34	0,48	1,8	1,5	1,3	0,37	0,76	0,81	0,45	0,62	0,48	0,42	0,37	0,23	0,12	0,12	0,1	0,13	0,11	0,12	0,15	0,2	0,17	0,18	0,18	0,19	0,14	0,15	
Dééthyl-atrazine	-	-	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,07	0,06	0,09	0,08	0,08	0,14	0,17	0,1	0,07	0,13	0,42	0,46	0,47	0,14	0,29	0,28	0,2	0,3	0,26	0,23	0,19	0,16	-	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,1	0,09	0,1	0,1	0,09	0,09	0,08	
Déisopropyl-atrazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	0,06	0,08	-	-	-	0,18	0,17	0,16	0,04	0,09	0,09	0,07	0,11	0,08	0,07	0,05	0,09	-	-	-	-	0,03	-	0,05	-	0,04	0,05	-	-	-	-	
Métolachlore	0,15	0,14	0,29	0,31	0,2	0,34	0,37	0,2	0,3	0,23	0,45	0,38	0,39	0,36	0,37	1,6	1,3	0,34	0,28	0,67	1,7	0,93	0,75	0,21	0,64	0,59	0,37	0,82	0,54	0,36	0,23	0,14	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06	0,08	0,11	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,08	
Diméthénamide	-	0,04	0,08	0,12	0,09	0,05	0,06	0,08	0,06	0,27	0,29	0,12	0,14	0,12	0,09	0,09	0,11	0,07	0,03	0,09	0,32	0,29	0,22	-	0,1	0,08	0,05	0,11	0,07	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
EPIC	-	-	-	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-	0,07	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Simazine	-	-	-	-	-	-	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,02	0,03	-	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	0,02	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,02			
Cyanazine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,06	0,04	0,05	-	-	-	-	-	-	0,14	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bentazone	-	-	-	-	-	0,04	-	0,04	-	0,09	0,12	0,08	0,08	0,09	0,1	0,09	0,1	0,13	0,57	0,1	1,7	1,1	0,85	0,06	0,58	0,62	0,33	0,48	0,4	0,24	0,23	0,13	0,08	0,08	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	
Dicamba	-	0,05	0,1	0,3	0,12	0,13	0,11	0,15	0,16	0,12	0,41	0,19	0,35	0,35	0,2	0,2	0,22	0,16	0,28	0,11	0,97	0,63	0,63	0,05	0,22	0,18	0,11	0,08	0,11	0,08	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	0,03	-	0,03	-	0,03	
2,4-D	0,02	0,09	-	0,05	0,09	0,12	0,04	0,07	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,09	0,07	0,05	0,05	0,06	0,1	0,13	0,27	0,13	0,1	-	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07	0,02	0,03	-	-	0,04	-	0,03	0,02	0,03	0,05	0,09	0,05	0,03	0,03	0,06	0,04	0,04	
Mécoprop	-	0,06	0,02	0,03	0,12	0,09	0,05	0,04	0,08	0,05	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,06	0,08	0,15	0,06	0,05	-	0,03	0,04	0,03	-	0,04	0,03	-	-	-	0,02	0,03	-	0,04	0,05	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04		
MCPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,11	0,06	0,05	-	0,04	0,02	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Bromoxynil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Clopyralide	-	-	-	0,03	tr	-	-	-	0,03	-	0,04	-	0,03	0,05	0,04	-	0,06	0,04	0,18	0,09	0,29	0,45	0,3	0,1	0,17	0,13	0,08	0,13	0,16	0,09	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Dichlorprop	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MCPB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
INSECTICIDE																																															
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
FONGICIDE																																															
Chlorothalonil	-	-	-	-	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NES (mg/L)	10	21	12	14	18	16	23	20	12	16	15	21	42	48	81	89	74	62	100	38	33	49	5	32	29	27	41	59	33	25	26	32	13	48	48	56	60	75	72	73	62	58	60	75			
t°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	23	23	22	23	23	23	23	20	20	20	21	21	21	-	25	26	25	25	25	26	26	26	27	-	23	23	23	-	-	-		

