



## **Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère**

**Ruisseau Gibeault-Delisle  
dans les « terres noires » du bassin versant  
de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007**

**Juin 2010**

**Ce document peut être consulté sur le site Internet du Ministère : <http://www.mddep.gouv.qc.ca>**

**Photos de la page couverture (de haut en bas) :**

- Cultures maraîchères dans le bassin du ruisseau Gibeault-Delisle (photo : MDDEP).
- Ruisseau Gibeault-Delisle à la station d'échantillonnage (photo : MDDEP).
- Ruisseau Gibeault-Delisle et cultures maraîchères (photo : MDDEP).

**Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2010**

**ISBN 978-2-550-59088-0 (PDF)**

**© Gouvernement du Québec, 2010**

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### Rédaction et coordination

Isabelle Giroux<sup>1</sup>  
Josée Fortin<sup>2</sup>

### Inventaire des cultures et des pesticides

Julie-Andrée Gagnon<sup>3</sup>  
Abdenour Boukhalfa<sup>3</sup>

### Échantillonnage

Marjorie Potvin-Michaud<sup>3</sup>  
Geneviève Trépanier<sup>3</sup>

### Analyses de laboratoire

Marie-Claire Grenon<sup>4</sup>  
Nathalie Dassylva<sup>4</sup>  
Philippe Daigle<sup>4</sup>  
Danielle Thomassin<sup>4</sup>  
Christian Deblois<sup>4</sup>  
Annick Dion-Fortier<sup>4</sup>

Ginette Gaudreau<sup>4</sup>  
Carole Veillette<sup>4</sup>  
Jacques Bélanger<sup>4</sup>  
Véronique Perreault<sup>4</sup>

### Mise en page et graphisme

Sylvie Boutin<sup>1</sup>  
Murielle Grvel<sup>1</sup>  
Lyne Blanchet<sup>1</sup>  
Mona Frenette<sup>1</sup>

### Révision linguistique

Sylvie Émond<sup>5</sup>

---

1. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service de l'information sur les milieux aquatiques.
2. Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire.
3. PRISME Consortium, association agricole de recherche et de service-conseil en cultures maraîchères.
4. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
5. Compagnie L' Espace-mots.

### Référence bibliographique :

GIROUX, Isabelle et J. FORTIN, 2010. *Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère – Ruisseau Gibeault-Delisle dans les « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire, 978-2-550-59088-0 (PDF), 28 pages.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui, grâce à leur expertise particulière, ont formulé de judicieux commentaires pour la version préliminaire de ce rapport : M. François Ancil du Département des sols et de génie agroalimentaire de l'Université Laval, M. Luc Brodeur et M<sup>me</sup> Stéphanie Sanchez du Consortium PRISME, M. David Berryman de la Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDEP, M. Christian Deblois et M<sup>me</sup> Annick Dion-Fortier du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, M<sup>me</sup> Fabienne Gauthier et messieurs Richard Desrosiers, Sylvain Dion et Gaétan Roy de la Direction du secteur agricole et des pesticides du MDDEP, M. Pierre-Antoine Thériault, M. Jean-Pierre Richard du MAPAQ.

## **AVANT-PROPOS**

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), l'Université Laval et le Consortium PRISME, conseiller en production maraîchère. Financé par le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT), le volet de suivi des pesticides sur lequel nous nous concentrons dans ce document s'inscrit dans un projet plus large intitulé « Modélisation hydrologique des petits bassins versants en milieu rural » (numéro de projet FQRNT : 2004-EN-99549). Des travaux de modélisation ont été réalisés pour d'autres volets du projet, mais l'objectif du présent volet était de constituer un premier inventaire sur la présence de pesticides dans un cours d'eau dont le bassin versant est en majeure partie occupé par des cultures maraîchères.

## **RÉSUMÉ**

Au Québec, les cultures maraîchères occupent environ 31 705 hectares ou 50 914 hectares si on compte les superficies de pommes de terre. Situé dans la zone des « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay, le bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle a été retenu pour documenter la présence de pesticides dans un cours d'eau qui draine un bassin à dominance de cultures maraîchères (38 % du bassin). Après une phase exploratoire en 2005, des échantillons ont été recueillis du mois de mai au mois d'août 2006 et 2007.

Dans l'ensemble, 36 pesticides et produits de dégradation de pesticides ont été détectés dans le ruisseau, soit 14 herbicides, 13 insecticides, 2 fongicides et 7 produits de dégradation. Les concentrations mesurées sont souvent élevées. Ainsi, depuis le début du programme de suivi des pesticides en rivière en 1992, il s'agit du premier cours d'eau où des dépassements de critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique sont notés dans tous les échantillons.

Parmi les 14 herbicides détectés, le linuron, le diméthénamide et le métribuzine sont ceux qui présentent les concentrations les plus élevées. La concentration de métribuzine dépasse le critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique dans 22 % des échantillons, celle du linuron, dans 8 % des échantillons et celle du diméthénamide, dans 5 % des échantillons. Le chlorpyrifos, le malathion, le phosmet et le diazinon sont les insecticides détectés le plus souvent. La concentration de plusieurs de ces substances dépasse les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique. Le chlorpyrifos, notamment, est présent dans tous les échantillons et sa concentration dépasse les critères de qualité de l'eau dans l'ensemble des échantillons. Les critères sont aussi quelquefois dépassés pour le diazinon, le malathion et plusieurs autres insecticides. En ce qui concerne les fongicides, les principales substances présentes sont le chlorothalonil et l'éthylénethiourée (ETU), qui est un produit de dégradation. La concentration de chlorothalonil dépasse le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique dans 23 % des échantillons.

Cette étude a permis de consigner de l'information sur la présence de pesticides dans un cours d'eau dont une partie importante du bassin versant est occupée par des cultures maraîchères. À une échelle locale, elle a aussi permis de détecter des concentrations élevées de pesticides susceptibles d'avoir des effets importants sur les espèces des milieux aquatiques situés au voisinage des cultures maraîchères. Par contre, il n'y a pas d'usage connu du ruisseau pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des cultures.



## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	1
1. AIRE D'ÉTUDE .....	2
2. MÉTHODOLOGIE .....	6
3. RÉSULTATS .....	9
3.1 <i>Herbicides</i> .....	9
3.2 <i>Insecticides</i> .....	13
3.3 <i>Fongicides</i> .....	16
4. DISCUSSION .....	18
4.1 <i>Présence conjuguée de plusieurs pesticides et dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques</i> .....	18
4.2 <i>Usages pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation des cultures</i> .....	19
CONCLUSION.....	20
BIBLIOGRAPHIE .....	21
Annexe 1 Coordonnées de la station d'échantillonnage du ruisseau Gibeault-Delisle, précipitations et débits .....	23
Annexe 2 Description des méthodes d'analyse et contrôle de qualité .....	24
Annexe 3 Concentrations de pesticides dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007 (données brutes).....	27

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Superficie des cultures de légumes au Québec .....	1
Tableau 2	Principaux pesticides utilisés dans les cultures maraîchères.....	5
Tableau 3	Plan d'échantillonnage.....	7
Tableau 4	Pesticides analysés et limites de détection .....	8
Tableau 5	Herbicides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007 .....	10
Tableau 6	Dépassements des critères de vie aquatique chronique (CVAC) ou des critères pour l'irrigation des cultures dans le cas des herbicides détectés.....	10
Tableau 7	Comparaison des concentrations médianes d'atrazine et de métolachlore avec des cours d'eau de bassins à dominance de maïs et de soya.....	11
Tableau 8	Insecticides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007 .....	13
Tableau 9	Dépassements des critères de vie aquatique chronique (CVAC) et des critères de vie aquatique aigus (CVAA) pour les insecticides détectés .....	14
Tableau 10	Fongicides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007.....	16
Tableau 11	Dépassements du critère de vie aquatique chronique (CVAC) ou du critère pour l'irrigation des cultures dans le cas du chlorothalonil .....	16

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle et dépôts de surface .....	2
Figure 2	Principales cultures du bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle .....	4
Figure 3	Concentrations de quelques herbicides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006.....	12
Figure 4	Concentrations de quelques insecticides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006 et 2007 .....	15
Figure 5	Concentrations de quelques fongicides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006 et 2007 .....	17
Figure 6	Pourcentage du nombre total d'échantillons en fonction du nombre de pesticides dont la concentration dépasse les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique .....	18



## INTRODUCTION

Depuis 1992, plusieurs rivières du sud du Québec ont été échantillonnées pour mesurer leur concentration de pesticides. L'échantillonnage est fait principalement par type de culture et, jusqu'à maintenant, le suivi mené par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a surtout porté sur les secteurs où les cultures de maïs et de soya sont dominantes (Giroux *et al*, 2006). Il y a peu de données sur les pesticides dans les cours d'eau qui drainent les secteurs où l'on trouve des cultures maraîchères.

En 1996 et 1997, l'échantillonnage du ruisseau Corbin, dans le bassin de la rivière Yamaska, et de la rivière l'Achigan, dans le bassin de la rivière l'Assomption, où les cultures maraîchères représentent environ 10 % des superficies cultivées, avait montré une plus grande présence des insecticides dans l'eau de ces deux rivières que dans les bassins consacrés davantage aux grandes cultures (Giroux, 1998). L'objectif de la présente étude était donc de documenter la présence de pesticides dans un cours d'eau qui draine des terres occupées en grande partie par les cultures maraîchères.

Comme l'indique le tableau 1, les cultures maraîchères couvrent une superficie totale d'environ 31 705 hectares au Québec (ou 50 914 hectares si l'on inclut les cultures de pommes de terre). Divers pesticides sont homologués pour lutter contre les organismes nuisibles dans les cultures maraîchères; leur degré d'utilisation varie d'une année à l'autre selon l'émergence de maladies, d'insectes ou de mauvaises herbes. Bien que les superficies totales de cultures maraîchères soient modestes par rapport aux superficies de maïs (473 061 hectares) ou de soya (178 161 hectares), la présence des cultures de légumes sur un territoire relativement restreint est à l'origine de ce projet qui vise à mesurer les concentrations de pesticides dans un cours d'eau récepteur.

**Tableau 1 Superficie des cultures de légumes au Québec**

Cultures	Superficie (en hectares)
Pois verts	5 613
Haricots (verts et jaunes)	4 871
Carottes	3 274
Laitue	3 049
Choux (chou, chou chinois, chou-fleur, chou de Bruxelles)	2 955
Oignons (sec jaune)	1 953
Brocolis	1 919
Citrouilles, courges et zucchinis	1 588
Concombres	877
Piments et poivrons	659
Tomates	612
Céleris	567
Betteraves	553
Rutabagas et navets	514
Échalotes et oignons verts	506
Radis	387
Asperges	257
Épinards	206
Autres légumes	1 345
<b>Sous-total</b>	<b>31 705</b>
Pommes de terre	19 209
<b>Total</b>	<b>50 914</b>

Source : Statistique Canada, 2006

Une grande partie des superficies de légumes se trouvent en Montérégie. Sur l'ensemble du Québec, cette région représente 83 % des superficies en production de légumes de transformation et 77 % des superficies de légumes frais (MAPAQ, 2006). Les cultures de légumes sont surtout concentrées dans la MRC Les Jardins de Napierville, notamment dans la zone dite des « terres noires », située dans le bassin versant de la rivière Châteauguay.

