

## Bilan sur la présence d'hexazinone dans des cours d'eau près de bleuetières du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Mars 2008



Développement durable,  
Environnement  
et Parcs

Québec 

**Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008**

ISBN 978-2-550-52437-3 (PDF)  
© Gouvernement du Québec, 2008

---

## ÉQUIPE DE TRAVAIL

<b>Rédaction et coordination</b>	Isabelle Giroux <sup>1</sup>
<b>Planification de l'échantillonnage</b>	Isabelle Giroux <sup>1</sup> Isabelle St-Gelais <sup>2</sup> Line Bégin <sup>3</sup>
<b>Échantillonnage</b>	Marie-Julie Laperrière <sup>1</sup> Jean-François Boily <sup>2</sup> Yvon Doucet <sup>4</sup>
<b>Révision scientifique</b>	Line Bégin <sup>3</sup> Sylvain Dion <sup>3</sup> Isabelle St-Gelais <sup>2</sup> Luc Boily <sup>2</sup> Isabelle Guay <sup>1</sup> Omer Gauthier <sup>5</sup> Danielle Bernier <sup>6</sup>
<b>Analyse de laboratoire</b>	Danielle Thomassin <sup>7</sup> Philippe Cantin <sup>7</sup> Steeve Roberge <sup>7</sup>
<b>Cartographie</b>	Serge Poirier <sup>1</sup>
<b>Traitement de texte</b>	Louise Godbout <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 675, boul. René-Lévesque Est, 7<sup>e</sup> étage, Québec (Québec) G1R 5V7.

<sup>2</sup> Ministère du Développement durable de l'Environnement et des parcs, Direction régionale du centre de contrôle environnemental Saguenay–Lac-Saint-Jean, 3950, boul. Harvey, 4<sup>e</sup> étage, Jonquière (Québec) G7X 8L6.

<sup>3</sup> Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, 675, boul. René-Lévesque Est, 9<sup>e</sup> étage, Québec (Québec) G1R 5V7.

<sup>4</sup> Accompagnateur

<sup>5</sup> Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction régionale du Saguenay–Lac-Saint-Jean, 3950, boul. Harvey, Jonquière (Québec) G7X 8L6.

<sup>6</sup> Agronome, malherbologiste, Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 200, chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1R 4X6.

<sup>7</sup> Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Direction de l'analyse et des études de la qualité du milieu, 2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8.

---

## TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE TRAVAIL .....	iii
TABLE DES MATIÈRES .....	iv
CONTEXTE .....	1
- Les bleuetières .....	1
- L'hexazinone .....	1
- Contexte et objectif de l'échantillonnage .....	2
MATÉRIEL ET MÉTHODE .....	2
RÉSULTATS .....	5
- Hexazinone .....	5
- Valeurs guides pour l'interprétation .....	5
- Profil des concentrations .....	6
- Autres descripteurs de la qualité de l'eau des rivières .....	6
- Hexazinone dans les lacs .....	6
DISCUSSION .....	10
- Incidence possible sur le milieu aquatique .....	10
CONCLUSION .....	13
RÉFÉRENCES .....	14

### LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Rivières et plan d'eau échantillonnés pour l'hexazinone au cours de l'été 2007 .....	3
Tableau 2	Superficie du bassin et débit estival des rivières retenues pour l'échantillonnage .....	3
Tableau 3	Concentrations d'hexazinone ( $\mu\text{g/l}$ ) dans quelques rivières du Saguenay–Lac-saint-Jean en 2007 .....	7
Tableau 4	Concentrations des paramètres conventionnels de la qualité de l'eau dans les six rivières échantillonnées .....	9
Tableau 5	Concentrations d'hexazinone et de ses métabolites dans les lacs 1 et 3, en 2007 .....	10

### LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Superficies en bleuetières au Saguenay–Lac-Saint-Jean .....	2
Figure 2 :	Localisation des stations d'échantillonnage et des bleuetières .....	4
Figure 3 :	Concentrations ( $\mu\text{g/l}$ ) d'hexazinone dans cinq rivières du Saguenay–Lac-Saint-Jean, été 2007 .....	8
Figure 4 :	Relation entre les concentrations d'hexazinone et les précipitations .....	11
Figure 5 :	Localisation des secteurs accessibles à la ouananiche .....	12

---

## CONTEXTE

### Les bleuétières

Au Québec, on dénombre 355 producteurs de bleuets nains (semi-cultivés), dont 286 au Saguenay-Lac-Saint-Jean. Depuis 1991, les superficies en bleuétières ont connu une progression continue (figure 1). En 2006, les superficies aménagées en bleuétières étaient de l'ordre de 22 600 ha, dont 20 500 ha en bleuétières productives (Gagnon, 2007). Les plus grandes superficies sont situées dans les municipalités de Saint-Félicien, Normandin, Girardville, L'Ascension, Labrecque, Sainte-Jeanne-d'Arc, Saint-Augustin et Bégin, mais de petites bleuétières se trouvent aussi dans plusieurs autres municipalités (figure 2).

La majorité des exploitants de bleuétières produisent sur des terres privées. Ces bleuétières privées sont généralement de petite dimension et représentent au total 36 % des superficies (Gagnon, 2007) en bleuétières de la région. Les plus grandes bleuétières sont exploitées par des coopératives sur des lots des terres publiques intramunicipales, concédés en location par les MRC. Donc, 64 % des superficies en bleuétières du Saguenay-Lac-Saint-Jean sont sur des terres publiques (Gagnon, 2007).

La culture des bleuets se fait habituellement avec une rotation de trois ans. La première année, le plant de bleuets est en croissance végétative et n'est pas productif. Les récoltes s'effectuent au cours de la deuxième et de la troisième années. Pour s'assurer d'une récolte continue et relativement stable, les producteurs ont donc des champs à différents stades de développement. En général, après trois ans, les plants sont brûlés ou fauchés pour favoriser leur régénération l'année suivante.

### L'hexazinone

L'hexazinone est un herbicide systémique utilisé pour contrôler la végétation compétitrice (kalmia, comptonie boréale, aulnes, etc.) dans la bleuétière en régénération. Dans une gestion de culture sur trois ans, l'hexazinone est principalement utilisé au printemps, le plus souvent en mai ou juin, sur les champs brûlés ou fauchés l'automne précédent. Il est appliqué avant le débourrement du plant de bleuets. L'application peut se faire sur toute la surface ou par applications localisées. L'hexazinone est vendu sous les appellations commerciales de VELPAR ou PRONONE. Le PRONONE est une formulation granulaire, tandis que le VELPAR est une poudre soluble.