■ Duplicata contrôle de qualité terrain

Annexe 3 Statistiques descriptives par rivière

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

	RIVIÈRE CHIBOUET										RIVIÈRE DES HURONS									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Atrazine	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DEA	NA	100	100	100	97,5	100	100	97,7	100	100	100	100	100	100	100	100	93,2	100	95,3	
DIA	NA	NA	94,5	100	87,5	94,5	93	88,6	71,8	77,8	NA	NA	100	94	95	100	84,4	93,2	51,2	60,5
Métolachlore	93	100	100	100	100	100	100	100	100	100	72	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	67,5	92	78,5	61,4	41	62,2	NA	NA	NA	NA	68	79,5	80	52,3	48,8	67,4
Simazine	20	29	70	45	60	32	0	20,4	7,8	2,2	83	100	87	85	97,5	95	20	43,2	31,7	27,9
Cyanazine	40	82	16	2,6	10	54	0	0	0	0	72	91	89,5	56	63	36	8,9	11,4	31,7	42,2
EPTC	11,8	5,7	14,3	2,6	27,5	24,3	11,9	25	15,4	2,2	16,7	16,7	31,1	38,2	48,8	38,5	46,7	59,1	26,8	34,9
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	100	100	97,7	97,4	95,5	NA	NA	NA	NA	NA	84,6	100	93	97,6	100
Dicamba	NA	NA	57,6	52,6	92,5	95	88,1	67,4	100	66,7	NA	NA	52,6	48,5	85	100	95,5	76,7	97,6	93,2
2,4-D	NA	NA	50	55	57,5	59,5	85,7	62,8	61,5	44,4	NA	NA	60,5	79	88	97	98	100	90,2	93,2
Mécoprop	NA	NA	0	2,6	10	4,8	14,3	2,32	5,12	31,1	NA	NA	40	67,6	78	84,6	84,4	74,4	65,8	97,7
MCPA	NA	NA	42,3	57,9	37,5	45,2	40,5	23,8	38,5	33,3	NA	NA	17,8	67,6	65,8	53,8	46,6	37,2	51,2	59,1
Clopyralide	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	41,9	100	82,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30,2	73,2	50
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	37,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA

	RIVIÈRE SAINT-RÉGIS										RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Atrazine	NA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DEA	NA	100	94	100	100	100	100	93,2	100	95,4	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100
DIA	NA	NA	94	100	90	97,5	91,5	88,6	73,8	68,2	NA	NA	97	100	90	90	88,6	86,7	42,2	46,7
Métolachlore	NA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	55,5	69	94,5	100	97,4	100	100	100	100	100
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	90	100	100	77,3	100	97,7	NA	NA	NA	NA	2,5	43,5	4,5	37,8	42,8	13,3
Simazine	NA	46	94	83	80,5	52,5	2,1	20,4	35,7	25	44	62	59	18	28	25,6	2,3	2,2	4,7	4,4
Cyanazine	NA	100	85	37	32	45	4,2	13,6	11,9	29,5	55,5	86	73	58	25,6	51	20,4	0	0	2,2
EPTC	NA	89,3	47	22,8	14,6	7,5	8,2	11,4	9,5	95,4	11,1	3,4	8,1	7,9	12,8	33,3	22,7	2,2	0	0
Bentazone	NA	NA	NA	NA	NA	75	100	83,3	97,6	95,5	NA	NA	NA	NA	74	91	95,5	68,3	62,2	
Dicamba	NA	90,9	65	57	97,5	100	100	93	100	97,7	NA	NA	45	29	77	79,5	75	68,9	82,9	60
2,4-D	NA	66,6	100	60	100	100	100	100	97,6	100	NA	NA	27	34	28	54	92	62,2	41,5	35,5
Mécoprop	NA	75	64,7	42,8	100	92,5	100	40	95,2	100	NA	NA	2,7	0	7,7	7,6	11,4	13,3	2,4	15,5
MCPA	NA	58,3	23,5	17,1	29,3	40	34,7	37,2	51,2	95,4	NA	NA	10,8	18,4	30,8	59	36,4	28,9	21,9	33,3
Clopyralide	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	11,9	13,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	42,2	73,17	60

