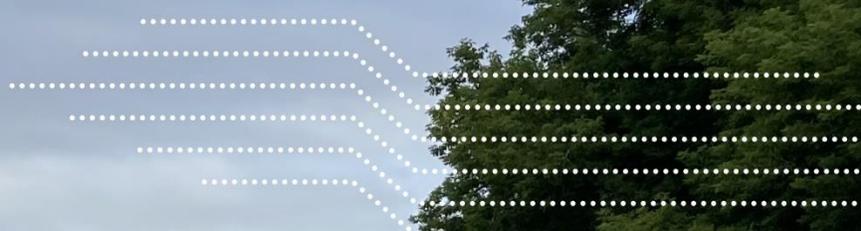


PRÉSENCE DE PESTICIDES DANS L'EAU AU QUÉBEC

PORTRAIT ET TENDANCES DANS LES ZONES DE MAÏS ET DE SOYA

2018 À 2020



Photos de la page couverture : MELCC

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée sous la coordination de la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire disponible à cette adresse :

www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp.

Téléphone : 418 521-3820
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 656-5974

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
675, boul. René-Lévesque Est, 7^e étage, boîte 22
Québec (Québec) G1R 5V7

Ce document peut être consulté sur le site du Ministère au www.environnement.gouv.qc.ca

Référence à citer :

GIROUX, I. (2022). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya – 2018 à 2020*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de la qualité des milieux aquatiques, 71 p. + 15 ann.

Dépôt légal – 2022
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022
ISBN 978-2-550-91290-3 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays

© Gouvernement du Québec, 2022

Réalisation

Coordination et rédaction	Isabelle Giroux ¹
Collaboration spéciale	François D'Auteuil-Potvin ² – Traitement statistique
Révision scientifique	François D'Auteuil-Potvin ² Emilie Bilodeau ³ Jacques Fadous ³ Isabelle Faucher ³ Marie-Claire Grenon ⁴ Marianne Métivier ¹ Lyne Pelletier ¹
Échantillonnage – support technique	Félix Pouliot-Richard ⁵
Échantillonnage – observateurs	Dany Beulac Jean Béliveau Anastasia Fillion-Robin Ginette Robert Mélanie Tremblay Martin Croteau Comité de bassin versant de la rivière des Mille-Îles (COBAMIL) MRC Pierre-de-Saurel
Analyses de laboratoire	Marie-Claire Grenon ⁴ Benoît Sarrasin ⁴ Sébastien Côté ⁴

¹ Direction de la qualité des milieux aquatiques, MELCC

² Direction de la qualité de l'air et du climat, MELCC

³ Direction des matières dangereuses et des pesticides, MELCC

⁴ Direction de l'analyse chimique, CEAEQ, MELCC

⁵ Direction de l'acquisition des données et des opérations

Mots clés :

Pesticides, pesticides dans les cours d'eau, maïs, maïs et soya, soya, glyphosate, atrazine, métolachlore, imazéthapyr, néonicotinoïdes, thiaméthoxame, clothianidine, imidaclopride, chlorantraniliprole.

Résumé

Chaque année, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) échantillonne des cours d'eau de régions agricoles du Québec pour y vérifier la présence de pesticides. Au fil des ans, un réseau permanent de suivi des pesticides (réseau de base), composé d'une dizaine de stations, a été mis en place pour suivre l'évolution des concentrations dans les cours d'eau à proximité de cultures ciblées. Les cultures de maïs et de soya, qui couvrent de vastes superficies dans le sud du Québec et qui utilisent une proportion importante des pesticides commercialisés au Québec, sont parmi les cultures ciblées.

Quatre stations du réseau de base sont situées dans des cours d'eau de bassins versants à dominance de maïs et de soya. Ce sont les rivières Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska), des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu), Saint-Régis (affluent du Saint-Laurent) et Saint-Zéphirin (bassin versant de la rivière Nicolet). Ces quatre rivières sont suivies depuis 1992. Le présent rapport fait état des résultats obtenus pour les années d'échantillonnage 2018 à 2020, ainsi que de l'évolution des concentrations mesurées par rapport aux années antérieures.

Il s'agit du premier état de situation depuis l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation introduisant l'obligation d'obtenir une justification et une prescription agronomiques pour acheter et utiliser les cinq pesticides les plus à risque, soit l'atrazine, le chlorpyrifos, la clothianidine, le thiaméthoxame et l'imidaclopride.