L'humidité du sol favorise la diffusion du produit dans la zone racinaire où les plantes compétitrices l'absorbent pendant leur période de croissance active. Bien qu'une certaine humidité soit requise pour une bonne diffusion du produit, il n'est cependant pas recommandé de l'appliquer juste avant de très fortes pluies.

L'hexazinone est très soluble dans l'eau puisque sa solubilité est de 33 000 mg/l. En comparaison, la solubilité de l'atrazine, un herbicide détecté très souvent dans les rivières en milieu agricole, est de 33 mg/l. L'hexazinone est faiblement adsorbé aux particules du sol. Son coefficient d'adsorption sur le carbone organique ( $K_{oc}$ ) est de 54 (Kamrin, 1997). Il se dégrade principalement par l'action des microorganismes du sol (biodégradation) (ARLA, 2007), mais cette dégradation s'effectue lentement et le produit peut persister assez longtemps dans le sol. Sa demi-vie est de 216 jours dans les loams sablonneux non stériles (ARLA, 2007). Sa grande solubilité, son faible potentiel d'adsorption et sa persistance élevée dans le sol en font un produit très mobile dans l'environnement. Selon l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA), l'hexazinone présente les caractéristiques d'une substance qui peut se retrouver dans l'eau souterraine (ARLA, 2007).

L'hexazinone peut se dégrader en huit métabolites différents, identifiés de A à H. Toutefois, seul le métabolite B serait toxique pour les plantes et ne présenterait que 1 % de la toxicité de l'hexazinone (Tu *et al.*, 2001)

Comme les superficies en bleuétières (figure 1), les ventes d'hexazinone sont aussi en hausse ces dernières années. Selon le bilan des ventes de pesticides effectué par le Ministère, les ventes moyennes d'hexazinone ont augmenté d'environ 20 % pour la période de 2000 à 2004 par rapport à la période de 1992 à 1997 (Gorse, 2007).

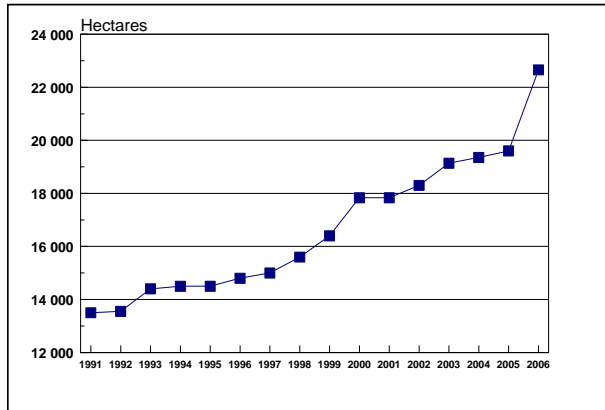


Figure 1. Superficies en bleuétières au Saguenay–Lac-Saint-Jean (Source : MAPAQ, Alma, 2007)

### Contexte et objectif de l'échantillonnage

En 2002, un programme d'échantillonnage montrait la présence de l'hexazinone dans plusieurs prises d'eau potable échantillonnées dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Les teneurs étaient faibles et respectaient les valeurs de référence pour l'eau potable, mais la présence du produit dans les eaux souterraines et de surface confirmait tout de même sa grande mobilité. Les résultats révélaient alors sa présence dans quelques plans d'eau de surface, soit dans la Petite rivière Péribonka à Sainte-Jeanne-d'Arc (0,08 µg/l à 0,13 µg/l) et dans quelques lacs réservoirs à Saint-Eugène, Saint-Méthode et Dolbeau-Mistassini (Giroux, 2003)

Le lac Saint-Jean et ses tributaires abritent des écosystèmes diversifiés. Parmi les différentes espèces présentes, la ouananiche, une espèce de salmonidé, est hautement prisée pour la pêche sportive. Au cours des dernières années, les spécialistes ont observé, à quelques reprises, une importante diminution de l'abondance des reproducteurs, ainsi qu'une baisse marquée de la récolte sportive de cette espèce (MRNF, 2002). Plusieurs hypothèses, telles que le prélèvement excessif par les pêcheurs sportifs, les fluctuations des populations d'éperlans ou de l'abondance du plancton, sont avancées pour expliquer ces diminutions.

En 2006, l'État du Maine publiait un rapport sur les effets potentiels de la production de bleuets sur les populations de saumon atlantique. Selon les auteurs, l'utilisation de l'hexazinone pourrait avoir une influence négative sur les populations de saumon (Environment Maine, 2006).

L'actuel programme d'échantillonnage vise à vérifier la présence de l'hexazinone dans quelques rivières, tributaires du lac Saint-Jean, drainant des zones de

bleuétières et d'estimer si les concentrations mesurées sont susceptibles d'affecter les espèces aquatiques.

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

Au cours de l'été 2007, des échantillons ont été prélevés dans six rivières et deux lacs de la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean dans des secteurs drainant d'importantes zones de bleuétières. Le tableau 1 présente les coordonnées des six stations d'échantillonnage en rivière et la figure 2, leur localisation.

Les rivières Ashuapmushuan et Mistassini sont de grandes rivières avec un débit important. La rivière aux Rats (affluent de la Mistassini), la Petite rivière Péribonka et la Ticouapé sont des rivières intermédiaires. Le ruisseau Pouliot est un petit cours d'eau qui se déverse dans la rivière Mistook, laquelle s'écoule vers la Grande Décharge à proximité du secteur de Delisle (ville d'Alma). La superficie des bassins versants, le débit moyen estival de ces rivières et la proportion en bleuétières dans chaque bassin sont présentés au tableau 2.

Les échantillons ont été prélevés à partir d'un pont, à l'aide d'un support métallique sur lequel sont fixées les bouteilles. Pour la rivière Ashuapmushuan, les échantillons ont été prélevés à partir de la rive au moyen d'une perche. Pour la rivière Mistassini, les échantillons ont été recueillis en embarcation au centre de la rivière (photos 1 à 4). Les deux lacs ont été échantillonnés à gué.

Toutes les rivières ont été échantillonnées 1 fois par semaine, du 4 juin au 13 août 2007, pour un total de 11 échantillons par rivière. Trois fois durant l'été (18 juin, 17 juillet et 13 août), des échantillons complémentaires ont été prélevés pour l'analyse de paramètres conventionnels. Ces paramètres sont le phosphore total dissous, le phosphore total en suspension, l'azote ammoniacal, les nitrites et nitrates, la turbidité, les solides en suspension et les coliformes fécaux.