NA : Non analysé

Annexe 3 (suite) Statistiques descriptives par rivière

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

	RIVIÈRE CHIBOUET										RIVIÈRE DES HURONS									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
MOYENNE																				
Atrazine	2,866	3,387	3,769	2,045	1,884	1,884	1,157	1,091	1,546	1,597	2,194	2,059	1,419	0,528	1,497	0,975	0,735	0,529	0,794	0,631
DEA	0,776	0,547	0,628	0,419	0,5	0,305	0,32	0,281	0,214	0,322	0,388	0,466	0,413	0,226	0,304	0,248	0,198	0,155	0,167	0,16
DIA	-	-	0,186	0,139	0,205	0,112	0,111	0,094	0,065	0,106	-	-	0,139	0,094	0,13	0,114	0,071	0,055	0,071	0,061
Métolachlore	0,814	1,9	2,655	0,63	1,249	1,397	1,107	0,462	0,862	1,688	0,52	1,133	1,025	0,449	1,407	1,538	0,696	0,475	0,778	0,392
Diméthénamide	-	-	-	-	0,132	0,119	0,114	0,058	0,051	0,186	-	-	-	-	0,077	0,116	0,061	0,04	0,07	0,197
Simazine	0,024	0,062	0,035	0,008	0,048	0,004	0	0,004	0,002	0	0,355	0,487	0,087	0,042	0,034	0,061	0	0,02	0,018	0,015
Cyanazine	0,038	0,305	0,011	0,003	0,009	0,027	0	0	0	0	0,15	0,227	0,22	0,05	0,184	0,032	0	0,015	0,084	0,098
EPTC	0,004	0,003	0,018	0,0005	0,004	0,006	0,04	0,015	0,003	0,001	0,023	0,014	0,028	0,008	0,027	0,008	0,029	0,033	0,009	0,031
Bentazone	-	-	-	-	-	0,588	0,964	0,757	0,929	0,442	-	-	-	-	0,764	0,825	0,373	0,605	0,623	
Dicamba	-	-	0,796	0,228	0,568	0,652	0,419	0,426	0,597	0,376	-	0,35	0,36	0,086	0,664	0,453	0,196	0,206	0,245	0,176
2,4-D	-	-	0,081	0,226	0,052	0,03	0,068	0,064	0,067	0,075	-	0,081	0,15	0,173	0,105	0,226	0,117	0,169	0,155	0,263
Clopyralide	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,087	0,228	0,229	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,192	0,1
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,058	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA
MÉDIANE																				
Atrazine	2,815	2,1	1,7	1,2	1,075	1,2	1,1	0,41	0,61	0,58	1,38	1,2	0,92	0,42	0,78	0,45	0,545	0,375	0,4	0,44
DEA	0,375	0,365	0,49	0,3	0,2	0,24	0,39	0,205	0,2	0,16	0,35	0,34	0,37	0,18	0,22	0,18	0,155	0,11	0,09	0,11
DIA	-	-	0,145	0,1	0,065	0,09	0,12	0,065	0,06	0,06	-	-	0,12	0,07	0,08	0,07	0,055	0,04	0,02	0,04
Métolachlore	0,7	0,85	1,3	0,31	0,85	0,53	0,94	0,2	0,31	0,48	0,4	0,5	0,54	0,25	0,43	0,7	0,49	0,235	0,29	0,22
Diméthénamide	-	-	-	-	0,025	0,09	0,06	0,015	0	0,05	-	-	-	-	0,025	0,06	0,05	0,015	0	0,197
Simazine	0,008	0	0,025	0	0,01	0	0	0	0	0	0,08	0,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0,015
Cyanazine	0,02	0,16	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0,11	0,115	0,09	0,04	0,025	0	0	0	0	0,098
EPTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0
Bentazone	-	-	-	-	-	0,465	0,7	0,45	0,47	0,24	-	-	-	-	0,24	0,545	0,21	0,37	0,623	
Dicamba	-	-	0,095	0,055	0,305	0,145	0,22	0,07	0,17	0,12	-	0,2	0,115	0	0,22	0,14	0,1	0,05	0,1	0,176
2,4-D	-	-	0	0,145	0,025	0,005	0,04	0,02	0,03	0	-	0,03	0,1	0,13	0,07	0,11	0,1	0,11	0,11	0,263
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	0	0,19	0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,192	0,1	0,1
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA
MAXIMUM																				
Atrazine	5,6	29	16	11	11	7	4,1	6	7,5	30	6,2	15	12	2,8	13	5,6	3,1	2	7,6	3,7
DEA	2,6	4,1	1,9	1,2	2,2	0,82	0,95	1,4	0,75	3,4	1,01	1,9	0,94	0,73	0,86	1,2	0,74	0,9	1,2	0,57
DIA	-	-	0,61	0,42	1,8	0,34	0,33	0,49	0,32	1	-	-	0,4	0,29	0,5	0,51	0,35	0,23	0,69	0,41
Métolachlore	2,6	21	12	3,8	7,3	9,7	4,6	2,5	3,8	41	1,4	12	7,6	2,6	16	11	3,4	2,8	6,9	2,9
Diméthénamide	-	-	-	-	1,6	0,4	0,58	0,49	0,52	3,1	-	-	-	-	1,3	0,74	0,28	0,37	0,25	5,2
Simazine	0,09	0,56	0,19	0,05	1,4	0,02	0	0,04	0,03	0,02	3,73	5,2	0,88	0,16	0,37	0,43	0	0,11	0,26	0,25
Cyanazine	0,12	1,7	0,06	0,1	0,22	0,2	0	0	0	0	0,64	1,3	2,2	0,23	2,9	0,34	0	0,26	1,3	1,5
EPTC	0,04	0,06	0,07	0,02	0,04	0,08	0,02	0,47	0,03	0,06	0,31	0,14	0,44	0,08	0,22	0,05	0,32	0,21	0,06	0,51
Bentazone	-	-	-	-	-	2,6	5,8	6,4	3,9	2,4	-	-	-	-	-	6,4	5,3	1,9	5,4	3,9
Dicamba	-	-	5,4	2,1	4,6	5	4,2	3,7	3,1	4,5	-	-	2,3	1,9	5,5	3,6	1	2,3	1,7	0,74
2,4-D	-	-	0,46	1,3	0,38	0,2	0,84	0,73	0,52	1,2	-	-	0,46	0,62	0,98	1,7	0,48	1,6	0,69	2,4
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	1,1	0,47	2,3	-	-	-	-	-	-	-	0,32	2,3	0,88
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA
N OPS	14	30	34	37	40	37	42	44	39	45	15	30	37	34	41	39	45	44	41	43
N Phénoxy	-	-	26	38	40	42	42	43	39	45	-	30	30	33	41	39	45	43	41	44
N Glyphosate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-