Réseau de base

Les résultats obtenus aux quatre stations du réseau de base montrent qu'entre 19 et 43 pesticides ou produits de dégradation de pesticides ont été détectés dans ces rivières au cours de la période de 2018 à 2020. Quelques changements sont survenus au cours de cette période en comparaison avec la période de 2015 à 2017 :

- Quoiqu'il soit détecté encore très souvent, la fréquence de détection de l'herbicide atrazine ainsi que les concentrations médianes ont diminué et sont maintenant très près des limites de détection.

- La présence des néonicotinoïdes a diminué dans les cours d'eau du réseau de base de 2015-2017 à 2018-2020. La fréquence de détection de ces produits a diminué, les concentrations de clothianidine et de thiaméthoxame ont baissé dans les quatre rivières et la fréquence de dépassement du critère pour la protection de la vie aquatique chronique (CVAC) a diminué de 20 % dans la rivière Chibouet, de 12 % dans la rivière des Hurons et de 46 % dans la Saint-Zéphirin. Les néonicotinoïdes demeurent toutefois responsables de la grande majorité des dépassements des CVAC, constatés dans 78 % des échantillons de la rivière Chibouet, 82 % de ceux de la rivière des Hurons, 99 % de ceux de la rivière Saint-Régis et 54 % de ceux de la rivière Saint-Zéphirin.
- Ces baisses des concentrations, des fréquences de détection et des dépassements de critères pour les néonicotinoïdes découlent probablement, du moins en partie, de la mise en œuvre de la justification et de la prescription agronomiques, qui semble avoir mené à une diminution de l'usage de ces produits. Les conditions climatiques particulièrement sèches qui ont prévalu en début de saison de production au cours des dernières années peuvent aussi avoir contribué à ces diminutions.
- Le chlorantraniliprole, un autre insecticide utilisé en traitement de semences, est maintenant détecté dans 99 % à 100 % des échantillons et les concentrations sont à la hausse dans les quatre rivières. Les dépassements du CVAC de 0,1 µg/l sont peu fréquents, mais ont été constatés dans trois des quatre rivières, notamment dans la rivière Saint-Régis où la fréquence des dépassements atteint 13 % en 2020.
- Les concentrations de glyphosate ont augmenté de façon significative depuis 2005. L'augmentation est cependant survenue principalement de 2005 à 2010, tandis qu'il semble y avoir une stabilisation pour la période de 2010 à 2020. Toutefois, les concentrations de l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate) sont à la hausse dans les quatre rivières.
- La détection des néonicotinoïdes et leurs dépassements encore assez fréquents du

CVAC, auxquels s'ajoutent l'omniprésence des herbicides et les multiples pesticides présents en même temps dans l'eau, continuent à poser un risque pour les espèces aquatiques de ces cours d'eau.

Autres rivières

En plus du suivi régulier aux quatre rivières du réseau de base, un suivi complémentaire dans d'autres rivières a été instauré en 2012. De 2018 à 2020, 12 autres rivières ont été échantillonnées, ce qui a permis de dégager les constats suivants :

- Les rivières Salvail, David, Pot au Beurre et un affluent de la rivière Saint-Louis, dans le bassin de la Yamaska, la rivière Petite du Loup, au nord du lac Saint-Pierre, et la rivière du Chêne, à Saint-Eustache, présentent des

dépassements des CVAC pour deux ou trois pesticides dans plus de 50 % des échantillons. Dans le cas de la rivière Salvail et de l'affluent de la rivière Saint-Louis, c'est 92 % des échantillons qui sont en dépassement d'un critère. Les néonicotinoïdes sont responsables de la plupart de ces dépassements.

- Aucun pesticide n'a été détecté dans la rivière Batiscan, caractérisée par un grand bassin versant où les cultures ne couvrent que 4,6 % du territoire, dont 1,6 % est ensemencée en maïs et en soya.
- On observe des dépassements des CVAC dans moins de 50 % des échantillons, et ce, dans les cinq autres cours d'eau, à savoir les rivières Sainte-Anne (41,6 %), Petite Yamachiche (25 %) et du Chicot (25 %), le ruisseau au Castor (24,2 %) et la rivière aux Brochets (17,6 %).