Les analyses ont été effectuées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. L'hexazinone est extrait de l'échantillon avec du chloroforme. L'extrait organique est concentré à faible volume sous atmosphère d'azote. L'extrait est ensuite injecté dans un chromatographe en phase gazeuse, couplé à un spectromètre de masse (GC-MS) pour quantification et confirmation. L'atrazine-D5 est utilisée comme étalon d'extraction et le 3,3',5,5'-

**Tableau 1. Rivières et plan d'eau échantillonnés pour l'hexazinone au cours de l'été 2007**

RIVIÈRES	DESCRIPTION DE LA STATION D'ÉCHANTILLONNAGE	COORDONNÉES DE LA STATION <sup>1</sup>
Ashuapmushuan	Au camping Chutes-à-l'Ours (Normandin)	18U 05404498.0 / 678640.0
Mistassini	À l'embouchure (secteur du Bôme, Saint-Méthode)	18U 05400745.0 / 695877.0
Aux Rats	Au pont à Saint-Eugène-d'Argenteau	18U 05428455.0 / 698439.0
Petite Péribonka	Au pont à Sainte-Jeanne-d'Arc	18U 05416562.0 / 713989.0
Ticouapé	Au pont à Saint-Méthode	18U 05400480.0 / 690336.0
Ruisseau Pouliot	À l'Ascension-de-Notre-Seigneur	19U 05394713.0 / 308203.0

<sup>1</sup> Coordonnées géoréférencées UTM NAD83

**Tableau 2. Superficie du bassin et débit estival des rivières retenues pour l'échantillonnage**

RIVIÈRES	SUPERFICIES (km <sup>2</sup> )			PROPORTION EN BLEUETIÈRES PAR BASSIN VERSANT (%)	DÉBIT MOYEN ESTIVAL EN 2007 (m <sup>3</sup> /s) <sup>1</sup> (de juin à août)
	BASSIN VERSANT TOTAL <sup>1</sup>	BASSIN VERSANT À LA STATION DE MESURE DU DÉBIT <sup>1</sup>	BLEUETIÈRES <sup>2</sup>		
Ashuapmushuan	15 748	15 300	21	0,13	225,5
Mistassini	21 882	9 070	65	0,3	120,1
Aux Rats	2 466	2 460	11	0,44	29,9
Petite Péribonka	1 277	1 090	16	1,25	13,3
Ticouapé	641	-	28	4,4	-
Ruisseau Pouliot	14	-	2,6	21	-

<sup>1</sup> Source : Centre d'expertise hydrique du Québec. Les stations de mesure du débit ne sont pas situées au même endroit que les stations de mesure de l'hexazinone.

<sup>2</sup> Source : MAPAQ, 2008



1. Échantillonnage en rive pour la rivière Ashuapmushuan.



2. Échantillonnage à partir d'un pont, rivière aux Rats.





3. Petite rivière Péribonka à Sainte-Jeanne-d'Arc.



4. Ruisseau Pouliot à l'Ascension.

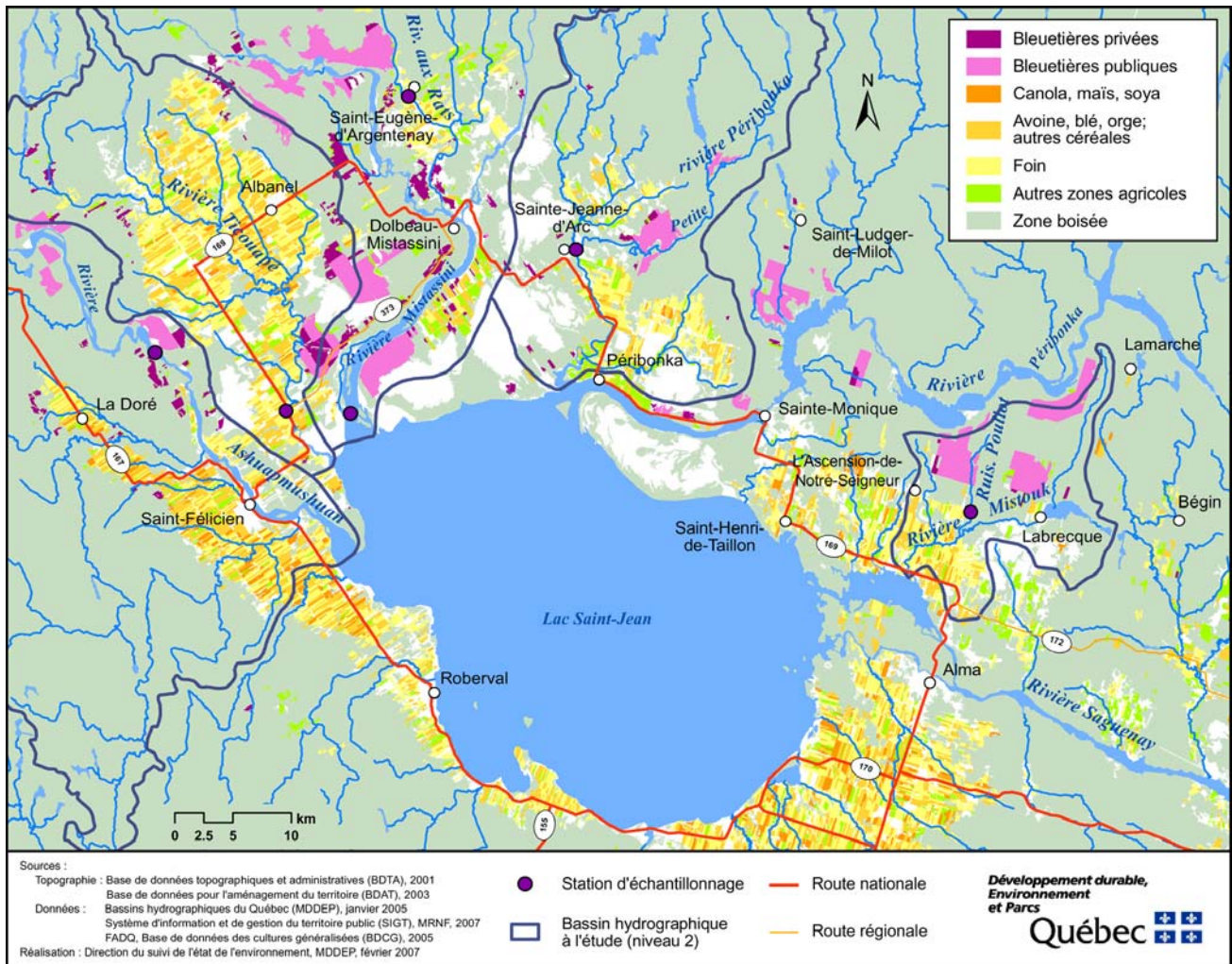


Figure 2. Localisation des stations d'échantillonnage et des bleuetières



Tetrabromobiphényle, comme étalon d'injection. La limite de détection de la méthode d'analyse est de 0,01 µg/l pour l'hexazinone et de 0,1 µg/l, de 0,03 µg/l et de 0,02 µg/l respectivement pour les métabolites A, B et D.