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

Annexe 3 (suite) Statistiques descriptives par rivière

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

	RIVIÈRE SAINT-RÉGIS										RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
MOYENNE																				
Atrazine	-	2,377	1,239	1,437	2,62	1,23	1,02	0,829	1,35	1,154	1,59	2,106	1,473	1,608	3,021	1,341	1,171	0,377	0,86	0,64
DEA	-	0,386	0,26	0,256	0,331	0,265	0,241	0,156	0,24	0,193	0,528	0,467	0,365	0,388	0,726	0,286	0,353	0,152	0,16	0,19
DIA	-	-	0,101	0,105	0,145	0,108	0,102	0,058	0,11	0,065	-	-	0,123	0,135	0,262	0,097	0,12	0,043	0,05	0,06
Métolachlore	-	2,003	0,718	1,045	3,867	1,397	0,899	0,96	1,23	1,197	0,156	0,19	0,313	0,174	0,499	0,85	2,148	0,284	0,25	0,8
Diméthénamide	-	-	-	-	0,531	0,587	0,342	0,138	4,01	0,367	-	-	-	0	0,037	0,013	0,048	0,12	0,02	
Simazine	-	0,041	0,066	0,027	0,02	0,006	0,003	0,003	0,02	0,013	0,035	0,025	0,038	0,006	0,004	0,005	0,001	0,0002	0	0
Cyanazine	-	0,385	0,128	0,023	0,016	0,021	0,001	0,013	0,03	0,025	0,231	0,282	0,558	0,359	0,015	0,217	0,056	0	0	0
EPTC	-	0,206	0,018	0,004	0,004	0,001	0,001	0,006	0	2,595	0,001	0,001	0,009	0,001	0,002	0,047	0,004	0,0002	0	0
Bentazone	-	-	-	-	-	0,63	1,088	1,563	0,7	0,797	-	-	-	-	0,696	1,251	0,311	0,18	0,09	
Dicamba	-	0,616	0,172	0,39	0,891	0,62	0,427	0,293	0,47	0,544	-	-	0,18	0,079	0,568	0,316	0,215	0,165	0,28	0,19
2,4-D	-	0,161	0,295	0,165	0,274	0,326	0,504	0,425	0,28	0,469	-	-	0,066	0,042	0,027	0,049	0,053	0,091	0,09	0,04
Mécoprop	-	0,111	0,117	0,048	0,199	0,225	0,331	0,0007	0,001	0,357	-	-	0,003	0	0,003	0,004	0,005	0,01	0,0012	0,01
MCPA	-	0,256	0,055	0,018	0,109	0,037	0,079	0,016	0,021	0,089	-	-	0,045	0,026	0,044	0,12	0,117	0,056	0,02	0,04
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	0	0,02	0,043	-	-	-	-	-	-	-	0,078	0,14	0,12
MÉDIANE																				
Atrazine	-	1,35	0,83	0,47	0,89	0,625	0,54	0,705	0,74	0,6	1,015	1,4	0,59	0,79	1,1	0,95	0,57	0,17	0,27	0,29
DEA	-	0,27	0,24	0,15	0,17	0,15	0,14	0,15	0,17	0,15	0,33	0,39	0,28	0,305	0,27	0,26	0,23	0,1	0,09	0,11
DIA	-	-	0,09	0,07	0,07	0,075	0,06	0,06	0,08	0,05	-	-	0,09	0,1	0,08	0,09	0,07	0,03	0	0
Métolachlore	-	1,25	0,48	0,35	1,5	0,88	0,55	0,445	0,64	0,915	0,1	0,1	0,12	0,115	0,17	0,42	0,655	0,17	0,17	0,39
Diméthénamide	-	-	-	-	0,11	0,35	0,21	0,03	0,25	0,25	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Simazine	-	0	0,04	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,02	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Cyanazine	-	0,21	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,14	0,07	0,05	0	0,02	0	0	0	0
EPTC	-	0,09	0	0	0	0	0	0	0,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bentazone	-	-	-	-	-	0,255	0,15	0,13	0,29	0,46	-	-	-	-	0,22	0,475	0,23	0,1	0,03	
Dicamba	-	0,28	0,115	0,08	0,24	0,315	0,21	0,1	0,26	0,235	-	-	0	0	0,11	0,06	0,055	0,03	0,04	0,04
2,4-D	-	0,13	0,22	0,06	0,16	0,185	0,23	0,31	0,16	0,23	-	-	0	0	0	0,005	0,03	0,03	0	0
Mécoprop	-	0,29	0,55	0,39	1,1	2,1	1,8	0,03	0,03	2,3	-	-	0,09	0	0,09	0,11	0,1	0,15	0,05	0,09
MCPA	-	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0,03	0	0	0	0
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0,07	0,03
MAXIMUM																				
Atrazine	-	13	4,3	17	14	7	6,1	2,4	5,5	9,4	4,3	10	13	13	26	6	9,4	5	8,7	3,2
DEA	-	1,6	0,8	1	1,3	1,7	1,8	0,44	1	0,91	1,58	1,4	2,1	1,3	4,5	1,3	0,89	1,3	1,2	0,95
DIA	-	-	0,29	0,41	0,59	0,66	0,95	0,13	0,52	0,5	-	-	0,85	0,5	2	0,48	0,89	0,47	0,54	0,78
Métolachlore	-	14	4,8	10	26	5,6	4,5	5,2	10	6,9	0,5	0,9	1,5	1,3	6,1	7	36	3,4	1,7	5
Diméthénamide	-	-	-	-	7	4	2	1,3	130	1,6	-	-	-	-	Tr	0,37	0,49	0,54	2,2	0,41
Simazine	-	0,45	0,39	0,3	0,13	0,02	0,13	0,02	0,13	0,21	0,13	0,07	0,48	0,08	0,04	0,04	0,04	0,01	0,03	0,02
Cyanazine	-	1,5	0,79	0,27	0,11	0,17	0,02	0,15	1	0,2	0,68	2,2	11	3	0,08	6,8	1,6	0	0	0,04
EPTC	-	2,8	0,41	0,04	0,07	0,02	0,02	0,11	0,03	69	0,01	0,05	0,24	0,02	0,03	1,5	0,03	0,01	0	0
Bentazone	-	-	-	-	-	6,4	22	49	4,2	5,6	-	-	-	-	12	15	1,4	1,4	1,4	0,96
Dicamba	-	2,9	0,84	5,7	6,6	5,8	2	2,6	2,6	2,4	-	-	1,4	0,92	6,3	4,4	3	1,8	3	1,7
2,4-D	-	0,48	1	0,75	1,2	2,7	2,9	3,3	1,1	4,1	-	-	0,43	0,32	0,44	0,44	0,31	0,83	0,94	0,7
Mécoprop	-	0,29	0,55	0,39	1,1	2,1	1,8	0,03	0,03	2,3	-	-	0,09	0	0,09	0,11	0,1	0,15	0,05	0,09
MCPA	-	2,6	0,71	0,18	3,3	0,34	1,7	0,19	1,7	1,5	-	-	0,95	0,41	0,72	1,3	1,3	1,1	0,28	0,59
Clopyralide	-	-	-	-	-	-	-	0	0,38	1,7	-	-	-	-	-	-	-	1	1,3	1,2
N	-	30	33	35	41	40	47	44	42	44	8	30	37	38	39	39	44	45	42	45
N Phénoxy	-	12	34	35	41	40	47	43	42	45	-	-	31	38	39	39	44	45	42	45