Les « terres noires » sont des vestiges d'anciennes tourbières reposant sur des couches de sédiments peu perméables (Côté *et al*, 2006). Produits de l'accumulation de résidus organiques, ces sols sont particulièrement riches et propices aux cultures maraîchères. Toutefois, leur drainage naturel est faible, et la plupart des terres agricoles de ce secteur ont un réseau de drainage souterrain pour évacuer les eaux de fonte printanière et les eaux de pluie.

## 1. AIRE D'ÉTUDE

Le bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle (figure 1) est situé dans ces « terres noires » et les cultures maraîchères y occupent une proportion importante. D'une superficie de 19 km<sup>2</sup>, il comprend les municipalités de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay, de Saint-Michel et de Saint-Patrice-de-Sherrington. Le ruisseau Gibeault-Delisle, un cours d'eau d'ordre 3 selon la convention de Strahler<sup>1</sup>, se déverse dans le ruisseau Norton en amont du village de Sainte-Clotilde-de-Châteauguay. Le ruisseau Norton fait lui-même partie du bassin de la rivière des Anglais, l'un des tributaires de la rivière Châteauguay. Les débits moyens estivaux des ruisseaux Gibeault-Delisle et Norton sont précisés à l'annexe 1.

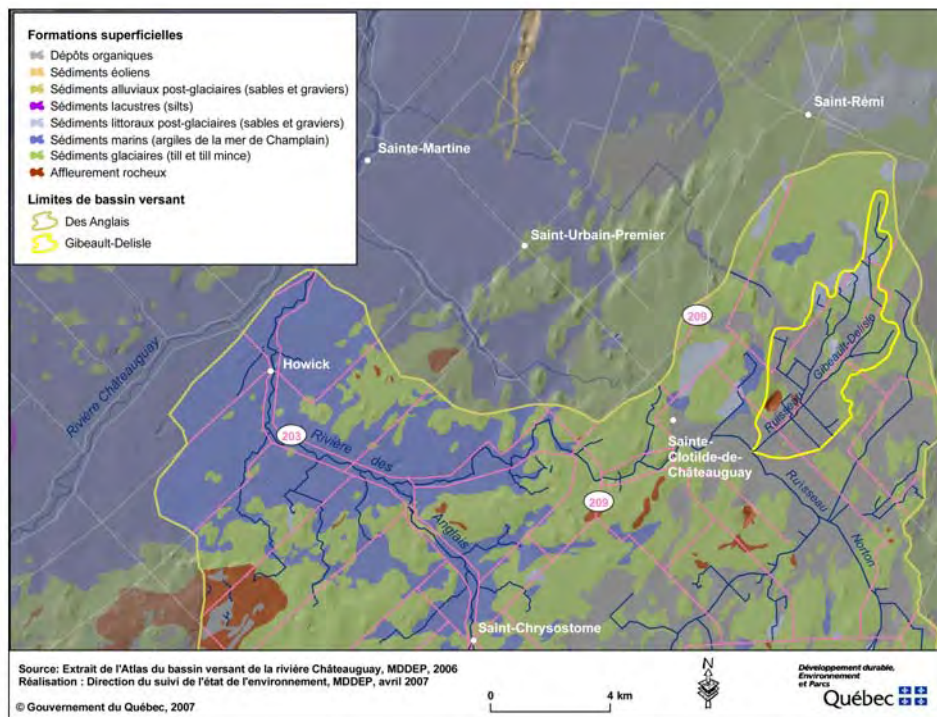


Figure 1 Bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle et dépôts de surface

1. Strahler a proposé un système simple de classification des cours d'eau permettant de distinguer l'amont de l'aval et les petits cours d'eau des grands fleuves. Tout cours d'eau sans affluent est d'ordre 1. La convergence de deux cours d'eau d'ordre 1 produit un cours d'eau d'ordre 2. La convergence de cours d'eau d'ordre 2 donne un cours d'eau d'ordre 3 et ainsi de suite (Ancil, 2008).

Le ruisseau Gibeault-Delisle est un cours d'eau naturel dont certains tronçons ont été reprofilés pour les besoins de l'agriculture. Les cultures maraîchères occupent la plus grande proportion soit environ 69 % de la superficie cultivée ou 38 % de la superficie totale du bassin versant.

La culture du maïs représente environ 25 % de la superficie cultivée du bassin et celle du soya, 5 %. Ces deux cultures sont surtout pratiquées dans la partie amont du bassin versant. Les principales cultures maraîchères y sont la pomme de terre, la carotte, l'oignon, l'échalote et la laitue (figure 2).

En raison de la diversité des ennemis des cultures, les pesticides utilisés dans ces cultures sont très variés et le nombre d'applications est parfois important (tableau 2). Pour les cultures de céréales, de maïs ou de soya, ce sont surtout les herbicides qui sont utilisés, alors que pour les cultures maraîchères, on emploie également des insecticides et des fongicides.



(Photo : I. Giroux, MDDEP)

Par rapport à d'autres grandes cultures, comme les céréales et le maïs par exemple, qui reçoivent habituellement de un à quatre traitements par année, la pression exercée par l'utilisation des pesticides (en kilos d'ingrédient actif à l'hectare) dans la plupart des cultures maraîchères et le nombre d'applications annuel de pesticides sont importants. À titre d'exemple, certaines cultures maraîchères peuvent recevoir 6 applications par année et d'autres, jusqu'à 20 applications annuellement. Le nombre d'applications peut aussi varier d'une année à l'autre en fonction de l'émergence des divers ravageurs.

Les herbicides sont habituellement utilisés en début de saison pour contrôler la végétation compétitrice lors des premiers stades de développement des plants cultivés. Certains insecticides et fongicides peuvent être appliqués à titre préventif, pour traiter les semences ou lors de la plantation, mais ils peuvent aussi être utilisés de manière curative plus tard durant l'été, selon que les conditions sont propices ou non à l'apparition d'insectes ou de maladies fongiques. Dans les cultures de carottes et d'oignons, des céréales sont semées entre les rangs ou à la volée, en même temps que les semis. Elles servent ainsi de plantes-abris. Comme les céréales lèvent plus vite que les plants de carotte et d'oignon, elles protègent les jeunes plantules du vent. Une fois la culture bien implantée, les plants de céréales sont détruits au moyen d'un herbicide anti-graminées.