Un inventaire a aussi été effectué pour rassembler l'information sur les bleuetières voisines des sites échantillonnés.

## RÉSULTATS

### Hexazinone

Les résultats d'analyses sont présentés au tableau 3. L'herbicide hexazinone a été détecté dans cinq des six cours d'eau échantillonnés au cours de l'été 2007. Seule la rivière Ashuapmushuan n'a montré aucune trace du produit. Pour toutes les autres rivières, l'hexazinone a été décelé tout au cours de l'été. Comme on pouvait s'y attendre, l'importance des concentrations est inversement proportionnelle au débit de chacune des rivières. Les cours d'eau qui ont un débit important présentent des concentrations faibles, et les concentrations sont plus élevées dans les plus petits cours d'eau. Ainsi, l'hexazinone n'a pas été décelé dans la rivière Ashuapmushuan, qui présente le débit le plus important. Dans les rivières Mistassini et aux Rats, les concentrations sont faibles et très près des seuils de détection. Dans la Petite rivière Péribonka, les concentrations varient entre 0,05 et 0,15 µg/l et entre 0,23 et 0,91 µg/l pour la rivière Ticouapé. Le ruisseau Pouliot est, des six cours d'eau échantillonnés, celui où l'on observe les concentrations les plus élevées. Les valeurs mesurées varient entre 1,8 et 3,2 µg/l.

Les métabolites B et D de l'hexazinone sont régulièrement décelés dans les deux plus petits cours d'eau, soit la rivière Ticouapé et le ruisseau Pouliot, mais ils sont rarement détectés dans les rivières à plus fort débit. Le métabolite B apparaît à une seule occasion dans les rivières Petite Péribonka et aux Rats. Le métabolite A, dont la limite de détection est plus élevée, n'a pas été détecté. Le métabolite B est le seul qui présente une action herbicide, mais tel qu'indiqué précédemment, son potentiel toxique serait d'environ 1% de celui de l'hexazinone (Tu *et al.*, 2001).

### Valeurs guides pour l'interprétation

Les données nécessaires au calcul d'un critère de qualité de l'eau par le MDDEP selon la méthode standardisée ne sont pas toutes disponibles à l'heure actuelle. Toutefois, pour les besoins de cette étude, une

valeur indicatrice faisant office de critère de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques a été retenue par la Direction du suivi de l'état de l'environnement à partir de données existantes (Guay, 2007). Cette valeur utilisée à titre de « critère de vie aquatique chronique » ou CVAC a une valeur provisoire de 30 µg/l. Elle est en fait une des données de toxicité parmi les plus basses valeurs observées et répertoriées. En effet, les données écotoxicologiques montrent que l'hexazinone est peu toxique pour les poissons et les invertébrés aquatiques. Si on tenait compte seulement de ces organismes, le CVAC se situerait entre 680 µg/l et 2300 µg/l. Toutefois, puisqu'il s'agit d'un herbicide, les algues et les plantes aquatiques présentent une plus grande sensibilité à ce produit. D'après les données recensées, des effets ont été observés régulièrement en laboratoire chez les algues et les plantes aquatiques à des concentrations dans l'eau autour de 30 µg/l. Il semble que pour certaines espèces d'algues (chrysophytes), des effets se font même sentir à des concentrations aussi basses que 3 µg/l (Thompson *et al.*, 1993).

Les concentrations mesurées dans le cadre de cette étude sont toutes largement inférieures à la valeur de 30 µg/l pour la protection des espèces aquatiques. Même les concentrations les plus élevées mesurées dans le ruisseau Pouliot sont largement plus basses. Les concentrations d'hexazinone mesurées dans les différentes rivières présentent donc peu de risque d'effets sur les populations de poissons et sur les autres composantes du milieu. Seules les concentrations mesurées dans le ruisseau Pouliot s'approchent des valeurs susceptibles de causer des effets aux espèces d'algues les plus sensibles.

Toutefois, la valeur de 30 µg/l ne tient pas compte d'éventuels effets endocriniens, lesquels peuvent parfois se manifester à des concentrations très faibles. Cet aspect est discuté plus loin.

Deux municipalités s'alimentent en eau à partir des rivières ou l'on note la présence de l'hexazinone : Dolbeau-Mistassini (secteur Dolbeau) s'alimente en eau dans la rivière Mistassini, et Sainte-Jeanne-d'Arc s'alimente dans la Petite rivière Péribonka. Dans ces deux cas, les concentrations mesurées sont très en dessous de la valeur guide de 400 µg/l proposée par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) dans son étude portant sur la toxicité et les risques pour la santé de la présence d'hexazinone dans l'eau de consommation au Saguenay-Lac-Saint-Jean (Samuel et Saint-Laurent, 2004).

### Profil des concentrations

La figure 3 montre le profil des concentrations d'hexazinone dans les rivières au cours de l'été 2007. Seuls les résultats pour le ruisseau Pouliot montrent une diminution graduelle des concentrations au cours de l'été. Alors qu'on s'attendait à des concentrations qui diminuent progressivement après les applications des mois de mai et juin, on constate que les teneurs en hexazinone pour les quatre autres rivières sont relativement stables tout au long de l'été. Il y a de légères augmentations des concentrations en période de pluie et des concentrations plus faibles lors des périodes sèches, mais les concentrations ne semblent pas diminuer de façon notable entre le début et la fin de l'été.