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

Annexe 3 (suite) Statistiques descriptives par rivière

Fréquence de dépassement des critères de protection de la vie aquatique par rivière

	RIVIÈRE CHIBOUET										RIVIÈRE DES HURONS									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Atrazine	47	48,6	38	21	30	29,7	16,6	13,6	28,2	11,1	33,3	25	15,5	2,9	21,9	15,4	8,8	2,27	7,31	4,6
Métolachlore	0	2,8	9,52	0	0	2,7	0	0	0	2,2	0	2,7	0	0	4,9	2,5	0	0	0	0
Cyanazine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0
MCPA	NA	NA	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorpyrifos	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	2,3
Malathion	0	0	0	2,6	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0
Carbaryl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8	2,4	6,9	0
Azinphos-méthyl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8	2,9	7,3	0	2,2	2,3	0	0
Carbofuran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0	2,3	0	0
Diazinon	0	0	0	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	2,5	4,4	11,4	2,4	25,6
N	17	35	42	38	40	37	42	44	39	45	18	36	45	34	41	39	45	44	41	43
	RIVIÈRE SAINT-RÉGIS										RIVIÈRE SAINT-ZÉPHIRIN									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Atrazine	NA	35,7	14,7	17,1	29,2	12,5	14,3	9	19	15,9	22,2	27,6	18,2	26,3	33,3	17,9	11,4	2,2	7,1	6,6
Métolachlore	NA	3,5	0	2,8	17	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0
Diméthénamide	NA	NA	NA	NA	2,4	0	0	0	4,7	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0
Cyanazine	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	5,4	5,3	0	2,5	0	0	0	0
Métribuzine	NA	0	0	0	4,8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCPA	NA	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EPTC	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorpyrifos	NA	0	0	20	19,5	2,5	6,1	13,6	9,5	0	0	0	0	2,6	0	0	0	4,4	0	2,2
Malathion	NA	3,5	0	0	0	0	2	2,3	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaryl	NA	0	0	5,7	0	0	0	2,3	11,9	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azinphos-méthyl	NA	0	5,9	2,8	9,7	0	0	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diazinon	NA	0	5,9	11,4	24,4	5	14,3	34	14,3	43,2	0	0	2,7	0	2,6	0	0	2,2	0	2,2
N	-	28	34	35	41	40	49	44	42	44	9	29	37	38	39	39	44	45	42	45