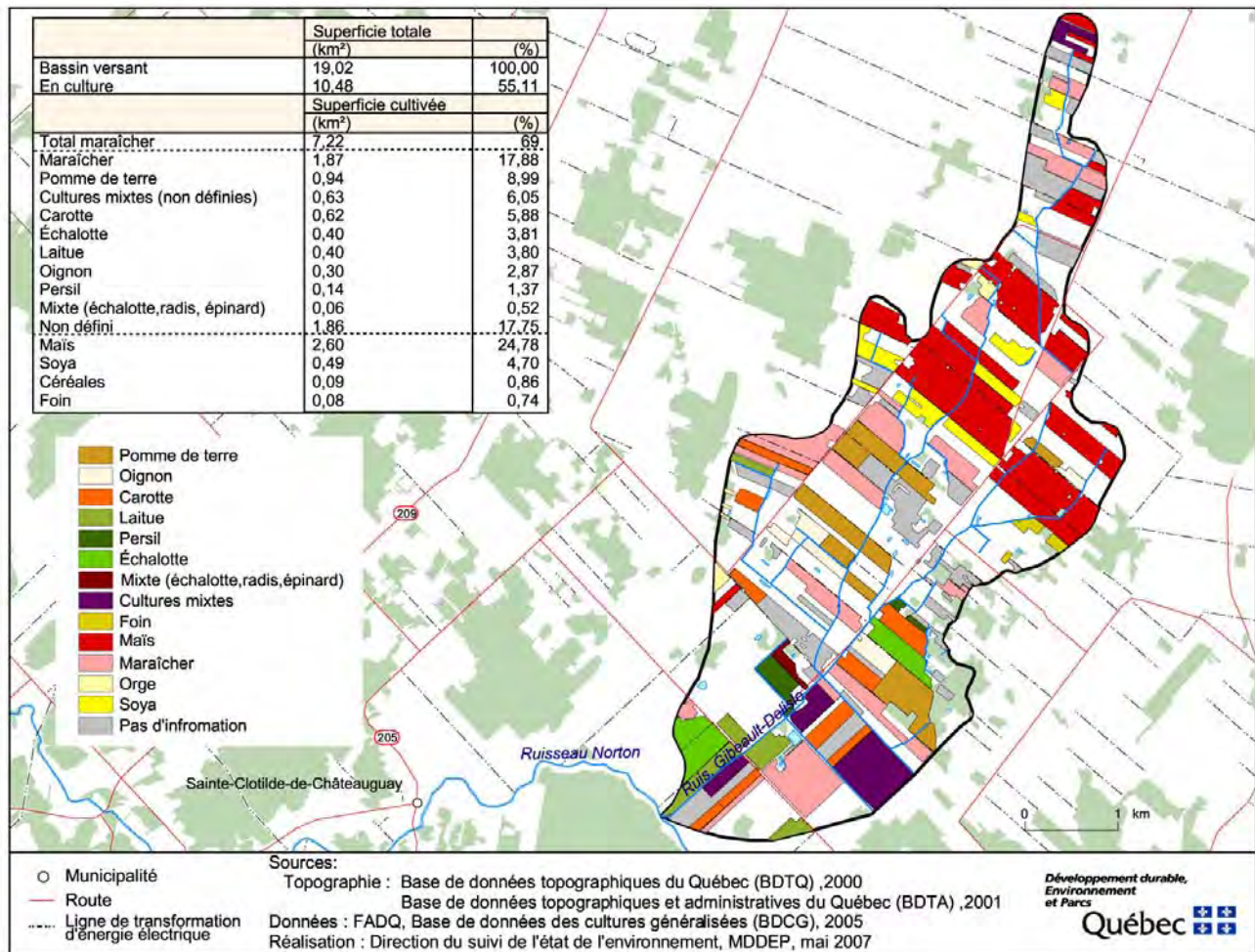


Figure 2 Principales cultures du bassin versant du ruisseau Gibeault-Delisle

Tableau 2 Principaux pesticides utilisés dans les cultures maraîchères

Ingrédient actif	Noms commerciaux	Pomme de terre	Carotte	Laitue	Oignon	Oignon vert
<b>Herbicides</b>						
Cléthodim	SELECT				√	
Diméthénamide	FRONTIER	√			√	
Diquat	REGLONE	√				
Fluazifop-butyl	VENTURE, FUSILADE	√	√		√	
Glyphosate	ROUNDUP			√		
Linuron	LOROX		√			
Métribuzine	SENCOR	√				
Paraquat	GRAMOXONE	√	√	√		√
Pendiméthaline	PROWL					√
Séthoxydime	POAST		√			√
Rimsulfuron	PRISM	√				
<b>Insecticides</b>						
Acéphate	ORTHENE			√		
Carbaryl	SEVIN			√		
Chlorpyrifos	PYRIFOS, LORSBAN				√	
Cyperméthrine	RIPCORD, CYMBUSH		√	√	√	√
Diazinon	DIAZINON	√		√	√	√
Diméthoate	LAGON, CYGON			√		
Endosulfan	THIONEX, THIODAN			√		
Imidacloprid	ADMIRE	√				
Lambda-cyhalothrine	MATADOR	√	√		√	√
Malathion	MALATHION			√	√	
Méthamidophos	MONITOR			√		
Naled	DIBROM	√		√	√	√
Pirimicarbe	PIRIMOR			√		
Phosmet	IMIDAN		√			
Spinosad	SUCCESS	√				
<b>Fongicides</b>						
Boscalid	LANCE				√	√
Chlorothalonil	BRAVO	√	√		√	√
Cuivre	CUIVRE 53M		√			
Cymoxanil	CURZATE	√				
Dimétomorphe	ACROBAT	√				
Fénamidone	REASON	√				
Fludioxonil	MAXIM	√				
Hydrazide maléique	MH60				√	
Iprodione	ROVRAL				√	
Mancozèbe	DITHANE, PENNCOZEB	√	√		√	√
Mancozèbe et zoxamide	GAVEL	√				
Métalaxyl	RIDOMIL GOLD			√	√	
Propamocarbe et chlorothalonil	TATTOO	√				
Zinèbe	ZINEB			√		
Pyraclostrobin	CABRIO		√			√

Source : PRISME, 2006; PRISME, 2009a, b, c

Certains pesticides qui figurent sur cette liste sont également homologués pour les cultures de maïs, de soya et de céréales. S'ajoutent aussi d'autres pesticides utilisés dans les grandes cultures : atrazine, métolachlore, bentazone dicamba, 2,4-D et bromoxynil (Giroux, 2010).

## 2. MÉTHODOLOGIE

Les échantillons ont été prélevés par des employés du Consortium PRISME, à partir d'un ponceau (photo) ou à gué non loin de l'embouchure. L'annexe 1 présente les coordonnées du point d'échantillonnage. À partir du ponceau, les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un échantillonneur sur lequel sont fixées les bouteilles (photos). Des bouteilles de verre d'un litre ont été utilisées pour le prélèvement des échantillons dans le cas des analyses CPPROP, phénoxyacides et ETU. Une bouteille de verre de 250 ml a été utilisée pour l'imidacloprid et des contenants de 250 ml en plastique ont servi à l'analyse du glyphosate, de l'AMPA, du diquat et du paraquat. Les échantillons ont été placés au frais dans des glacières, puis envoyés au laboratoire par courrier rapide. Les analyses ont été faites par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Une première campagne exploratoire pour vérifier la présence de pesticides a été réalisée en 2005. On avait planifié faire des prélèvements lors de six événements de pluie au cours de l'été. Cependant, les mois de juillet et août 2005 ont été particulièrement secs dans cette région. En conséquence, les échantillons n'ont été récoltés que lors de trois épisodes de pluie, survenus le 15 juin, le 31 août et le 26 septembre.

En 2006, l'eau du ruisseau a été échantillonnée 3 fois par semaine de la mi-mai à la fin août, pour un total de 44 prélèvements. En 2007, 36 échantillons ont été recueillis du 4 juin au 24 août (tableau 3). La fréquence d'échantillonnage plus serrée de 2006 et 2007 a permis de couvrir à la fois des périodes sèches et des périodes pluvieuses. L'annexe 1 présente une synthèse des données mensuelles concernant les précipitations pour les années 2006 et 2007.



Le tableau 4 présente la liste des pesticides analysés ainsi que les limites de détection. Un balayage nommé CPPROP couvre différentes familles de pesticides (triazines, organophosphorés, carbamates, pyréthrinoïdes, etc). En 2006, six échantillons supplémentaires ont été prélevés pour l'analyse des herbicides phénoxyacides, du glyphosate et de l'AMPA, du diquat et du paraquat, de l'imidacloprid et de l'ETU. L'annexe 2 donne la description des méthodes d'analyse. Les analyses effectuées couvrent les produits les plus utilisés, mais pas tous les produits qui sont susceptibles d'être employés dans le bassin.

Tableau 3 Plan d'échantillonnage

Année	Fréquence d'échantillonnage	Dates	Analyses
2005	3 prélèvements par temps de pluie :	15 juin	Balayage CPPROP
		31 août	Balayage phénoxyacides
		26 septembre	Glyphosate et AMPA
			Diquat et paraquat
			Imidacloprid et métabolites
2006	3 fois par semaine	Du 15 mai au 30 août	Balayage CPPROP
	Plus 6 prélèvements : 3 prélèvements en juin 2 prélèvements en juillet 1 prélèvement en août	7 juin	Balayage phénoxyacides
		14 juin	Glyphosate et AMPA
		28 juin	Diquat et paraquat
		12 juillet	Imidacloprid et métabolites
		26 juillet	ETU
		16 août	
2007	3 fois par semaine	Du 4 juin au 24 août	Balayage CPPROP

Plusieurs critères de qualité de l'eau sont couramment utilisés pour interpréter les résultats d'analyse. Le principal critère servant à évaluer le risque d'effet sur les organismes aquatiques est le critère de toxicité aquatique chronique ou critère de vie aquatique chronique (CVAC). Il s'agit de la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pendant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Dans le milieu, toute concentration au-dessus de ce critère, lorsqu'elle est maintenue continuellement, est susceptible de causer un effet indésirable. De faibles dépassements du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques : 1) si la durée et l'intensité de ces dépassements est limitée ; 2) s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère. Plus la concentration mesurée excède le CVAC, plus la durée pendant laquelle elle peut être tolérée est courte. En théorie, ces critères doivent être respectés en moyenne sur une période de quatre jours. Si des données fiables sont disponibles, les critères peuvent aussi tenir compte d'effets à long terme, par exemple des risques de perturbations endocriniennes.

Pour quelques pesticides, on dispose de valeurs concernant le critère de toxicité aquatique aiguë (CVAA). Il s'agit de la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés sur une courte période sans que cela cause une mortalité. Lorsque des concentrations au-delà de ces valeurs sont enregistrées, même une seule fois, des dommages aux espèces aquatiques sont probables.

Lorsqu'ils sont disponibles, les critères pour l'irrigation des cultures et les normes applicables à l'eau potable sont également utilisés pour interpréter les résultats. Même dans le cas où aucun usage de ce type n'est rapporté dans les cours d'eau ou plans d'eau échantillonnés, l'information est souvent présentée à titre indicatif.

Tableau 4 Pesticides analysés et limites de détection

Pesticides		Limite de détection (µg/l)	Pesticides		Limite de détection (µg/l)
Nom	Type		Nom	Type	
<b>CPPROP</b>			<b>CPPROP (suite)</b>		
Atrazine	H	0,03	Phosalone	I	0,03
<i>Dééthyl-atrazine</i>	D	0,02	Phosmet	I	0,03
<i>Désisopropyl-atrazine</i>	D	0,02	Pirimicarbe	I	0,03
Azinphos-méthyl	I	0,1	Propoxur	I	0,02
Bendiocarbe	I	0,03	Simazine	H	0,03
Butilate	H	0,02	Tébutiuron	H	0,25
Busan	B	0,07	Terbufos	I	0,01
Captane	F	0,04	Trifluraline	H	0,01
Captafol	F	0,05			
Carbaryl	I	0,03	<b>PHÉNOXYACIDES</b>		
<i>1-naphtol</i>	M	0,08	2,4-D	H	0,02
Carbofuran	I	0,02	2,4-DB	H	0,02
Chlorfenvinphos	I	0,03	2,4,5-T	H	0,01
Chlorothalonil	F	0,05	Bentazone	H	0,03
Chloroxuron	H	0,09	Bromoxynil	H	0,02
Chlorpyrifos	I	0,02	Clopyralide	H	0,03
Cyanazine	H	0,04	Dicamba	H	0,03
Cyhalothrine	I	0,02	Dichlorprop	H	0,02
Cyperméthrine	I	0,06	Diclofop-méthyl	H	0,02
Deltaméthrine	I	0,10	Dinosèbe	H	0,04
Diazinon	I	0,03	Fénoprop	H	0,01
Dichlobénil	H	0,04	MCPA	H	0,01
Dichlorvos	I	0,04	MCPB	H	0,01
Diméthénamide	H	0,02	Mécoprop	H	0,01
Diméthoate	I	0,02	Piclorame	H	0,02
Diméthomorphe	F	0,15	Triclopyr	H	0,02
Disulfoton	I	0,06			
Diuron	H	0,3	<b>AUTRES</b>		
EPTC	H	0,02	Glyphosate	H	0,04
Fénitrothion	I	0,08	<i>AMPA</i>	D	0,2
Fonofos	I	0,02	Imidacloprid	I	0,001
Linuron	H	0,09	<i>Imidacloprid-urée</i>	D	0,0009
Malathion	I	0,01	<i>Imidacloprid-guanidine</i>	D	0,0008
Méthidathion	I	0,05	<i>Imidacloprid-oléfine</i>	D	0,0007
Métolachlore	H	0,01			
Métribuzine	H	0,02	Diquat	H	0,4
Mévinphos	I	0,02	Paraquat	H	0,4
Myclobutanil	F	0,04			
Napropamide	H	0,05	<i>ETU<sup>1</sup></i>	D	0,5
Parathion	I	0,04			
Parathion-méthyl	I	0,05			
Perméthrine	I	0,05			
Phorate	I	0,03			

H : herbicide I : insecticide F : fongicide B : biocide D : produit de dégradation

1. L'ETU est un produit de dégradation commun à plusieurs fongicides de la famille des biscarbamates, tels que le mancozèbe, le zinèbe, le manèbe, le métirame et le zirame.



### 3. RÉSULTATS

Au total, 36 pesticides ou produits de dégradation de pesticides ont été décelés dans l'eau du ruisseau Gibeault-Delisle. Parmi ces substances, on trouve 14 herbicides, 13 insecticides, 2 fongicides et 7 produits de dégradation. Tous les échantillons prélevés au cours de l'été renferment de 4 à 16 pesticides, dont plusieurs dépassent simultanément les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique.