### Autres descripteurs de la qualité de l'eau des rivières

Outre la présence de l'hexazinone, les résultats obtenus pour les paramètres conventionnels (tableau 4) montrent qu'en général, la qualité de l'eau est bonne pour la plupart des rivières échantillonnées à l'exception de la rivière Ticouapé. Pour les rivières Ashuapmushuan, Mistassini, Petite rivière Péribonka, Aux Rats et pour le ruisseau Pouliot, les concentrations totales en phosphore respectent la valeur de 0,03 mg/l. Les critères de qualité pour l'azote ammoniacal et les nitrites et nitrates sont aussi largement respectés. La turbidité et le taux de solides en suspension sont faibles. Des coliformes fécaux sont détectés dans les 6 cours d'eau échantillonnés, mais, dans tous les cas, les valeurs mesurées respectent le critère de 200 UFC pour la protection des activités récréatives et pour le maintien des qualités esthétiques.

Pour la rivière Ticouapé, les résultats obtenus aux mois de juillet et août dans le cadre de la campagne actuelle de mesure montrent une turbidité élevée, un taux de solides en suspension plus élevé, ainsi qu'un léger dépassement du critère de qualité de l'eau de 0,03 mg/l pour le phosphore. Les sols plus argileux de ce secteur et la présence dans le bassin d'autres cultures (céréales) en plus des bleuetières peuvent expliquer ces résultats. Ces données de qualité de l'eau concordent avec celles acquises par le MDDEP depuis 2000, dans le cadre du *Réseau-Rivières*. Ce réseau, qui assure la surveillance de base des principales rivières du Québec (Hébert et Ouellet, 2005), dispose d'une station principale dans la rivière Ticouapé. Celle-ci est donc échantillonnée pour

les paramètres conventionnels de la qualité de l'eau à une fréquence d'une fois par mois depuis janvier 1995<sup>1</sup>.

### Hexazinone dans les lacs

Les deux lacs échantillonnés sont situés dans la municipalité de Saint-David-de-Falardeau. Ils ont été échantillonnés le 11 juin et le 27 juin 2007. Les résultats obtenus pour l'hexazinone sont présentés au tableau 5. L'hexazinone a été détecté dans les deux lacs, mais en plus forte concentration dans le lac 1. La concentration mesurée est de 1,1 µg/l aux deux dates dans ce lac et de 0,027 µg/l et 0,026 µg/l dans le lac 2. Tout comme pour les rivières, les teneurs semblent relativement stables d'une semaine à l'autre. Comme le temps de renouvellement de la masse d'eau est plus long, la persistance du produit dans ces lacs est susceptible d'être plus longue que dans les rivières.

Selon les données de la station météorologique de Saint-David-de-Falardeau, la journée du 11 juin correspond à une journée de temps sec (5 jours consécutifs) alors que la journée du 27 juin est une journée pluvieuse avec une pluie importante 2 jours plus tôt. Pourtant, malgré des conditions climatiques différentes, chacun des deux lacs présente, aux deux dates, des concentrations très constantes.

La différence des teneurs dans ces lacs voisins s'explique probablement par le sens d'écoulement de la nappe phréatique. En effet, le lac 1 serait davantage alimenté par des eaux souterraines provenant de bleuetières, alors que le lac 2 serait surtout alimenté par de l'eau souterraine provenant d'une zone boisée située en dehors de la bleuetière (Lamontagne, 2008).

<sup>1</sup> Banque de données sur les milieux aquatiques (BQMA), Direction du suivi de l'état de l'environnement, MDDEP.

**Tableau 3. Concentrations d'hexazinone (µg/l) dans quelques rivières du Saguenay–Lac-Saint-Jean en 2007**

	DATES D'ÉCHANTILLONNAGE										
	4 Juin*	11 Juin*	18 Juin*	27 Juin	3 Juillet	10 Juillet	17 Juillet	26 Juillet	31 Juillet	7 Août*	13 Août
<b>Rivière Ashuapmushuan</b>											
Hexazinone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Rivière Mistassini</b>											
Hexazinone	0,03	0,023	-	0,014	0,019	0,028	0,017	0,01	0,02	0,024	0,021
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Rivière aux Rats (affluent de la rivière Mistassini)</b>											
Hexazinone	0,024	-	0,032	0,018	0,03	0,032	0,011	0,016	0,025	0,032	0,026
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	-	-	-	0,031	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Petite rivière Péribonka</b>											
Hexazinone	0,15	0,055	0,074	0,14	0,086	0,13	0,047	0,069	0,13	0,1	0,13
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	-	-	-	0,031	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite D)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Rivière Ticouapé</b>											
Hexazinone	0,59	0,37	0,43	0,53	0,82	0,91	0,28	0,23	0,45	0,8	0,6
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	0,088	0,052	0,079	0,093	0,14	0,16	0,053	0,044	0,074	0,14	0,1
Hexazinone (Métabolite D)	0,034	0,022	0,03	0,031	0,039	0,045	0,023	-	0,028	0,05	0,043
<b>Ruisseau Pouliot (affluent de la rivière Mistook)</b>											
Hexazinone	3,2	2,8	3,1	2,9	2,7	2,6	1,8	1,7	2	1,9	2,3
Hexazinone (Métabolite A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	0,61	0,56	0,65	0,65	0,61	0,61	0,44	0,46	0,51	0,46	0,54
Hexazinone (Métabolite D)	0,054	0,051	0,059	0,053	0,049	0,049	0,04	0,035	0,043	0,039	0,055

\* Pour des raisons de sécurité relatives à l'échantillonnage en embarcation, ces échantillons prélevés dans la rivière Mistassini ont été prélevés un jour plus tard.