Table des matières

INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE AGRICOLE QUÉBÉCOIS.....	2
Évolution des superficies en culture de maïs et de soya	2
Pesticides utilisés dans les cultures de maïs et de soya	2
Les semences traitées	4
2 MÉTHODOLOGIE	6
Stations du réseau de base.....	6
Autres rivières.....	6
Échantillonnage.....	9
Pesticides analysés et critères de qualité de l'eau.....	9
Analyse statistique des tendances temporelles	10
3 RÉSEAU DE BASE – CONSTATS GÉNÉRAUX.....	13
Fréquence de détection.....	13
Comparaison des concentrations aux critères de protection de la vie aquatique.....	17
Évolution des concentrations de pesticides	18
Influence des précipitations	22
4 RÉSEAU DE BASE – CONSTATS PAR RIVIÈRES	24
Rivière Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska)	24
Rivière des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu)	30
Rivière Saint-Régis (affluent du Saint-Laurent).....	37
Rivière Saint-Zéphirin (bassin versant de la rivière Nicolet)	44
5 AUTRES RIVIÈRES	50
6 DISCUSSION	60
Synthèse des résultats	60
Comparaison des constats avec d'autres nations.....	63
États des communautés de macroinvertébrés benthiques à deux stations du réseau de base.....	65
CONCLUSION.....	68
BIBLIOGRAPHIE	70
ANNEXES	72

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Principaux pesticides homologués dans les cultures de maïs et de soya.....	73
Annexe 2	Méthodologie	75
Annexe 3	Proportion des superficies en culture dans les bassins versants des 12 rivières échantillonnées en 2018-2020.....	79
Annexe 4	Analyse statistique des tendances temporelles.....	80
Annexe 5	Sommaire climatologique	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Pesticides analysés et critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques ($\mu\text{g/l}$)	11
Tableau 2.	Fréquence de détection des pesticides dans les quatre rivières du réseau de base (%).....	14
Tableau 3.	Concentrations maximales de pesticides mesurées aux stations du réseau de base ($\mu\text{g/l}$).....	16
Tableau 4.	Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par produit (moyenne des quatre rivières du réseau de base) (%)	18
Tableau 5.	Tendance des concentrations de quelques pesticides calculée à partir des données brutes	19
Tableau 6.	Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Chibouet, de 2011 à 2020 (%)	26
Tableau 7.	Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Chibouet (%)	26
Tableau 8.	Fréquence de détection des pesticides dans la rivière des Hurons, de 2011 à 2020 (%)	32
Tableau 9.	Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière des Hurons (%)	33
Tableau 10.	Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Saint-Régis, de 2011 à 2020 (%)	39
Tableau 11.	Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Saint-Régis (%)	40
Tableau 12.	Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin, de 2011 à 2020 (%)	46
Tableau 13.	Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Saint-Zéphirin (%)	46
Tableau 14.	Fréquence de détection des pesticides dans quatre rivières de la rive nord du Saint-Laurent (%)	51
Tableau 15.	Fréquence de dépassement des CVAC dans quatre rivières de la rive nord du Saint-Laurent (%)	52
Tableau 16.	Fréquence de détection des pesticides dans six cours d'eau de la Montérégie (%)	55
Tableau 17.	Fréquence de dépassement des CVAC dans six cours d'eau de la Montérégie (%)	55
Tableau 18.	Fréquence de détection des pesticides dans les rivières du Chicot et du Chêne dans les Laurentides (%).....	58
Tableau 19.	Fréquence de dépassement des CVAC dans les rivières du Chicot et du Chêne (%)	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Évolution des superficies de maïs (grain et fourrager) et de soya au Québec de 2003 à 2020.....	3
Figure 2.	Évolution des quantités vendues au Québec pour quelques pesticides homologués dans le maïs et le soya.....	4
Figure 3.	Réseau de base permanent du suivi des pesticides en rivières.....	7
Figure 4.	Suivi complémentaire – Rivières échantillonnées de 2012 à 2020.....	8
Figure 5.	Tendances des fréquences (%) de détection pour quelques pesticides.....	15
Figure 6.	Évolution des fréquences (%) de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC).....	18
Figure 7.	Régression linéaire des concentrations médianes de clotinaïdine, de thiaméthoxame et d'imidaclopride.....	20
Figure 8.	Régression linéaire des concentrations médianes d'atrazine, de bentazone et de mésotrione.....	21
Figure 9.	Régression linéaire des concentrations médianes de glyphosate (sur 15 ans et sur 10 ans), d'AMPA et de chlorantraniliprole.....	22
Figure 10.	Régression linéaire des concentrations médianes de S-métolachlore sur 15 ans et sur 10 ans.....	22
Figure 11.	Cultures dans le bassin versant de la rivière Chibouet.....	25
Figure 12.	Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Chibouet en fonction des épisodes de pluie – Stations météorologique de Saint-Simon.....	27
Figure 13.	Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Chibouet.....	28
Figure 14.	Concentrations de quelques insecticides dans rivière Chibouet.....	29
Figure 15.	Cultures dans le bassin versant de la rivière des Hurons.....	31
Figure 16.	Somme des concentrations de pesticides dans la rivière des Hurons en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique de Marieville.....	34
Figure 17.	Concentrations de quelques herbicides dans la rivière des Hurons.....	35
Figure 18.	Concentrations de quelques insecticides dans la rivière des Hurons.....	36
Figure 19.	Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Régis.....	38
Figure 20.	Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Régis en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique de Laprairie.....	41
Figure 21.	Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Saint-Régis.....	42
Figure 22.	Concentrations de quelques insecticides dans la rivière Saint-Régis.....	43
Figure 23.	Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Zéphirin.....	45
Figure 24.	Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin en fonction des épisodes de pluie Station météorologique Saint-Zéphirin-de-Courval.....	47
Figure 25.	Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Saint-Zéphirin.....	48
Figure 26.	Concentrations de quelques insecticides dans la rivière Saint-Zéphirin.....	49
Figure 27.	Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans les rivières Petite Yamachiche, Petite du Loup et Saint-Anne.....	52