#### 3.1 Herbicides

Les herbicides qui sont présents dans l'eau le plus souvent ou en fortes concentrations sont le diméthénamide, le métribuzine, le linuron et le métolachlore. D'autres herbicides ont aussi été détectés assez souvent, comme l'atrazine, le glyphosate et le bentazone, mais leur concentration est habituellement plus faible.

Le diméthénamide a été détecté dans 95 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Gibeault-Delisle. Bien que sa concentration médiane se situe autour de 0,28 µg/l, ce produit a atteint une concentration de 380 µg/l en juin 2007. Cette concentration dépasse de 1,5 fois le critère de vie aquatique aigu (CVAA) de 260 µg/l. Par ailleurs, le critère de vie aquatique chronique (CVAC) de 5,6 µg/l est dépassé dans 5 % des échantillons. Ces dépassements sont tous survenus en 2007, alors qu'aucun dépassement n'a été observé en 2005 et 2006.

L'herbicide métribuzine, a été détecté dans 90 % des échantillons. La concentration de ce produit dans l'eau du ruisseau dépasse le CVAC de 1 µg/l dans 22 % des échantillons. La concentration maximale observée s'élève à 11 µg/l.

Le linuron a été détecté dans 74 % des échantillons et dépasse le CVAC de 7 µg/l dans 8 % des cas. Des pics de concentrations élevés ont été notés en 2006 et 2007 et les concentrations générales de ce produit sont d'ailleurs probablement sous-estimées. En effet, une bonne partie du linuron présent dans les échantillons se serait transformée en isocyanate de 3,4 dichlorophényle au moment de l'analyse. Comme les concentrations de ce produit de dégradation étaient très élevées (elles étaient parfois plus importantes que le linuron lui-même), on peut croire que les concentrations initiales de linuron dans les échantillons étaient plus élevées (annexe 2). Une concentration particulièrement élevée de linuron (100 µg/l) a été observée dans le cours d'eau à la fin d'août 2006. Cette valeur est 14 fois supérieure au critère de qualité pour la protection de la vie aquatique. Il est surprenant qu'un pic de cette importance survienne en fin de saison, longtemps après la période habituelle d'application de l'herbicide. Ce pic pourrait être attribuable à une source de pollution ponctuelle (ex : vidange inappropriée de contenants de pesticides ou de réservoirs de pulvérisateurs, rejet d'eaux de lavage après la récolte des carottes). Il est aussi possible que le brassage du sol au moment de la récolte fasse remonter à la surface des concentrations de linuron qui peuvent de nouveau être transportées par l'érosion. Toutefois, si c'est le cas, il est tout de même étonnant de trouver dans le cours d'eau, des concentrations plus élevées que ce qui est observé lors des fortes pluies consécutives à l'application du produit dans les champs.

Aussi, le métolachlore et l'atrazine ont été détectés à plusieurs reprises, mais généralement en concentrations plus faibles que celles des autres herbicides. Le glyphosate, analysé à titre exploratoire dans neuf échantillons prélevés en 2006, a été trouvé dans tous les échantillons ce qui suggère une présence régulière du produit dans le cours d'eau. Plusieurs autres herbicides ont aussi été décelés, mais à une fréquence et à des concentrations moins élevées.

Tableau 5 Herbicides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007

Herbicides	Échantillons prélevés	Fréquence de détection	Concentration maximale	Moyenne	Médiane
	(N <sup>bre</sup> )	(%)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Diméthénamide		95	380	5,37	0,28
Métribuzine		90	11	0,843	0,33
Métolachlore*		84	4,2	0,209	0,04
Linuron**		74	100	3,78	0,5
Atrazine	82	71	3	0,159	0,04
Dééthyl-atrazine		28	0,2	0,019	0
Déisopropyl-atrazine		4	0,04	0,001	0
EPTC		21	0,23	0,014	0
Trifluraline		6	0,02	0,001	0
Glyphosate	9***	100	1,6	0,398	0,13
AMPA		44	0,5	0,138	0
Bentazone		71	0,19	0,069	0,07
Bromoxynil		57	0,15	0,049	0,04
2,4-D	7***	43	0,11	0,034	0
Mécoprop		14	0,03	0,004	0
Dicamba		14	0,05	0,007	0
MCPA		14	0,03	0,004	0

\* La formulation commerciale du métolachlore contient le S-métolachlore et le R-énantiomère.

\*\* Les concentrations de linuron sont probablement sous-estimées.

\*\*\* Échantillons prélevés en 2006 seulement.

Tableau 6 Dépassements des critères de vie aquatique chronique (CVAC) ou des critères pour l'irrigation des cultures dans le cas des herbicides détectés

Herbicides	CVAC*	Fréquence	Critères pour l'irrigation des cultures**	Fréquence
	(µg/l)	(%)	(µg/l)	(%)
Métribuzine	1	22	0,5	40
Linuron	7	8	0,071	74
Diméthénamide	5,6	5	–	–
Trifluraline	0,1	1	–	–
Atrazine	1,8	1	10	0
Dicamba	10	0	0,006	14
MCPA	2,6	0	0,025	14

\* Source : MDDEP, 2009, critère de vie aquatique chronique

\*\* Source : CCME, 2006

Dans 74 % des échantillons, les critères pour l'irrigation des cultures sont aussi dépassés en raison de la présence de concentrations de linuron supérieures au critère de 0,071 µg/l. Le critère de 0,5 µg/l pour l'herbicide métribuzine est également dépassé dans 40 % des échantillons. Aussi, la concentration des herbicides dicamba et MCPA est supérieure aux critères dans 14 % des échantillons.

De manière générale, les pics de concentrations élevées d'herbicides dans le ruisseau suivent les épisodes de pluie. On trouve des pics d'importance variable pour divers produits tout au cours de l'été. La figure 3 présente la courbe des concentrations de quelques herbicides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2006 et 2007.

Malgré l'importance des précipitations au cours de l'été 2006, c'est en 2007 que les concentrations les plus élevées de diméthénamide et de métribuzine sont observées. Le diméthénamide a atteint une concentration maximale de 380 µg/l au mois de juin. Au cours de la même période, on a également enregistré un pic important des concentrations de métribuzine et de linuron. Comme les précipitations enregistrées à la station météorologique durant cette période sont modérées (10 mm), d'autres facteurs pourraient expliquer ces valeurs élevées, notamment une averse locale plus importante peu après l'application ou encore la déposition des substances dans l'eau par dérive aérienne au moment de l'application.

Finalement, les courbes de concentrations du métolachlore et de l'atrazine (non illustrées), associés à la culture du maïs, montrent des similitudes, c'est-à-dire de légères pointes en juin et juillet. Toutefois, les concentrations médianes de ces deux substances, qui ont été calculées en 2006 et 2007 pour le ruisseau Gibeault-Delisle, sont plus faibles que celles que l'on observe dans les cours d'eau dont le bassin versant est occupé par de plus grandes superficies de maïs et de soya (tableau 7).

**Tableau 7 Comparaison des concentrations médianes d'atrazine et de métolachlore avec des cours d'eau de bassins à dominance de maïs et de soya**

Rivière	Proportion cultivée du bassin versant		Concentrations médianes d'atrazine (µg/l)		Concentrations médianes de métolachlore (µg/l)	
	Mais (%)	Soya (%)	2006	2007	2006	2007
Chibouet	39	11	0,39	0,6	0,28	0,25
Des Hurons	32	14	0,27	0,42	0,165	0,2
Saint-Régis	21	15,5	0,32	0,31	0,44	0,22
Saint-Zéphirin	24	13	0,12	0,16	0,09	0,115
Gibeault-Delisle	14	2,5	0,04	0,05	0,05	0,03

Source : Giroux, 2009

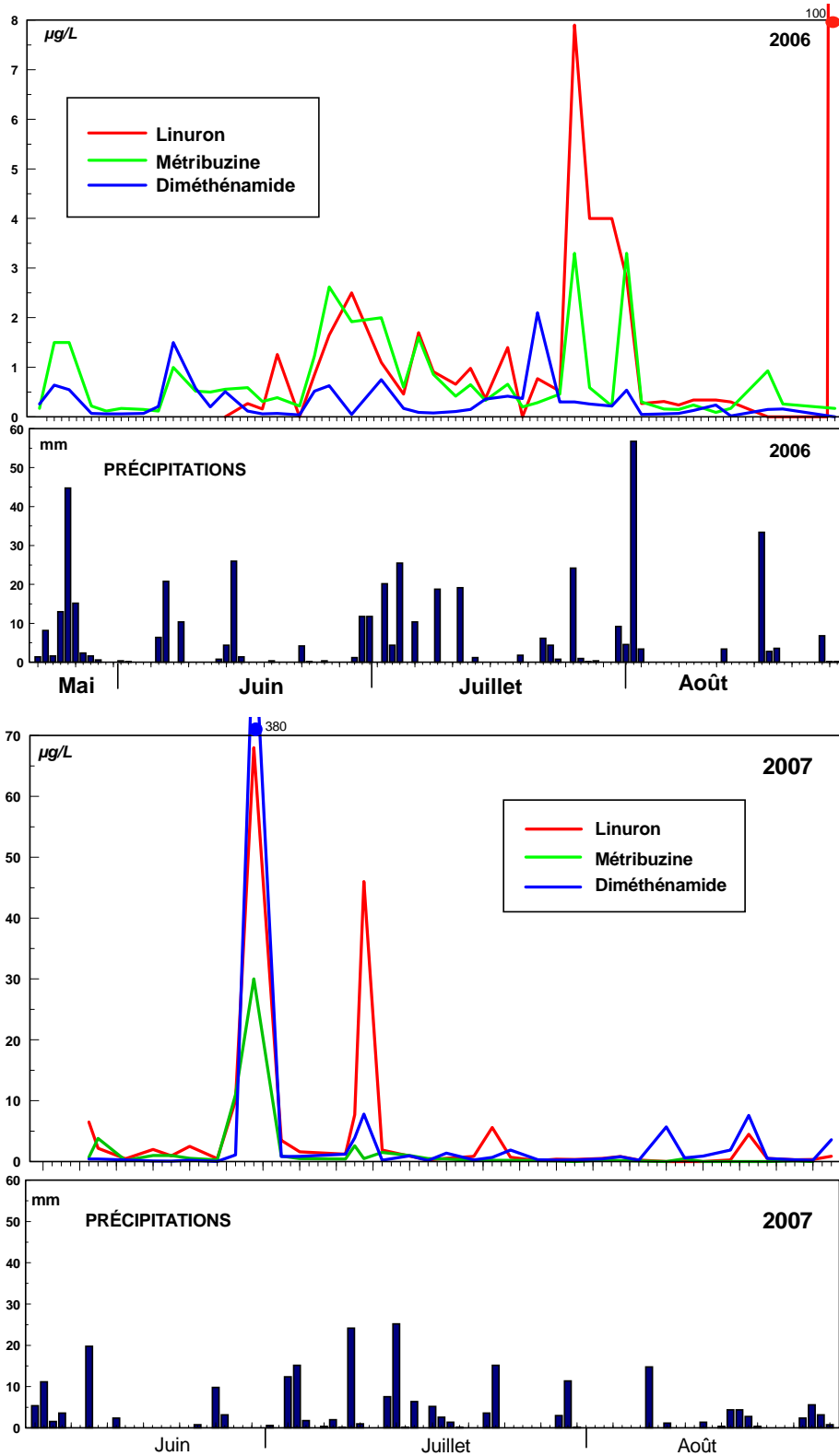


Figure 3 Concentrations de quelques herbicides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006

### 3.2 Insecticides

L'étude a révélé la présence continue d'insecticides dans le cours d'eau tout au long de la période culturale. Aucune situation similaire n'a été observée lors des nombreuses études portant sur le suivi des pesticides dans des zones de culture intensive mais non maraîchère.