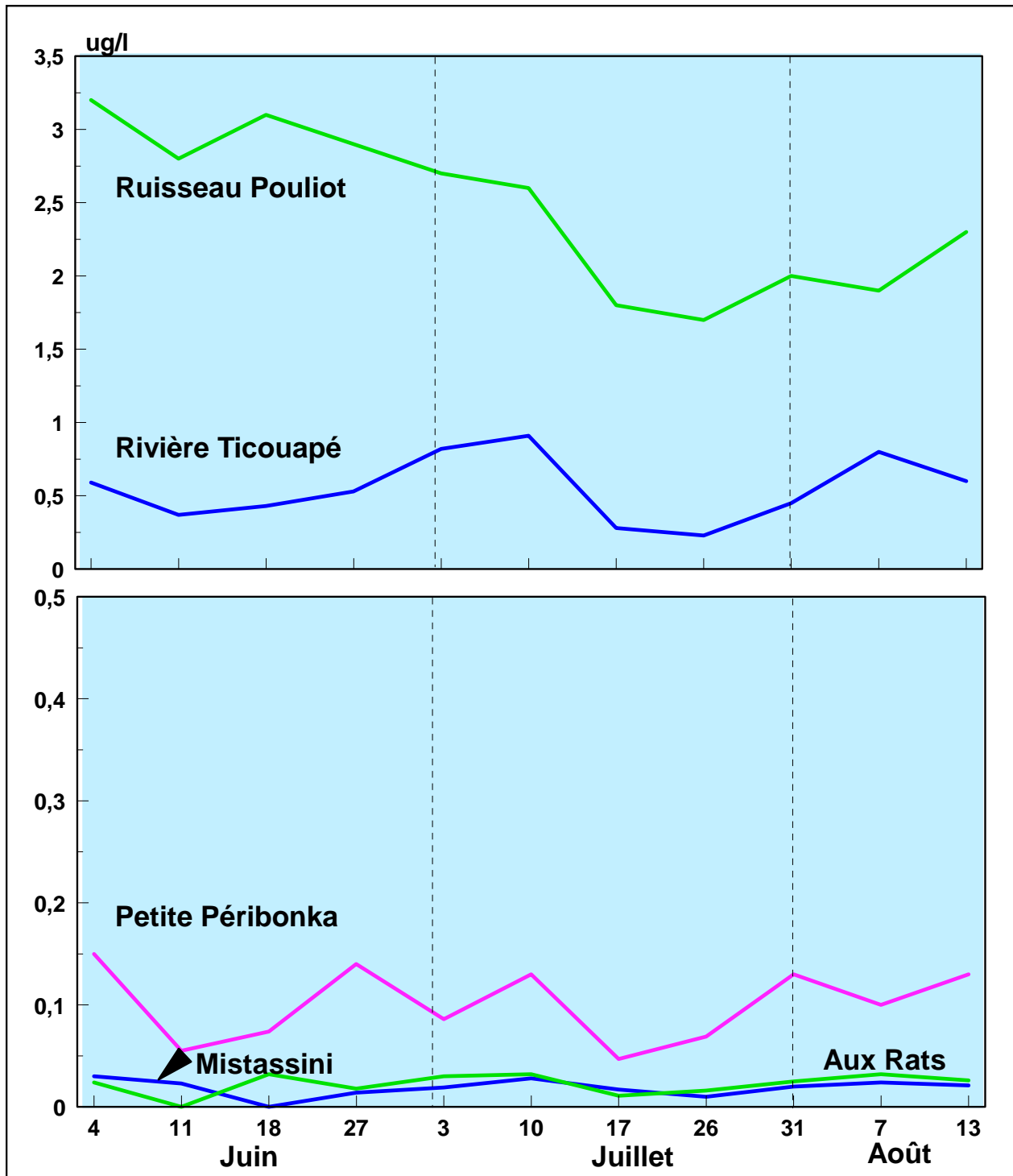


Figure 3. Concentrations ( $\mu\text{g/l}$ ) d'hexazinone dans cinq rivières du Saguenay-Lac-Saint-Jean, été 2007

**Tableau 4. Concentrations des paramètres conventionnels de la qualité de l'eau dans les six rivières échantillonnées**

PARAMETRES	UNITES	DATE	RIVIERES					
			Ashuapmushuan	Mistassini*	Ticouapé	Petite Péribonka	Aux Rats	Ruisseau Pouliot
Phosphore total dissous	mg/L P	18-juin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
		17-juil	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
		13-août	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,002	< 0,01	< 0,01
Phosphore total en suspension	mg/L P	18-juin	0,001	0,001	0,02	0,001	0,001	0,001
		17-juil	0,004	0,001	0,038	0,002	0,003	< 0,001
		13-août	0,003	0,006	0,032	< 0,01	0,004	0,002
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> )	mg/L	18-juin	0,02	0,03	0,04	0,02	< 0,02	0,05
		17-juil	< 0,02	< 0,02	0,09	< 0,02	< 0,02	< 0,02
		13-août	< 0,02	0,02	0,06	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrites et nitrates dissous	mg/L N	18-juin	0,02	0,02	0,27	< 0,02	0,02	0,17
		17-juil	< 0,02	0,03	1	0,04	0,03	0,2
		13-août	< 0,02	< 0,02	0,21	< 0,02	< 0,02	0,15
Turbidité	UTN	18-juin	1,1	1	6,5	1,1	1,4	2,2
		17-juil	1,6	2,8	48	1,5	1,8	2,8
		13-août	2,5	2,3	33	2,3	2,9	4,3
Solides en suspension	mg/L	18-juin	< 3	< 3	6	< 3	< 3	< 3
		17-juil	< 3	3	21	< 3	< 3	< 3
		13-août	< 3	< 3	20	< 3	< 3	< 3
Coliformes fécaux	UFC/100ml	18-juin	10	92	5	10	40	5
		17-juil						
		13-août	20	10	30	72	52	10

\* Pour des raisons de sécurité, les échantillons du mois de juin pour la rivière Mistassini ont été prélevés le 19 juin plutôt que le 18 comme les autres rivières.



**Tableau 5. Concentrations d'hexazinone et de ses métabolites dans les lacs 1 et 2, en 2007**

PARAMÈTRES	UNITÉS	DATES D'ÉCHANTILLONNAGE	
		11 Juin	27 Juin
<b>Lac 1</b>			
Hexazinone	µg/L	1,1	1,1
Hexazinone (Métabolite A)	µg/L	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	µg/L	0,28	0,35
Hexazinone (Métabolite D)	µg/L	0,024	0,023
<b>Lac 2</b>			
Hexazinone	µg/L	0,027	0,026
Hexazinone (Métabolite A)	µg/L	-	-
Hexazinone (Métabolite B)	µg/L	-	-
Hexazinone (Métabolite D)	µg/L	-	-

## DISCUSSION

Pour le ruisseau Pouliot qui draine directement une bleuétière, la concentration d'hexazinone dans l'eau baisse graduellement tout au long de l'été à mesure qu'on s'éloigne des dates d'application du mois de mai. Vers la fin de l'été, on observe deux légères remontées des concentrations après des épisodes de pluie (figure 4). Toutefois, pour les quatre autres rivières où le produit a été décelé, cette diminution n'est pas perceptible. Bien que les concentrations montrent de légères fluctuations, soit une augmentation pendant ou peu après les épisodes de pluie, et des concentrations un peu plus faibles durant les périodes sèches, les concentrations demeurent relativement stables tout au long de la période d'échantillonnage. Ceci tend à confirmer la persistance du produit dans le milieu.

Les travaux de Legris *et al.* (1997) sur l'application d'hexazinone en milieu forestier ont démontré que, quelle que soit la largeur de la bande riveraine (25 m ou 50 m), des résidus d'hexazinone peuvent se retrouver dans l'eau des cours d'eau voisins, et ce, jusqu'à 39 mois après le traitement.