Figure 28.	Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans la rivière Salvail, la rivière David et la rivière Pot au Beurre, et dans l'affluent de la rivière Saint-Louis, des tributaires de la rivière Yamaska en Montérégie	56
Figure 29.	Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans la rivière aux Brochets et le ruisseau au Castor dans le bassin versant de la baie Missisquoi, en Montérégie	57
Figure 30.	Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans les rivières du Chicot et du Chêne, dans les Laurentides	59
Figure 31.	Fréquence globale de dépassement des CVAC dans les 12 rivières échantillonnées de 2018 à 2020 comparée aux rivières échantillonnées de 2012 à 2017 (%)	61
Figure 32.	Nombre de pesticides détectés aux stations échantillonnées de 2012 à 2020 et fréquence de dépassement des CVAC	62
Figure 33.	Exemples de pointes de concentrations de pesticides consécutives à des épisodes de pluie dans la rivière Chibouet en 2018	65
Figure 34.	Indice de santé du benthos (ISBg pour substrat grossier) dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin	67

Introduction

Chaque année, au Québec, des pesticides sont utilisés sur plusieurs cultures. Selon les données du Ministère (MELCC, 2021a), les ventes totales de pesticides pour l'année 2019 se chiffrent à 4 323 698 kilogrammes d'ingrédients actifs, dont 3 488 300 kg, soit 81 %, sont vendus pour la production végétale en secteur agricole. En excluant les semences enrobées de néonicotinoïdes, qui n'étaient pas comptabilisées avant 2018, les données de 2019 montrent peu de changements par rapport à la période de 2016 à 2018.

En plus des efforts déployés ces dernières années afin de resserrer les règles d'utilisation des pesticides les plus à risque, le Ministère continue de suivre les pesticides dans les cours d'eau de secteurs agricoles afin de voir si les mesures instaurées se traduisent par des améliorations à la qualité de l'eau des rivières.

En 2012, le Ministère a mis sur pied un réseau de base pour le suivi environnemental des pesticides en rivières. Ce réseau est composé de dix stations échantillonnées chaque année ou de manière récurrente. L'objectif de ce réseau est de suivre les tendances à long terme des concentrations de pesticides dans les cours d'eau à proximité de certaines cultures ciblées, soit le maïs et le soya, la pomme de terre, les vergers et les cultures maraîchères. Le présent rapport porte sur les suivis réalisés à quatre stations de ce réseau, soit celles situées dans des rivières de bassins versants à prédominance de maïs et de soya.