Parmi les 13 insecticides trouvés dans l'eau du ruisseau (tableau 8), c'est le chlorpyrifos, le malathion, le phosmet et le diazinon qui ont été décelés le plus souvent. Le chlorpyrifos a été détecté dans l'ensemble des échantillons, et dans tous les cas, sa concentration dépasse à la fois le critère de vie aquatique chronique de 0,0035 µg/l et le critère de vie aquatique aigu de 0,027 µg/l (tableau 9). Ainsi, la concentration la plus élevée qui a été mesurée pour cet insecticide, soit 2,2 µg/l, dépasse de 81 fois le CVAA et de 628 fois le CVAC. De plus, on a aussi noté des dépassements pour le diazinon, le malathion et plusieurs autres insecticides. Le diazinon dépasse le CVAC dans 24 % des échantillons et le CVAA dans 10 % des échantillons. Le malathion dépasse le CVAC dans 18 % des échantillons. Quelques dépassements occasionnels ont aussi été observés pour le carbaryl, le perméthrine et le parathion.

**Tableau 8 Insecticides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007**

Insecticides	Échantillons prélevés	Fréquence de détection	Concentration maximale	Moyenne	Médiane
	(N <sup>bre</sup> )	(%)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Chorpyrifos		100	2,2	0,263	0,16
Malathion		33	22	0,478	0
Phosmet		33	250	3,431	0
Carbaryl		11	0,34	0,023	0
Diazinon		24	0,6	0,043	0
Lambda-cyhalothrine	82	13	3,2	0,06	0
Dichlorvos		7	0,52	0,018	0
Diméthoate		2	0,11	0,001	0
Carbofuran		4	0,55	0,009	0
Parathion		1	0,34	0,007	0
Perméthrine		2	0,68	0,009	0
Cyperméthrine		1	0,13	0,001	0
Imidacloprid		100	7,77	1,256	0,15
<i>l-guanidine</i>	7*	100	0,3	0,095	0,034
<i>l-urée</i>		43	0,054	0,012	0

\* Échantillons prélevés en 2006 seulement.

**Tableau 9 Dépassements des critères de vie aquatique chronique (CVAC) et des critères de vie aquatique aigus (CVAA) pour les insecticides détectés**

Insecticides	CVAC* (µg/l)	Fréquence (%)	CVAA* (µg/l)	Fréquence (%)
Chlorpyrifos	0,0035	100	0,027	100
Diazinon	0,004	24	0,064	10
Malathion	0,1	18	–	–
Carbaryl	0,2	2	–	–
Perméthrine	0,004	2	0,044	2
Parathion	0,013	1	0,065	1
Imidacloprid	0,23	43	8500	0

\* Source : MDDEP, 2009, critère de vie aquatique chronique et critère de vie aquatique aigu.

L'insecticide phosmet est présent dans 33 % des échantillons. Il n'y a pas de critère de qualité de l'eau pour ce produit, mais il a été décelé à une concentration de 250 µg/l. Cette forte concentration s'ajoute aux multiples dépassements de critères pour les autres pesticides.

Sept échantillons ont été prélevés en 2006 pour l'analyse de l'imidacloprid. Ce produit a été détecté dans tous les échantillons. Ces résultats exploratoires laissent croire que cet insecticide serait régulièrement présent dans le cours d'eau et qu'il peut parfois se trouver en concentrations élevées. En effet, 3 des 7 échantillons prélevés (43 %) renferment des concentrations qui dépassent le critère de 0,23 µg/l pour la protection de la vie aquatique. Les autres insecticides que l'on trouve à l'occasion sont le lambda-cyhalothrine, le dichlorvos, le diméthoate, le carbofuran et la cyperméthrine.

En général, les concentrations d'insecticides étaient plus fortes en 2006 qu'en 2007. Les pics de concentrations pour le chlorpyrifos, le phosmet et le malathion sont survenus à divers moments au cours de l'été 2006, même assez tôt en mai et juin. Les pointes les plus élevées ont été observées en juin et juillet 2006 et en juillet et août 2007.

Les courbes des concentrations d'insecticides sont très irrégulières (figure 4). Les pics de concentrations semblent survenir tantôt par temps sec, tantôt par temps pluvieux. Cette situation suggère que les insecticides pourraient être transportés parfois par ruissellement et lessivage lors des périodes de pluie et parfois par dérive aérienne et déposition dans le cours d'eau au moment de la pulvérisation des produits sur les champs. De plus, l'apport en eau pour l'irrigation des cultures pourrait aussi contribuer au transport des pesticides en période de temps sec.

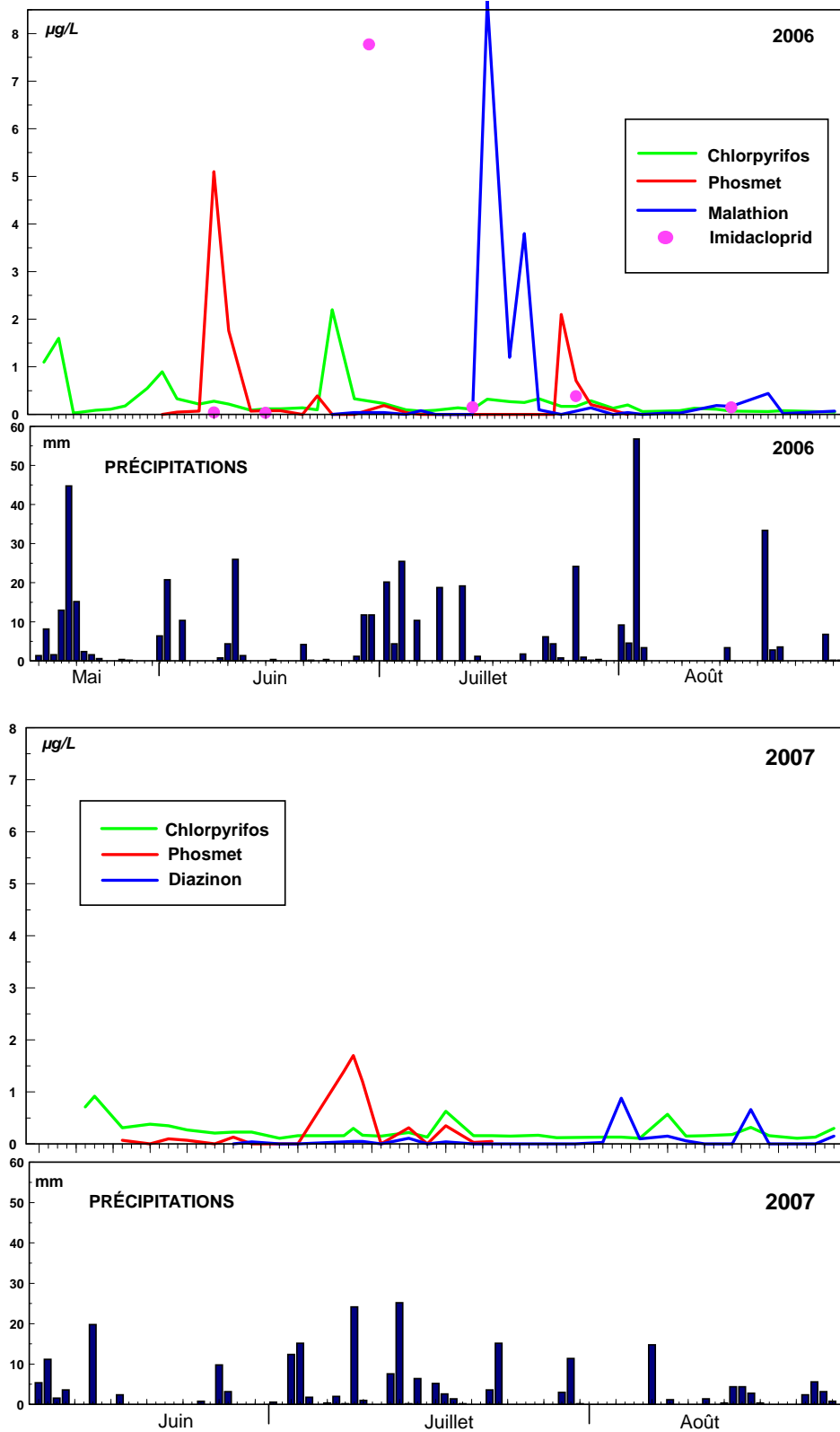


Figure 4 Concentrations de quelques insecticides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006 et 2007

### 3.3 Fongicides

Parmi les fongicides analysés, le chlorothalonil a été décelé dans 34 % des échantillons. Sa concentration dépasse le critère de qualité de l'eau de 0,18 µg/l dans 23 % des échantillons et le critère pour l'irrigation des cultures dans 2 % des cas (tableaux 10, 11 et figure 5).

Le ETU est un produit de la dégradation des fongicides de la famille des dithiocarbamates ou biscarbamates (mancozèbe, manèbe, zinèbe, thirame, métirame, etc.). Il était présent dans cinq des six échantillons prélevés à titre exploratoire en 2006. Cette détection fréquente et une concentration médiane plus élevée que la plupart des autres produits (supérieure à 1 µg/l) nous portent à croire que la concentration de ce produit dans le milieu aquatique est assez élevée. À l'heure actuelle, il n'existe pas de critère de qualité de l'eau pour ce produit, mais la valeur maximale mesurée dans le ruisseau (9,3 µg/l) est la concentration la plus élevée observée jusqu'à maintenant dans le cadre de nos programmes de suivi. Quant au dimétophène, il a été détecté dans 5 % des échantillons (seulement en 2007).

Plusieurs fongicides homologués pour usage dans les cultures de légumes n'ont pas été analysés dans le contexte de notre étude parce que les méthodes d'analyse de ces produits n'étaient pas disponibles à ce moment à notre laboratoire.