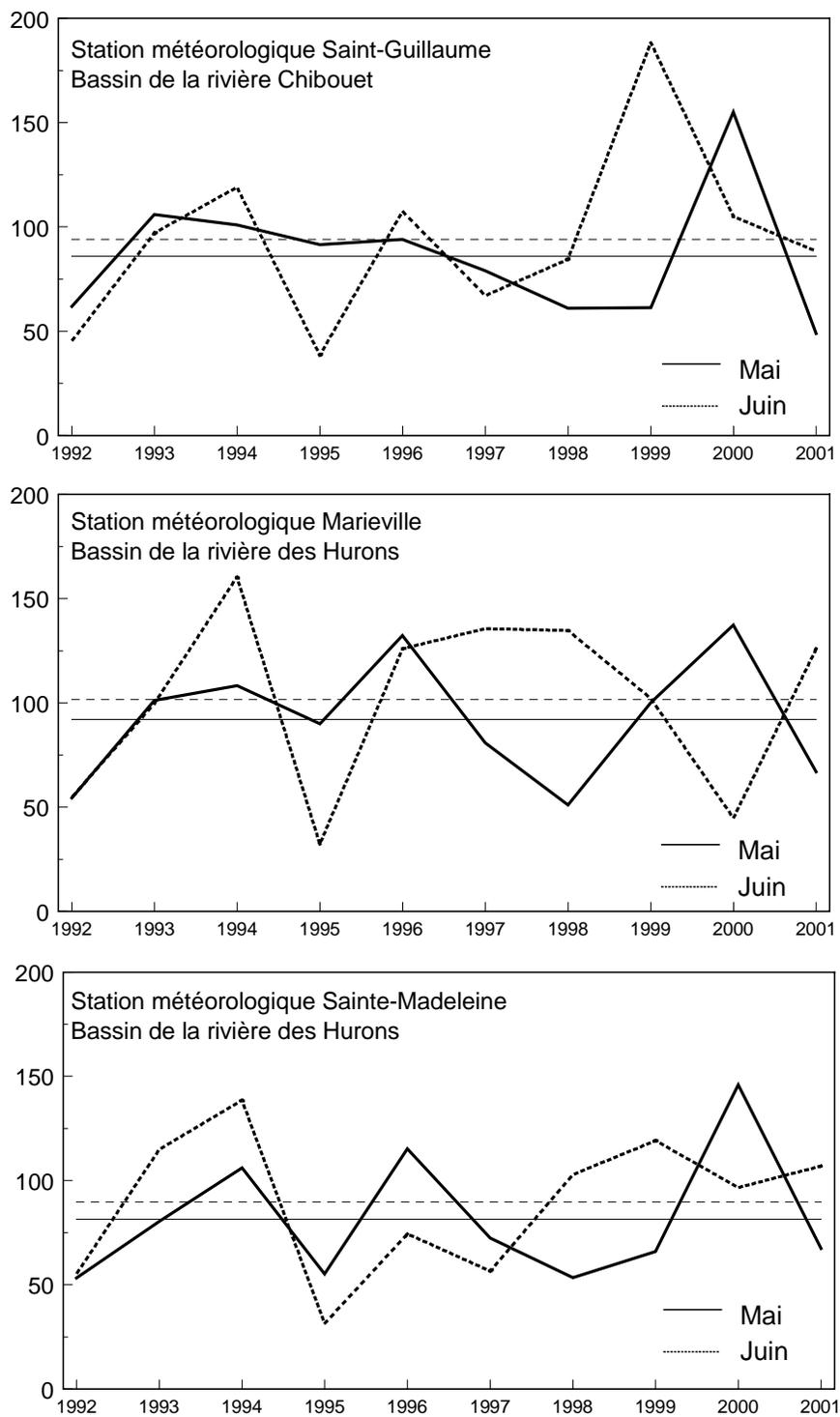
NA : Non analysé

Annexe 3 (suite) Statistiques descriptives par rivière

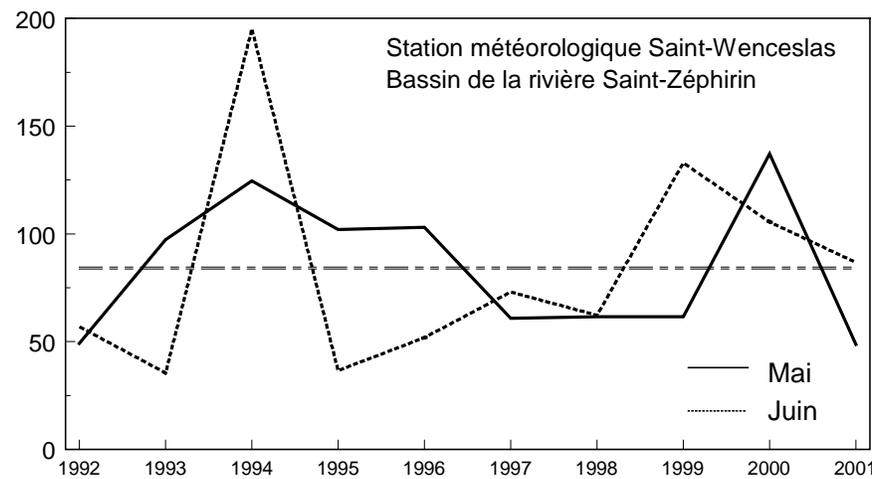
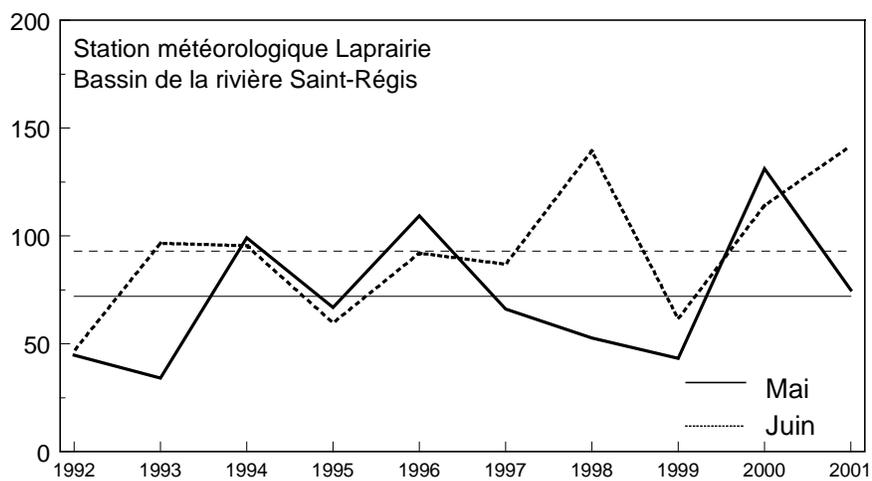
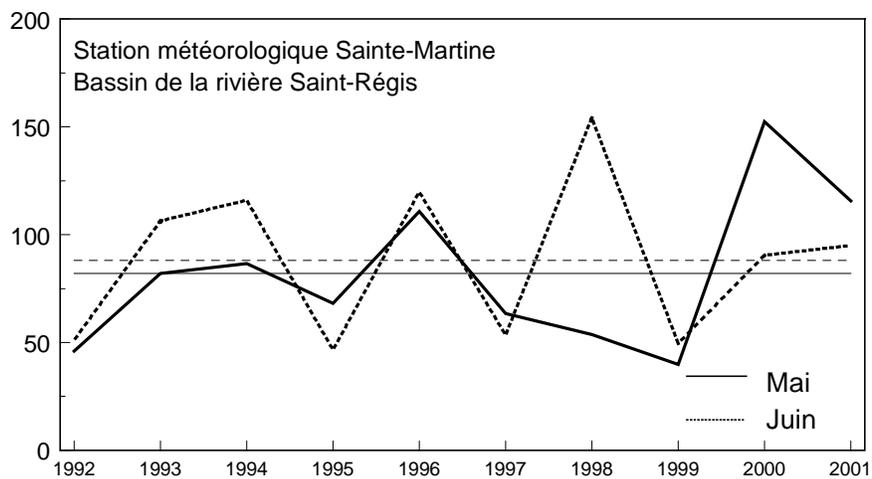
Fréquence de dépassement (%) des critères pour l'irrigation des cultures

	CHIBOUET										DES HURONS									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Dicamba	-	-	57,6	52,6	82,5	90,5	85,7	67,4	100	66,7	-	93,3	66,6	48,5	75,6	100	95,5	76,7	100	95,3
MCPA	-	-	23	34,2	37,5	19	26,2	9,3	30,8	33,3	-	10	6,6	18,2	65,8	41	42,2	32,5	31,7	51,2
Atrazine	0	2,8	9,5	5,2	2,5	0	0	0	0	2,2	0	2,7	2,2	0	2,4	0	0	0	0	0
Métolachlore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simazine	0	2,8	0	0	2,5	0	0	0	0	0	5,5	19,4	4,4	0	0	0	0	0	0	4,6
Linuron	0	0	0	0	10	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	9,7	5,1	0	0	0	2,3
Bromoxynil	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Métribuzine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SAINT-RÉGIS										SAINT-ZÉPHIRIN									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Dicamba	-	91,6	64,7	58,8	92,7	100	100	93	100	97,8	-	-	45,2	28,9	58,9	79,5	75	68,8	82,9	60
MCPA	-	8,3	11,8	5,9	29,3	22,5	27,6	13,9	26,2	31,1	-	-	6,4	18,4	30,7	53,8	34	22,2	17,1	33,3
Atrazine	-	7,1	0	0	7,3	0	0	0	0	0	0	3,4	2,7	2,6	5,1	0	0	0	0	0
Métolachlore	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	0	0	0
Simazine	-	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linuron	-	0	0	0	24,4	7,5	0	0	4,8	6,8	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0
Bromoxynil	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0
Métribuzine	-	3,5	0	0	0	0	0	0	2,4	2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