En plus du réseau de base, un suivi complémentaire a débuté en 2012 pour vérifier la présence de pesticides dans d'autres rivières du Québec drainant des zones agricoles et ainsi améliorer notre connaissance de l'étendue de la problématique. De 2018 à 2020, 12 rivières ont été échantillonnées : les rivières Petite Yamachiche et Petite du Loup, dans la MRC Maskinongé, les rivières Batiscan et Sainte-Anne, dans la MRC Des Cheneaux, les rivières Salvail, David, Pot au Beurre et un affluent de la rivière Saint-Louis, dans le bassin de la rivière Yamaska, les rivières du Chicot et du Chêne, dans le bassin du lac des Deux Montagnes, ainsi que la rivière aux Brochets et le ruisseau au Castor, dans le bassin de la baie Missisquoi. Le rapport présente aussi

les résultats de ces rivières. Au total, une cinquantaine de rivières ont été échantillonnées pour les pesticides depuis 2012. Les données pour ces rivières sont accessibles dans [l'Atlas de l'eau](#).

Les cultures de maïs et de soya ont été ciblées parce qu'elles sont omniprésentes dans plusieurs régions du Québec. En 2020, elles couvraient 825 700 hectares (ha), soit 459 100 ha en maïs (grain et fourrager) et 366 600 ha en soya (ISQ, 2020). La superficie totale du maïs et du soya représente environ 47 % des superficies cultivées, 75 % si l'on exclut le foin. En raison de ces vastes superficies, les herbicides et les insecticides qui y sont utilisés sont parmi les plus vendus au Québec.

Le maïs et le soya sont des cultures à grand interligne, laissant un large espace entre les rangs. Les pesticides appliqués en début de saison de croissance, lorsque le sol est à nu, sont susceptibles d'être transportés vers les cours d'eau voisins.

Le présent rapport s'inscrit dans la poursuite des portraits déjà réalisés antérieurement (Giroux, 2019, 2015, 2010; Giroux et Pelletier, 2012). Il constitue un état de la situation après trois nouvelles années de suivi, soit les années 2018, 2019 et 2020. En plus de répondre à l'objectif général d'acquisition de connaissances sur les milieux aquatiques, les objectifs particuliers de ce suivi sont les suivants :

- Mettre à jour le portrait de la présence de pesticides dans les cours d'eau situés dans des zones de cultures intensives de maïs et de soya;
- Vérifier s'il y a des changements temporels des concentrations des pesticides les plus souvent détectés;
- Observer plus particulièrement les changements survenus pour les cinq pesticides les plus à risque depuis l'entrée en vigueur, en 2018, de la justification et de la prescription agronomiques;
- Améliorer la couverture spatiale du suivi des pesticides en étudiant chaque année de nouveaux cours d'eau;
- Estimer les risques pour les espèces aquatiques à l'aide de critères de qualité de l'eau.

1 Contexte agricole québécois

Évolution des superficies en culture de maïs et de soya

Les cultures de maïs (grain et fourrager) et de soya totalisent 825 700 ha en 2020 et représentent les plus vastes superficies en culture au Québec, devant le foin (655 900 ha) et les céréales (218 000 ha) (ISQ, 2021).

Les superficies totales cultivées en maïs-grain et fourrager ont atteint jusqu'à 490 500 ha en 2013 (figure 1). Mais au cours des dernières années, elles se situent plutôt autour de 460 000 ha. Les superficies en soya ont augmenté progressivement jusqu'à 398 000 ha en 2017 pour revenir à des superficies de l'ordre de 370 000 ha au cours des trois dernières années (ISQ, 2020).

Les superficies en maïs-grain génétiquement modifiés représentent environ 92 % des superficies en culture de maïs-grain, soit environ 351 000 ha sur les 382 700 ha cultivés en maïs-grain. En ce qui concerne le soya, ce sont 67,5 % des superficies qui sont en soya génétiquement modifié, soit 247 700 ha. Entre la période de 2009 à 2013 et celle de 2014 à 2018, les superficies en soya ont augmenté de 31 % (MAPAQ, 2020).

Pesticides utilisés dans les cultures de maïs et de soya

Les principaux pesticides homologués au Canada pour les cultures de maïs et de soya et utilisés au Québec sont présentés à l'annexe 1.