**Tableau 10 Fongicides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle en 2005, 2006 et 2007**

Fongicides	Échantillons prélevés	Fréquence de détection	Concentration maximale	Moyenne	Médiane
	(N <sup>bre</sup> )	(%)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Chlorothalonil	82	34	7,1	0,224	0
Dimétophène	82	5	1,1	0,027	0
ETU	6*	83	9,3	2,517	1,3

\*Échantillon prélevé en 2006 seulement

**Tableau 11 Dépassements du critère de vie aquatique chronique (CVAC) ou du critère pour l'irrigation des cultures dans le cas du chlorothalonil**

Fongicide	CVAC*	Fréquence	Critère pour l'irrigation des cultures**	Fréquence
	(µg/l)	(%)	(µg/l)	(%)
Chlorothalonil	0,18	23	5,8	2

\* Source : MDDEP, 2009, critère de vie aquatique chronique.

\*\*Source : CCME, 2006.



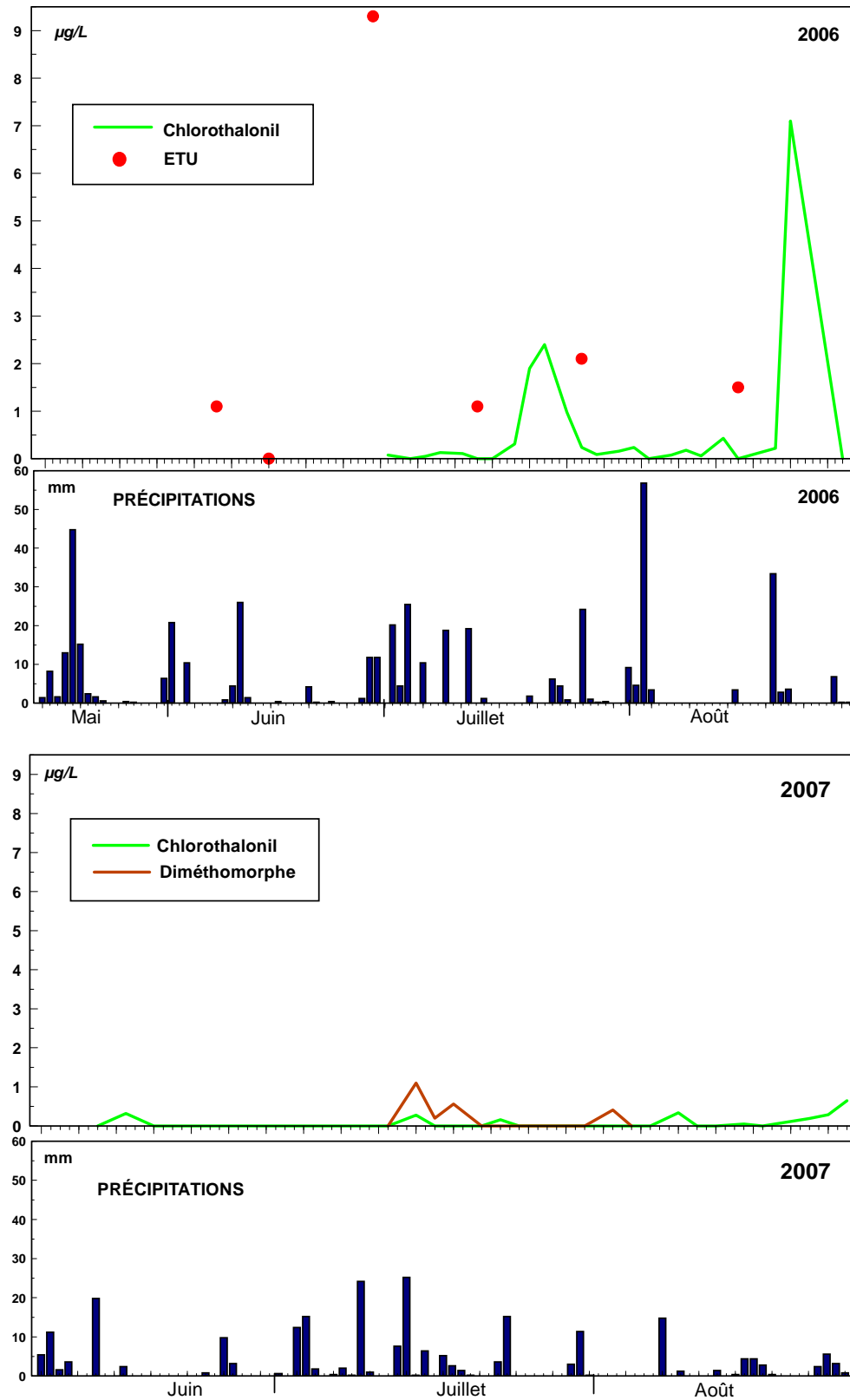


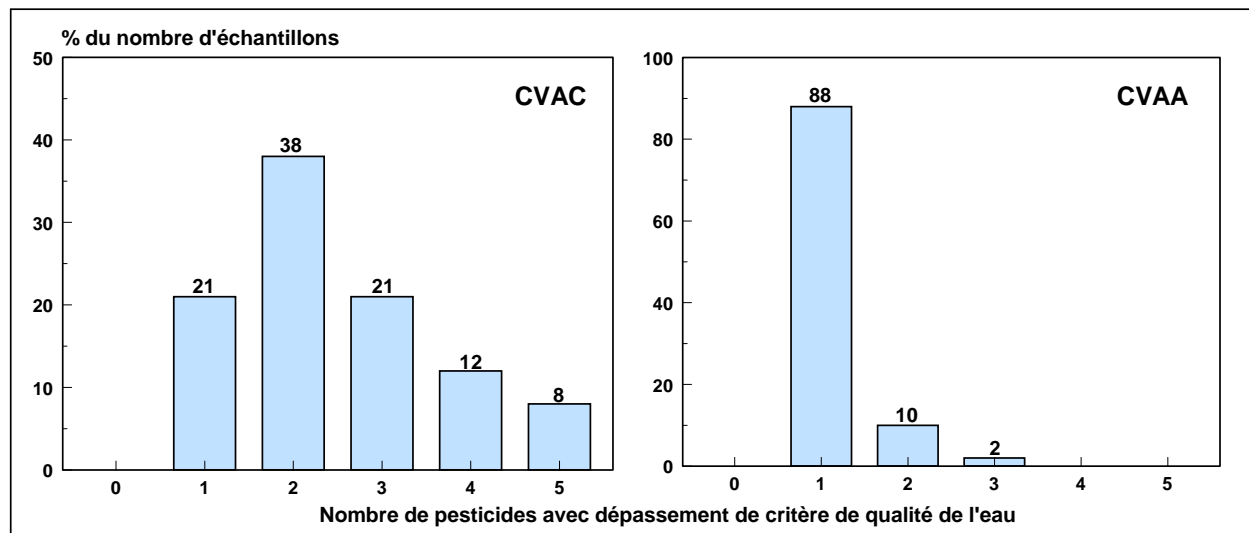
Figure 5 Concentrations de quelques fongicides dans le ruisseau Gibeault-Delisle et précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde en 2006 et 2007

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Présence conjuguée de plusieurs pesticides et dépassements des critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques

Dans les secteurs agricoles où l'on trouve des grandes cultures, il est fréquent de déceler plusieurs pesticides en même temps dans les cours d'eau. Même lorsqu'il y a peu d'échantillons qui dépassent les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique, ce constat demeure préoccupant car on ignore les effets additifs et synergiques des substances détectées sur les espèces aquatiques.

Les critères de qualité de l'eau sont actuellement établis en tenant compte d'une seule substance à la fois, dans certaines conditions spécifiques du milieu (pH, température et dureté de l'eau). Dans les cours d'eau des milieux agricoles, les organismes aquatiques sont exposés à de nombreux pesticides soit simultanément, soit de façon séquentielle. Le fait de considérer seulement les critères individuels de qualité de l'eau pourrait donc occasionner une sous-estimation des risques écotoxicologiques<sup>1</sup>.



**Figure 6 Pourcentage du nombre total d'échantillons en fonction du nombre de pesticides dont la concentration dépasse les critères de qualité pour la protection de la vie aquatique**

1. Depuis une dizaine d'années, des chercheurs ont élaboré des modèles pour estimer les risques associés à la présence, dans le milieu aquatique, de mélanges de plusieurs substances toxiques, dont les pesticides. Leurs recherches démontrent que l'on peut suspecter au minimum des effets additifs. Toutefois, l'application de ces modèles à l'interprétation des données collectées dans le contexte de réseaux de surveillance n'est pas chose courante. De plus, ces approches ne tiennent pas compte des possibles effets synergiques entre les produits ni des effets indirects sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. À cet égard, des suivis biologiques sont utiles pour mieux comprendre l'effet cumulatif global de ces mélanges et de l'ensemble des altérations du milieu.

La situation observée dans le ruisseau Gibeault-Delisle est préoccupante car tous les échantillons dépassent au moins un critère de qualité de l'eau. De plus, 79 % des échantillons renferment au moins deux substances qui dépassent simultanément les critères pour la protection des espèces aquatiques (figure 6 et annexe 3). Les communautés aquatiques de ce ruisseau sont sans aucun doute affectées par ce mélange de divers pesticides à des concentrations élevées.

Les concentrations de certains pesticides sont si élevées que des concentrations importantes sont aussi appréhendées dans le cours d'eau récepteur, soit le ruisseau Norton. À titre d'exemple, le chlorpyrifos est présent tout au long de l'été en concentration qui dépasse les critères de qualité de l'eau. Les concentrations les plus élevées (1,1 µg/l, 1,8 µg/l et 2,2 µg/l) dépassent de plusieurs fois le critère de vie aquatique aigu (40, 66 et 81 fois) et le critère de vie aquatique chronique (314, 514 et 628 fois). Comme le débit du ruisseau Norton n'est que de 40 à 47 fois supérieur à celui du ruisseau Gibeault-Delisle (annexe 1) et en supposant que le ruisseau Gibeault-Delisle constitue le seul apport en pesticides au ruisseau Norton, la dilution obtenue ne permettrait pas de respecter le CVAA du chlorpyrifos même dans le ruisseau Norton. Cette hypothèse pourrait aussi s'appliquer à d'autres pesticides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle.

Finalement, notons que le ruisseau Gibeault-Delisle est un petit cours d'eau et que cette étude révèle une présence importante de pesticides, mais à une échelle assez locale. Il importe toutefois de retenir que c'est la multitude de ces petits cours d'eau qui cause la pollution diffuse des plus grandes rivières situées en aval. D'ailleurs, on aurait tort de négliger l'importance collective des petits cours d'eau. Par exemple, en appliquant la classification de Strahler à l'ensemble du réseau de drainage des États-Unis, Léopold *et al* (1964) ont dénombré environ 1 570 000 cours d'eau d'ordre 1 et 350 000 cours d'eau d'ordre 2. Or, bien que ces cours d'eau soient relativement courts, à savoir 1,6 km et 3,7 km en moyenne pour les ordres 1 et 2 respectivement, lorsqu'ils sont mis bout à bout, ils représentent 48,4 % et 28,4 % de la longueur totale des cours d'eau américains. La même logique s'applique au bassin versant de la rivière Châteauguay pour lequel Pratte (2008) a dénombré quelque 1 000 cours d'eau d'ordre 1, 400 cours d'eau d'ordre 2 et 75 cours d'eau d'ordre 3. Rappelons qu'au site d'observation, le ruisseau Gibeault-Delisle est d'ordre 3.