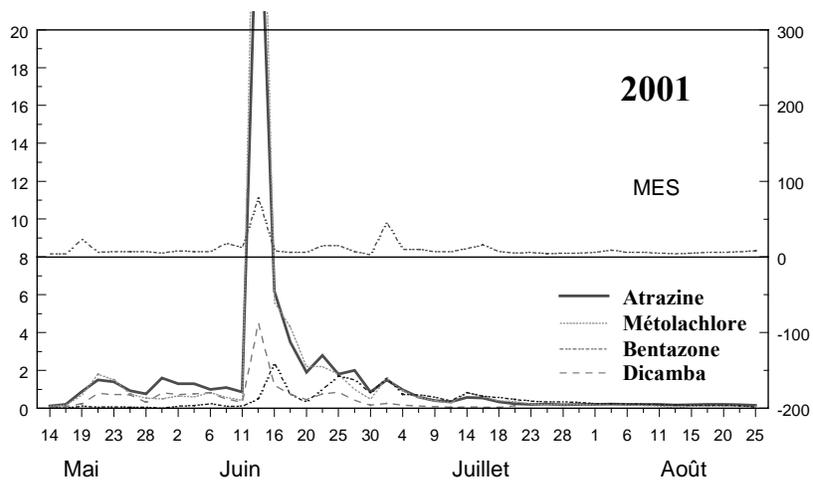
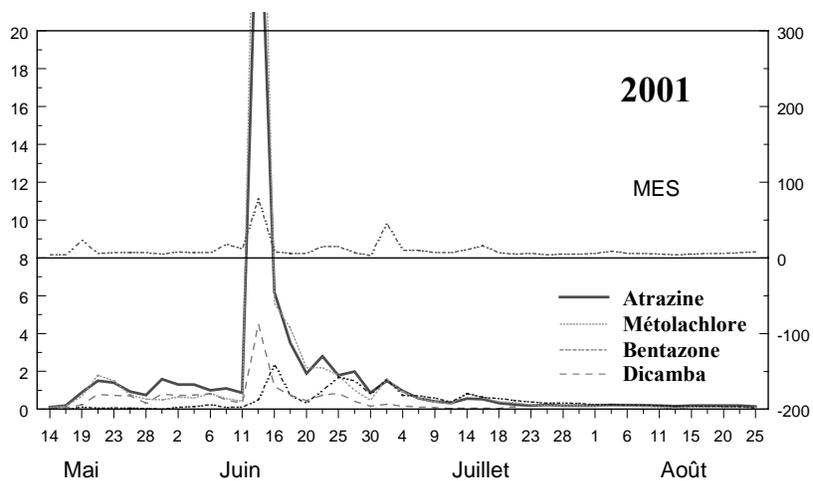
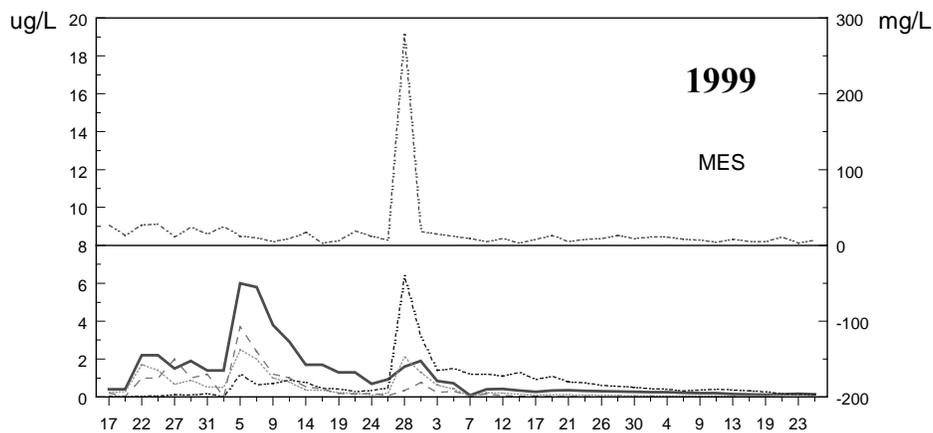
Annexe 4 Total des précipitations des mois de mai et de juin de 1992 à 2001 pour les stations météorologiques voisines des bassins versants à l'étude



Total des précipitations des mois de mai et de juin de 1992 à 2001 pour les stations météorologiques voisines des bassins versants à l'étude



Annexe 5 Comparaison des profils de concentrations des herbicides et des MES pour la rivière Chibouet



Annexe 5 (suite) Comparaison des profils de concentrations des herbicides
et des MES pour la rivière Saint-Zéphirin