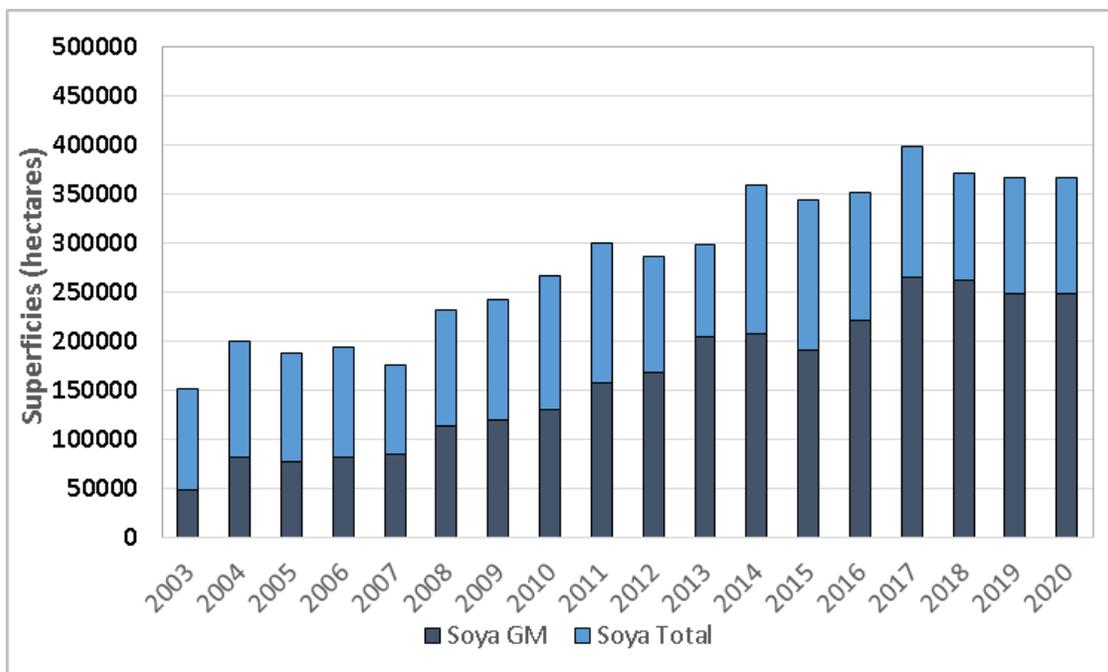
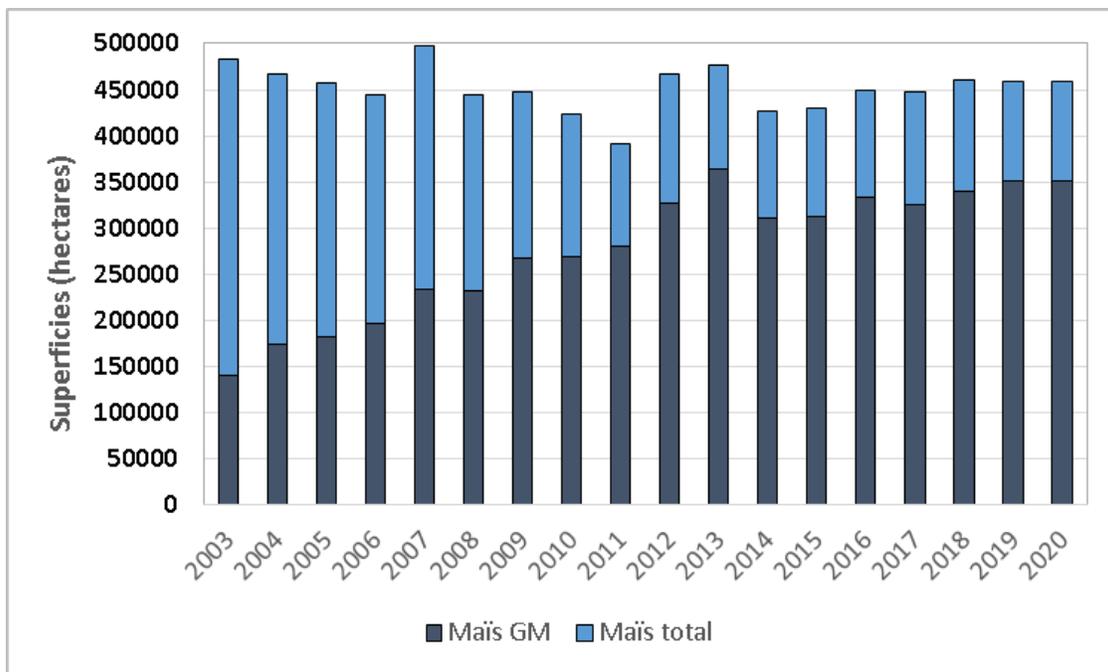
Herbicides. Les herbicides sont utilisés en début de saison de production, au mois de mai ou de juin, afin d'éliminer les mauvaises herbes qui peuvent faire compétition aux jeunes pousses de maïs ou de soya. Certains produits sont appliqués en prélevée de la culture ou des mauvaises herbes, d'autres le sont seulement après la levée. La figure 2 montre l'évolution des quantités de pesticides vendus au Québec en kilogramme d'ingrédients actifs (kg i.a.). Le glyphosate, un herbicide à large spectre conçu pour contrôler une