### Incidence possible sur le milieu aquatique

Les résultats obtenus montrent que les rivières qui drainent les zones de bleuétières transportent de l'hexazinone, généralement en faibles concentrations. Dans le cours principal des plus grandes rivières, comme la rivière Mistassini, les espèces aquatiques peuvent être exposées à de faibles concentrations de l'herbicide. Pour les cours d'eau intermédiaires et surtout les petits cours d'eau qui drainent directement des bleuétières, les concentrations peuvent être plus élevées.

Tel qu'indiqué précédemment, les concentrations mesurées dans les rivières à l'étude sont toutefois largement sous les seuils susceptibles de causer des effets nocifs chez les populations de poissons et d'insectes, de même que sous les valeurs pouvant causer des effets sur la plupart des espèces d'algues et de plantes aquatiques. Seules les concentrations relevées dans le ruisseau Pouliot s'approchent des valeurs susceptibles de causer des effets toxiques chez les espèces d'algues les plus sensibles.

L'ensemble de ces rivières contribue vraisemblablement à l'apport d'hexazinone dans le lac Saint-Jean, mais l'effet de dilution supplémentaire laisse supposer des concentrations encore plus faibles. Par conséquent, des effets sur les espèces aquatiques sont peu probables.

La figure 5 présente les principaux secteurs de rivières fréquentés par la ouananiche. Les principales rivières fréquentées par l'espèce sont, par ordre d'importance, la rivière Ashuapmushuan, la rivière Mistassini, la rivière aux Saumons, la rivière Métabetchouane et la Petite rivière Péribonka. L'absence du produit dans la rivière Ashuapmushuan et les très faibles concentrations présentes dans la Mistassini et la Petite rivière Péribonka laissent croire que le produit ne constitue pas un risque de toxicité directe pour l'espèce, ni indirecte par le biais des effets sur d'autres constituants de la chaîne alimentaire (plancton, etc.).

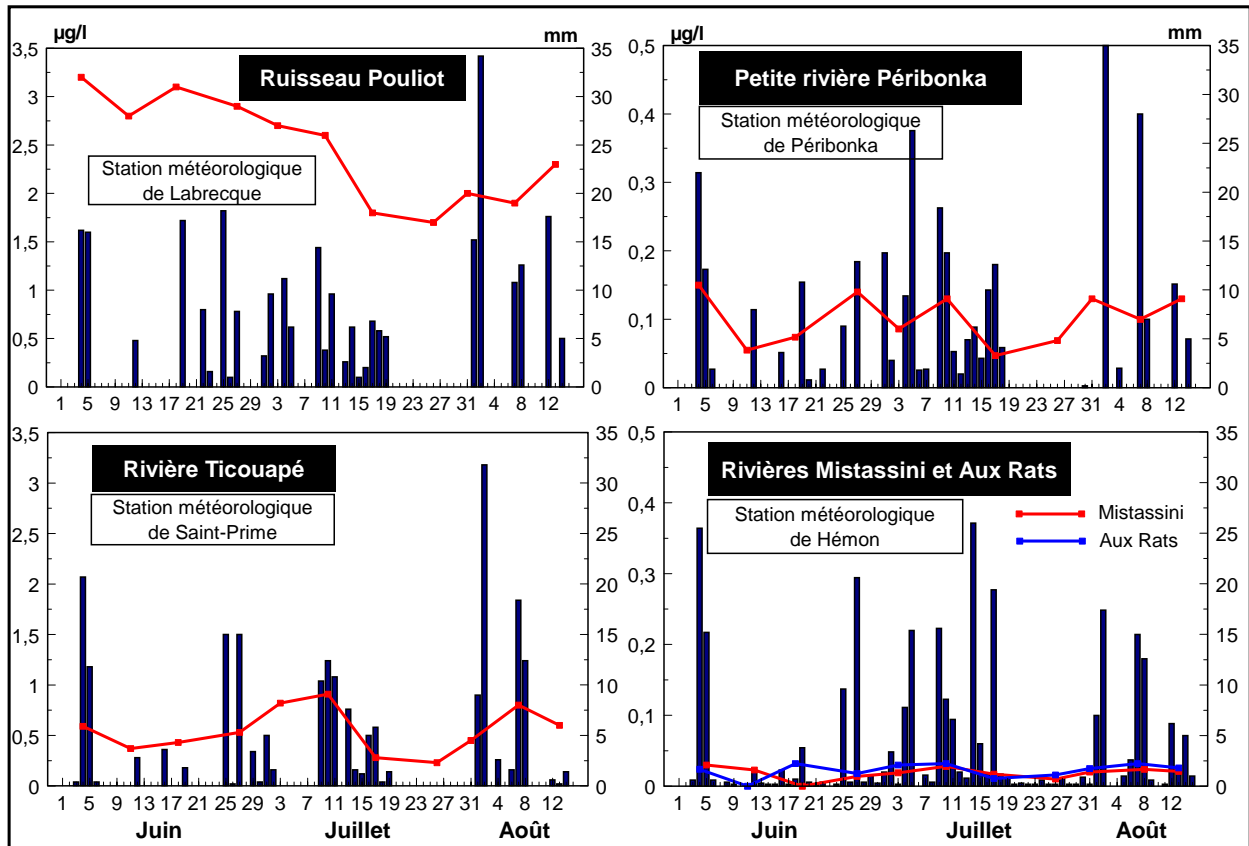


Figure 4. Relation entre les concentrations d'hexazinone et les précipitations



Toutefois, le critère de qualité de l'eau actuel ne tient pas compte d'éventuels effets endocriniens, lesquels peuvent parfois se manifester à des concentrations très faibles. Ce type d'effet est d'ailleurs suspecté pour l'atrazine, un herbicide dont la structure chimique est apparentée à l'hexazinone. En effet, certaines études révèlent que, sans être bioaccumulable et même à des concentrations faibles, l'atrazine peut avoir des effets sur certaines espèces de poissons. Ainsi, 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 le saumon à une concentration aussi faible que 0,5 µg/l d'atrazine. Ce phénomène aurait pour conséquence de brouiller les signaux chimiques permettant aux poissons de s'orienter vers les frayères et de synchroniser leurs activités de reproduction avec les conditions environnementales favorables (Gendron et Branchaud, 1997). Ce type d'effet n'a toutefois pas été étudié dans le cas de l'hexazinone.