## 4.2 Usages pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation des cultures

Les résultats d'analyse obtenus pour le ruisseau Gibeault-Delisle ont aussi été comparés aux normes applicables à l'eau potable et aux critères relatifs à l'irrigation des cultures pour les pesticides pour lesquels ces valeurs étaient disponibles.

Les limites tolérables à ne pas dépasser concernant la présence de pesticides dans l'eau potable sont respectées dans le ruisseau Gibeault-Delisle, du moins pour les pesticides mentionnés dans le Règlement sur la qualité de l'eau potable. De plus, comme il n'y a pas de prises d'eau potable dans ce ruisseau ni dans les autres cours d'eau en aval (ruisseau Norton, rivière des Anglais et rivière Châteauguay), l'approvisionnement en eau potable n'est pas compromis.

Puisque la production maraîchère dépend étroitement des conditions climatiques (Groupe Ageco, 2007), la plupart des cultures de légumes nécessitent une irrigation au cours de l'été. En Montérégie, 43 % des entreprises maraîchères s'approvisionnent en eau d'irrigation dans des étangs aménagés à la ferme et 24 % dans des rivières ou des lacs (Prévost *et al*, 2006). Deux aspects liés à la présence de pesticides dans les eaux d'irrigation peuvent susciter des préoccupations: la présence éventuelle de résidus de pesticides sur les produits récoltés et l'effet potentiel des pesticides sur le rendement des cultures (phytotoxicité).

Depuis quelques années, en raison du resserrement des critères de salubrité des fruits et des légumes frais, les producteurs maraîchers doivent respecter certaines exigences relatives à la qualité des eaux d'irrigation de même que certains délais entre l'application des pesticides et la récolte. Ces mesures visent à s'assurer que la quantité de résidus est assez faible au moment de la récolte pour garantir l'innocuité des aliments mis en marché. Plusieurs fermes de ce secteur disposent d'étangs aménagés et

selon les renseignements disponibles, le ruisseau Gibeault-Delisle n'est pas utilisé pour irriguer les cultures.

D'une manière générale, notons que certains pesticides, notamment des herbicides, peuvent affecter le développement des plants cultivés lorsqu'ils sont appliqués au mauvais moment ou qu'ils sont utilisés pour une culture non mentionnée sur l'étiquette du produit. Au cours de la période d'étude, il a été démontré que 77 % des échantillons d'eau prélevés dans le ruisseau dépassaient les critères pour les eaux d'irrigation, notamment en raison de la présence des herbicides linuron et métribuzine, et dans une moindre mesure, à cause de la présence des herbicides dicamba et MCPA et du fongicide chlorothalonil. Comme nous l'avons mentionné précédemment, il semble que le ruisseau Gibeault-Delisle ne soit pas utilisé pour l'irrigation, mais si c'était le cas, certaines cultures plus sensibles pourraient subir des dommages en raison des effets phytotoxiques de ces substances.

## **CONCLUSION**

En comparaison avec d'autres grandes cultures comme le maïs, le soya ou les céréales, les cultures maraîchères, en raison de la diversité des ennemis des cultures, utilisent de grandes quantités de pesticides par hectare cultivé. Les résultats de l'échantillonnage montrent une multitude de pesticides en concentrations élevées dans l'eau du ruisseau Gibeault-Delisle. Au total, 36 pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) ou produits de dégradation de pesticides ont été décelés dans le ruisseau.

Depuis que le ministère a commencé, en 1992, à suivre les pesticides dans les cours d'eau des milieux agricoles, c'est la première fois que des dépassements de critères de qualité de l'eau sont observés pour tous les échantillons prélevés dans un cours d'eau durant l'été. En effet, la concentration de 15 pesticides dépasse les critères de qualité de l'eau. Les principaux sont les insecticides chlorpyrifos, malathion, phosmet et imidacloprid et les herbicides métribuzine, linuron et diméthénamide. L'ampleur des dépassements des critères de qualité de l'eau est parfois importante, notamment dans le cas du chlorpyrifos dont la concentration maximale est 81 fois plus élevée que la valeur du critère de vie aquatique aigu.

Les concentrations élevées d'insecticides, en particulier de chlorpyrifos, pourraient avoir des impacts sur les espèces aquatiques du ruisseau Gibeault-Delisle et sur celles du ruisseau Norton où il se déverse. De plus, l'action conjuguée de plusieurs pesticides dont les concentrations dépassent simultanément les critères de qualité de l'eau est préoccupante.

Cette étude a permis de documenter la présence de pesticides dans un cours d'eau dont une partie importante du bassin versant est occupée par des cultures maraîchères. À une échelle locale, elle a aussi permis de mettre en lumière des concentrations élevées de pesticides susceptibles d'avoir des impacts importants sur les espèces des milieux aquatiques situés au voisinage des cultures maraîchères. Par contre, il n'y a pas d'usage connu du ruisseau pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation des cultures.

## BIBLIOGRAPHIE

ANCTIL, F., 2008. *L'eau et ses enjeux*, Les presses de l'Université Laval, Éditions De Boeck Université, Québec, Canada, 228 p.

CCME, 2006. *Canadian Environmental Quality Guidelines*, Canadian Council of Ministers of the Environment, Update 6.

CCME, 2008. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique*, extrait de la publication n° 1300, ISBN 1-896997-36-8, 10 p.

CÔTÉ, M.-J., Y. LACHANCE, C. LAMONTAGNE, M. NASTEV, R. PLAMONDON, N. ROY, 2006. *Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay*, collaboration avec la Commission géologique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifique – Eau, Terre et Environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 64 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 2009. Données climatiques en ligne, rapport de données quotidiennes, rapport consulté le 23 juin 2009, [http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/dailydata\\_f.html](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/dailydata_f.html)

GIROUX, I., 2010. *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2005, 2006 et 2007 et dans des réseaux de distribution d'eau potable*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-57923-6 PDF, 78 p.

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

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

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2002. *Répertoire des principaux pesticides utilisés au Québec*, ministère de l'Environnement et Institut national de santé publique du Québec, Les Publications du Québec, ISBN 2-551-16754-X, 476 p.

GROUPE AGEKO, 2007. *Portrait et priorités du secteur maraîcher québécois*, rapport réalisé pour la Fédération des producteurs maraîchers du Québec, 39 p.

LEOPOLD, L.B., M.G. WOLMAN, J.P. MILLER, 1964. *Fluvial Processes in Geomorphology*, W.H Freeman, San Francisco, USA, 522 p.

MAPAQ, 2006. *Profil bioalimentaire de la Montérégie*, réalisé par AGEKO pour le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, ISBN 2-550-4519-9, n° de publication 06-0017, 102 p.

MDDEP, 2009. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, disponible au [www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.htm](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm).

PRATTE, A., 2008. *Relation entre variables morphométriques et données hydrogéologiques, bassins versants des rivières Châteauguay et Beauvillage, Québec*, mémoire de maîtrise, Université Laval, 106 p.

PRÉVOST, R., L. TARDY, Y. DOUVILLE, 2006. *Inventaire des problématiques environnementales spécifiques au secteur maraîcher québécois*, Fédération des producteurs maraîchers du Québec, Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 80 p.

PRISME, 2006. *Inventaire des pesticides utilisés par les producteurs membres du Club-conseil PRISME.*

PRISME, 2009a. Culture de l'oignon, site Internet consulté le 26 octobre 2009. <http://www.prisme.ca/oignon.asp>

PRISME, 2009b. Culture de la carotte, site Internet consulté le 26 octobre 2009. <http://www.prisme.ca/carotte.asp>

PRISME, 2009c. Pomme de terre, site Internet consulté le 26 octobre 2009. [http://www.prisme.ca/pomme\\_de\\_terre.asp](http://www.prisme.ca/pomme_de_terre.asp)

## ANNEXE 1 COORDONNÉES DE LA STATION D'ÉCHANTILLONNAGE DU RUISSEAU GIBEAULT-DELISLE, PRÉCIPITATIONS ET DÉBITS

### A. Coordonnées de la station du ruisseau Gibeault-Delisle

Description de la station	Coordonnées NAD 83
Près du Grand Rang à Sainte-Clotilde de Châteauguay, à environ 0,75 km au nord-est de l'intersection avec le 1 <sup>er</sup> Rang	403186 Est 144632 Nord

### B. Précipitations mensuelles totales à la station météorologique de Sainte-Clotilde

Les précipitations enregistrées à la station météorologique de Sainte-Clotilde (Environnement Canada, 2009) ont été plus importantes en 2006 qu'en 2007. Il est généralement reconnu que l'importance et l'intensité des précipitations peuvent influencer les mécanismes de transport des pesticides vers les cours d'eau.

#### Précipitations mensuelles totales (mm) enregistrées à la station de Sainte-Clotilde en 2006 et 2007

Année	Mai	Juin	Juillet	Août
2006	131,2	114	91,8	115,2
2007	54,6	71,2	110	44

### C. Moyenne mensuelle des débits aux stations du ruisseau Gibeault-Delisle et du ruisseau Norton à Sainte-Clotilde-de-Châteauguay (m<sup>3</sup>/s)

Station	Mai	Juin	Juillet	Août
Gibeault-Delisle	0,0549	0,1068	0,1011	0,0257
Norton	6,82	4,348	4,053	1,210
Facteur de dilution	124	41	40	47

## **ANNEXE 2 DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ANALYSE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ**

### ***CPPROP : Pesticides organophosphorés, triazines, carbamates, urées substituées, phthalimides et pyréthriinoïdes***

L'extraction de ces composés est de type liquide-liquide. Dans un premier temps, les pesticides sont extraits de l'échantillon avec 50 ml de dichlorométhane (fortifié avec deux étalons d'échantillonnage : propoxur et 2,3,5-trichlorobiphényle) directement sur le site de l'échantillonnage. Par la suite, deux autres extractions avec du dichlorométhane sont effectuées en laboratoire. L'extrait est réduit à un petit volume et est ensuite concentré sous un jet d'argon.

Les pesticides sont séparés sur une colonne de chromatographie en phase gazeuse (HP-5MS). Le détecteur utilisé est un spectromètre de masse. Un contrôle de la qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'étalons d'extraction (atrazine-d<sub>5</sub> et décachlorobiphényle) et d'étalons d'injection (terbutryne, octachlorobiphényle et iprodion).