grande variété de mauvaises herbes, est l'herbicide le plus vendu au Québec. En raison de l'accroissement de son utilisation dans les cultures de maïs et de soya génétiquement modifiés (GM), il y a eu une augmentation importante des ventes de ce produit depuis le début des années 2000. Selon le dernier bilan des ventes de pesticides, les ventes de glyphosate affichent une légère hausse de 5 % depuis 2017 (MELCC, 2021). Les déclarations de ventes montrent aussi une diminution de 62 % de l'atrazine entre 2018 et 2019, soit une baisse globale de 84 % depuis la mise en œuvre de la justification et de la prescription agronomiques. D'autres herbicides ont pu être utilisés en remplacement de l'atrazine, mais la diminution des ventes de l'atrazine demeure supérieure au remplacement par d'autres pesticides. Les herbicides *s*-métolachlore, mésotrione et imazéthapyr, ce dernier étant utilisé dans le soya, figurent parmi les autres produits très utilisés.

Au fil des ans, plusieurs mauvaises herbes sont devenues résistantes à certains herbicides. Le laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection en collaboration avec le CEROM a recensé 14 mauvaises herbes devenues résistantes à des herbicides (RAP, 2020).

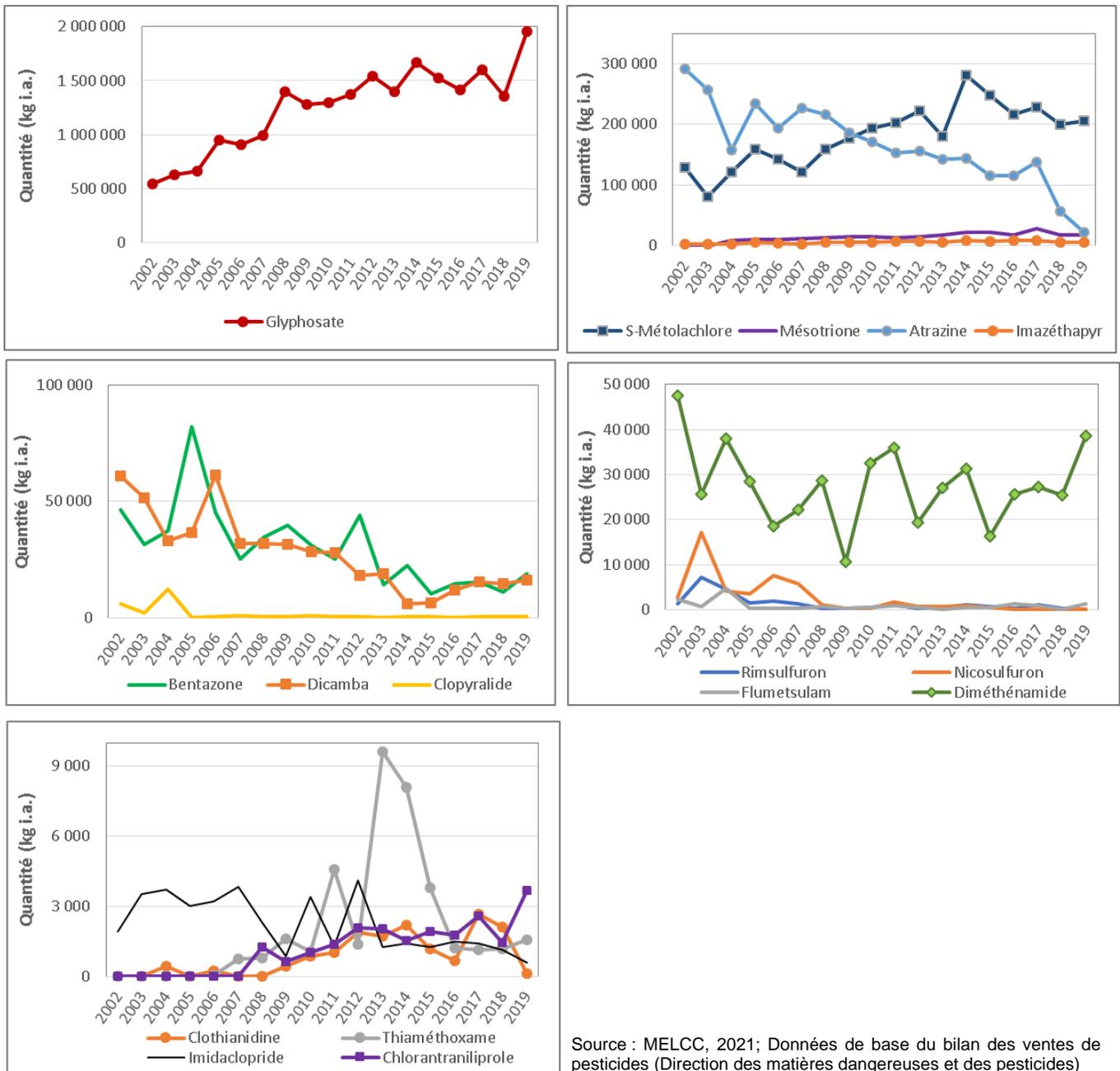
En réponse à l'évolution de la résistance, les fabricants conçoivent des formulations de mélanges commerciaux contenant un ou plusieurs herbicides ou recommandent l'application de mélanges de matières actives avec des modes d'action différents. Comme ces mélanges incluent plusieurs pesticides par traitement, les [indices de risque](#) pour l'environnement (IRE) et pour la santé (IRS) de chaque ingrédient actif sont additionnés, ce qui permet d'estimer les risques potentiels.