Dans une étude récente, Nieves-Puigdoler *et al.* (2007) ont investigué les effets de l'atrazine et de l'hexazinone sur la survie, la croissance, la régulation ionique en eau douce et en eau salée, l'activité biochimique des branchies et le comportement de diverses hormones impliquées dans le développement des saumoneaux. L'étude avait notamment pour objectif de vérifier les effets de ces deux herbicides sur le développement de la tolérance à la salinité chez le saumon atlantique (*Salmo salar*). Leur étude a porté sur des saumoneaux exposés durant une période de 21 jours à une concentration de 100 µg/l d'hexazinone et de 10 et 100 µg/l d'atrazine. La concentration de 100 µg/l d'atrazine a causé 9 % de mortalité et divers autres effets, alors que les autres concentrations, incluant la concentration de 100 µg/l d'hexazinone, n'ont pas eu d'effet sur la survie des spécimens étudiés. À l'exception d'une légère réduction de l'activité des branchies, laquelle n'a pas eu de conséquences sur la tolérance à la salinité, l'exposition à l'hexazinone n'a pas eu d'effet sur les ions plasmatiques, le glucose et les protéines, ni sur le taux de cholinestérase ou autres hormones. Leur étude n'a relevé aucun effet de l'hexazinone sur la tolérance subséquente du poisson à la salinité (osmorégulation).

## CONCLUSION

L'hexazinone a été détecté au cours de l'été 2007 dans 5 des 6 cours d'eau échantillonnés. Le produit n'a pas été détecté dans la rivière Ashuapmushuan, mais il est régulièrement présent dans les rivières Mistassini, aux Rats, Petite rivière Péribonka, Ticouapé de même que dans le ruisseau Pouliot, un petit tributaire de la rivière Mistook.

Les concentrations mesurées sont généralement faibles dans les rivières à fort débit (rivière Mistassini) et vont en augmentant pour les rivières à débit plus faible (rivières aux Rats, Petite rivière Péribonka, Ticouapé). Les ruisseaux qui drainent directement des zones de bleuétières (le ruisseau Pouliot en est un exemple) peuvent présenter des concentrations plus élevées.

La prise d'eau de la municipalité de Dolbeau-Mistassini (secteur Dolbeau), qui s'alimente en eau à partir de la rivière Mistassini, et celle de Sainte-Jeanne-d'Arc, qui tire son eau de la Petite rivière Péribonka, sont toutes deux exposées à la présence de l'hexazinone. Cependant, les concentrations sont faibles et respectent largement la valeur de 400 µg/l retenue par l'INSPQ pour l'eau potable.

Dans les ruisseaux ou les petits cours d'eau, les teneurs en hexazinone pourraient affecter les espèces aquatiques les plus sensibles, mais, dans les plus grandes rivières, les concentrations généralement faibles présentent peu de risque, pour les espèces aquatiques.

Toutefois, compte tenu de l'accroissement prévu des superficies en bleuétières, de l'exposition de certaines prises d'eau potable et des effets perturbateurs endocriniens suspectés chez les espèces aquatiques pour un herbicide dont la structure chimique est apparentée à l'hexazinone, la prudence s'impose quant à la gestion et à l'utilisation de l'hexazinone dans les bleuétières. Il est donc important de poursuivre les efforts pour améliorer la situation et éviter qu'elle se détériore.

## RÉFÉRENCES

ARLA, 2007. *Projet de décision de réévaluation: hexazinone PRVD 2007-13*, Santé Canada, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 26 p.

ENVIRONMENT MAINE RESEARCH POLICY CENTER, 2006. *Agribusiness and Atlantic Salmon: The effects of large-scale blueberry production on endangered Atlantic salmon*. Maine Environmental Policy Institute, Environment Maine Research and Policy Center, 30 p.

GAGNON, A., 2007. *Portrait de la production du bleuét nain au Québec*, Présentation au Colloque régional « Des actions pour le présent, Une vision pour l'avenir », Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

GENDRON, A., A. BRANCHAUD, 1997. *Impact potentiel de la contamination du milieu aquatique sur la reproduction du suceur cuirvé (Moxostoma hubbsi) : Synthèse des connaissances*, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de la Montérégie, Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune, 160 p.

GIROUX, I., 2003. *Concentrations d'hexazinone dans des prises d'eau potable près de bleuétières du Saguenay-Lac-Saint-Jean*, 9 p., 2 annexes.

GORSE, I., 2007. *Bilan des ventes de pesticides*, communication personnelle.

HÉBERT, S., M. OUELLET, 2005. *Le Réseau-Rivières ou le suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec*, Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 2-550-45831-1, 9 p.

KAMRIN, M.A., 1997. *Pesticides Profiles : toxicity environmental impact, and fate*. CRC Press LLC, 676 p.

LAMONTAGNE, C. 2008. Communication personnelle, Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau.

LEGRIS, J., G. COUTURE, P. LÉVEILLÉ, 1997. *Résidus d'hexazinone dans l'eau et les sédiments à la suite de traitements réalisés de 1989 à 1994 en milieu forestier*. Ministère des Ressources Naturelles, Direction de l'environnement forestier, Service du suivi environnemental, 42 p.

MDDEP, 2007. *Sommaire climatologique du Québec*, Stations Péribonca, Saint-Léon-de-Labrecque, Saint-Prime, Hémon et Falardeau, Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

MRNF, 2002. *Importance de l'éperlan arc-en-ciel pour la ouananiche du Lac-Saint-Jean*. [http://www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu\\_rec/ouananiche.htm](http://www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/ouananiche.htm)

MOORE, A., C. WARING, 1998. « Mechanistic effects of a triazine pesticide on reproductive endocrine function in mature male Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr », *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 62:41-50.

NIEVES-PUIGDOLER, K., S. MCCORMICK, 2007. « Effect of hexazinone and atrazine on the physiology and endocrinology of smolt development in Atlantic salmon », *Aquatic Toxicology*, 84: 27-37.

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

SAMUEL, O., L. SAINT-LAURENT, 2004. *Présence d'hexazinone dans l'eau de consommation au Saguenay-Lac-Saint-Jean, Toxicité de l'herbicide et appréciation des risques pour la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 45 p.

THOMPSON, D.G., S.B. HOLMES, D. THOMAS, 1993. « Impact of hexazinone and metsulfuron methyl on the phytoplankton community of a mixed-wood/Boreal forest lake », *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 12: 1695-1707.

TU et al, 2001. *Hexazinone*. Weed Control Methods Handbook, The Nature Conservancy, 9 p.