### ***Phénoxyacides***

L'échantillon est acidifié à l'aide de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 N par litre d'eau) pour obtenir un pH inférieur à 2 afin de favoriser la forme non ionisée des acides. Les aryloxyacides sont extraits sur une colonne de type octadécyle (C18) et élués à l'aide d'un mélange de dichlorométhane et de méthanol. L'éluat recueilli est évaporé à sec sous atmosphère d'argon et estérifié avec une solution de diazométhane.

Les pesticides dérivés sont ensuite purifiés sur une colonne de gel de silice et transférés dans l'acétate d'éthyle. Ils sont analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse en mode de balayage d'ions. Le temps de rétention et un groupe d'ions caractéristiques permettent d'identifier chacun des composés présents. Un contrôle de qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide de marqueurs isotopiques (dicamba-d<sub>3</sub> et 2,4-D-d<sub>3</sub>) utilisés comme étalons d'extraction, de deux étalons d'injections (1,3,5-tribromobenzène et 2,3,3',4,6-pentachlorobiphényle) et d'un étalon de dérivation (2,3-D). De plus, dans chaque série d'analyse, un blanc de méthode et un matériau de référence certifié sont analysés.

### ***Glyphosate***

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

L'extrait est filtré sur 0,45 µm. La quantification est réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase liquide muni d'une colonne chromatographique de type anionique. Le système est muni d'un réacteur après la colonne. La réaction consiste en une hydrolyse à l'aide d'une solution d'hypochlorite de calcium suivie d'un ajout d'OPA-thiofluor qui réagit avec l'amine primaire formée précédemment, ce qui produit un composé fluorescent qui est détecté à l'aide d'un détecteur approprié.



### **Imidacloprid et ses produits de dégradation**

On effectue une extraction liquide-solide dans l'échantillon à l'aide d'une cartouche C<sub>18</sub>. L'élution des composés d'intérêt est effectuée à l'aide de méthanol acidifié contenant du diéthylamine. Après une évaporation à sec, l'extrait est recomposé dans la phase mobile contenant l'étalon d'injection, soit l'atrazine-d<sub>5</sub>. La quantification est réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem (LC-MS/MS), en mode MRM (*multiple reaction monitoring*). La colonne chromatographique est de type C<sub>8</sub>. L'étalon d'extraction utilisé est le tébutiuron.

### **Diquat et paraquat**

Le diquat et le paraquat sont extraits de l'échantillon basique par passage au travers d'une colonne de type octadécyle (C<sub>18</sub>). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués à l'aide d'un tampon en milieu acide. Le dosage est effectué par chromatographie en phase liquide, selon la technique du pairage d'ions, sur une colonne C<sub>8</sub>. La détection se fait en UV-VIS, à longueurs d'onde spécifiques.

### **Éthylènthiourée (ETU)**

Pour l'ETU, 50 ml de l'échantillon sont transférés dans un contenant de plastique auquel sont ajoutés du chlorure d'ammonium (NH<sub>4</sub>Cl) et du fluorure de potassium (KF). L'étalon d'extraction utilisé est le 3,4,5,6 tetrahydro-2-pyrimidinethiol. Le composé est ensuite extrait de l'échantillon en le faisant passer au travers d'une colonne de type EXTRELUT QE. Il est élué avec du dichlorométhane. L'éluat recueilli est concentré à faible volume. Le standard d'injection (terbutryne dans dithiothréitol) est ajouté et le volume ajusté à 500 µL avec un mélange d'acétate d'éthyle et de dithiothréitol. Un volume de 100 µL est prélevé et évaporé à sec sous atmosphère d'argon. L'échantillon est reconstitué dans une solution de méthanol : eau (80 : 20) à 0,1 % d'acide formique et filtré sur filtre de nylon (0,45 µm).

L'ETU est dosé par chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse (LC-MS). La chromatographie est réalisée à l'aide d'une colonne X-Terra C<sub>18</sub> 3,5 µm de 2,1 mm x 100 mm. La concentration de l'échantillon est déterminée en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

Pour chacune des séries d'échantillons analysés, un blanc de méthode et un matériel de référence certifié sont insérés et analysés avec les échantillons. La concentration des pesticides dans l'échantillon est déterminée en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon avec celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

### **Présence d'un produit de dégradation du linuron**

Lors de l'examen et de l'interprétation des résultats, il est apparu que les résultats fournis dans les rapports d'analyse comme étant du diuron n'étaient pas plausibles. En effet, ces résultats révélaient que de fortes concentrations de diuron avaient été détectées, alors qu'aucun usage de ce produit n'était noté dans le bassin versant étudié. À cette étape, on a suggéré que le produit détecté était peut-être un produit de dégradation du linuron, car les courbes de concentrations de ces deux substances (linuron et diuron) étaient identiques tout au long de l'été.

Après vérification en laboratoire, le CEAEQ a confirmé que le produit initialement reconnu comme du diuron était plutôt de l'isocyanate de 3,4-dichlorophényle, un produit de dégradation du linuron et du diuron. Ce produit serait en partie ou en totalité formé lors de l'analyse, lorsque l'extrait est injecté dans un injecteur de type *split/splitless* chauffé à 250 °C. La proportion exacte de linuron qui serait transformé en isocyanate de 3,4-dichlorophényle est difficile à établir. Sur la base des essais de vérification effectués par la suite avec des échantillons standards de laboratoire, le CEAEQ estime que cette proportion pourrait

se situer entre 25 % et 40 %, mais qu'elle pourrait aussi être plus élevée. La complexité de la matrice affecte et fait varier le pourcentage de dégradation du linuron à l'injection.

On a aussi vérifié l'hypothèse selon laquelle l'isocyanate de 3,4-dichlorophényle serait présent comme résidus de synthèse dans le produit mis en marché et qu'il serait épandu aux champs en même temps que le linuron. La loi américaine sur la mise en marché des pesticides exige que les fabricants indiquent sur l'étiquette, en plus de l'ingrédient actif prévu dans la composition du produit, la proportion de tout ingrédient chimique toxique que contient le produit commercialisé. L'isocyanate de 3,4 dichlorophényle répondrait à ce critère, mais le produit n'est pas mentionné sur les étiquettes américaines. Les informations recueillies laissent donc croire que la totalité de l'isocyanate de 3,4 dichlorophényle proviendrait de la dégradation du linuron au moment de l'analyse. Ceci implique que les concentrations de linuron mesurées pourraient être sous-estimées, en considérant le fait qu'une partie s'est dégradée lors de l'analyse et que la fraction dégradée ne peut être reconvertie en linuron puisque le taux de dégradation n'est pas constant ni reproductible.



## ANNEXE 3 CONCENTRATIONS DE PESTICIDES DANS LE RUISSEAU GIBEAULT-DELISLE EN 2007 (DONNÉES BRUTES) - SUITE

	Juin											Juillet											Août															
	4	5	8	11	13	15	18	20	22	25	27	2	3	4	6	9	11	13	16	18	20	23	25	27	30	1	3	6	8	10	13	15	17	20	22	24		
<b>HERBICIDES</b>																																						
Métribuzine		3,8	0,2		1	0,53	0,28	11	< 40	0,91	0,5	0,42	2,6	0,49	1,5	1	0,5	0,43	0,28	0,19	0,19	0,18	0,12	-	0,25	0,17	0,09	-	0,48	-	-	-	-	0,12	-	-		
Linuron	6,5	2,2	0,47	2	0,96	2,5	0,49	10	68	3,5	1,6	1,2	7,7	46	1,9	0,89	0,28	0,54	0,85	5,6	0,71	0,16	0,39	0,34	0,51	0,82	0,24	-	-	-	0,27	4,5	0,51	0,3	0,35	0,86		
3,4-Dichlorophénylisocyanate	2,5	1,1	0,27	1,4	0,77	2,8	0,52	6,2	38	5,1	4,4	3,1	3,9	21	1,6	2,6	0,77	3	1,3	5,2	1,6	1,5	1,6	1,5	1,4	1,6	1,1	2,3	1,5	2	1,8	1,5	0,81	1,2	1,3	2,3		
Diméthénamide	0,4	0,43	0,27	0,09	0,08	0,21	0,04	1,1	380	0,83	0,84	1,2	3,9	7,8	0,23	0,96	0,18	1,4	0,28	0,69	1,9	0,31	0,24	0,28	0,45	0,8	0,23	5,7	0,61	0,92	1,9	7,6	0,51	0,3	0,21	3,6		
Atrazine	0,17	0,54	0,05	0,05	0,05	0,04	0,15	0,48	0,16	0,31	0,17	0,26	3	0,17	0,51	0,25	0,54	0,26	0,16	0,07	0,05	0,06	0,04	0,022	0,05	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Dééthyl-atrazine	0,03	0,18	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	0,04	0,2	-	0,11	0,05	0,11	0,08	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Métolachlore	0,05	0,61	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,1	0,08	0,17	0,08	0,26	4,2	0,16	0,14	0,09	0,4	0,34	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
EPTC	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,23	0,03	-	0,05	0,21	0,03	0,07	-	0,05	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Trifluraline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Simazine	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>INSECTICIDES</b>																																						
Chlorpyrifos	0,71	0,92	0,31	0,38	0,35	0,27	0,21	0,23	0,23	0,11	0,16	0,16	0,3	0,17	0,15	0,22	0,13	0,63	0,16	0,16	0,15	0,17	0,12	0,16	0,13	0,13	0,11	0,57	0,15	0,16	0,18	0,32	0,16	0,11	0,13	0,3		
Malathion	-	-	0,11	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	-	-	-	-	-	0,46	0,03	-	-	-	-	-	0,27	-	-	-	-	0,04	-	
Phosmet	-	-	0,07	-	0,1	0,07	-	0,13	-	-	-	1,4	1,7	1,2	-	0,31	-	0,35	0,03	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,04	0,05	0,05	-	0,11	-	0,04	-	-	-	-	-	-	0,03	0,88	0,1	0,15	0,06	-	-	0,66	-	-	-	0,15	-	
Dichlorvos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	0,51	-	-	0,52	0,18	-		
Diméthoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbofuran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0,14	-	-	-	-	-	-	-	
Cyhalothrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,59	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	0,04	-	0,06	0,3	-		
Permethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68	-	
Cyperméthrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	
<b>FONGICIDES</b>																																						
Chlorothalonil	-	-	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-	-	0,34	-	-	0,05	-	1,1	0,19	0,29	0,65	-	
Dimétomorphé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	0,2	0,56	-	-	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

■ Dépassement critère vie aquatique chronique (CVAC)

■ Dépassement critère irrigation cultures

- Paramètre non détecté

Note : Le 3,4 dichlorophenyl isocyanate est un des produits de dégradation du linuron formé par le chauffage lors de l'analyse. Il ne s'agit pas d'un produit présent dans le ruisseau.