Fongicides et insecticides. Des fongicides et des insecticides peuvent aussi être utilisés dans les productions de maïs et de soya, mais ils sont le plus souvent associés aux traitements de semences. Parmi les fongicides utilisés, on note, par exemple, l'azoxystrobine, le métalaxyl et le fludioxonil.



Source : Institut de la statistique du Québec, 2021

Figure 1. Évolution des superficies de maïs (grain et fourrager) et de soya au Québec de 2003 à 2020



Source : MELCC, 2021; Données de base du bilan des ventes de pesticides (Direction des matières dangereuses et des pesticides)

Figure 2. Évolution des quantités vendues au Québec pour quelques pesticides homologués dans le maïs et le soya

Les semences traitées

L'usage des semences traitées aux insecticides néonicotinoïdes a commencé vers 2008-2009. Les principaux ravageurs des semis sont les vers fil-de-fer dans le maïs-grain et le maïs fourrager, et la mouche des semis dans le maïs-grain, le maïs fourrager et le soya (OAQ, 2020). Les semences de maïs et de soya sont généralement traitées

avec des insecticides et des fongicides. Les insecticides utilisés pour le traitement des semences sont les insecticides de la famille des néonicotinoïdes, tels que la clothianidine ou le thiaméthoxame et, plus récemment, les insecticides de la famille des diamides tels le chlorantraniliprole et le cyantraniliprole.

Les fongicides homologués en traitement de semences sont notamment l'azoxystrobine, le métalaxyl, le pyraclostrobine, le fludioxonil, le prothioconazole, et le thiabendazole.

En février 2018, le gouvernement du Québec a édicté le Règlement modifiant le Code de gestion des pesticides et le Règlement modifiant le Règlement sur les permis et les certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides. L'une des principales exigences visant le milieu agricole est l'obtention d'une prescription et d'une justification agronomiques préalablement à la vente et à l'utilisation des pesticides les plus à risque et des semences enrobées de néonicotinoïdes. Les pesticides visés par ces nouvelles exigences sont les insecticides néonicotinoïdes et le chlorpyrifos, l'herbicide atrazine et les néonicotinoïdes enrobant les semences des cultures d'avoine, de blé, de canola, de maïs fourrager, de maïs-grain, de maïs sucré, d'orge et de soya. Ces modifications réglementaires, entrées progressivement en vigueur depuis le 8 mars 2018, ont permis d'intégrer les trois néonicotinoïdes utilisés dans l'enrobage des semences (clothianidine, thiaméthoxame et imidaclopride) au bilan annuel des ventes de pesticides. Au cours des dernières années, deux nouveaux insecticides, le chlorantraniliprole et le cyantraniliprole, déjà homologués pour diverses cultures, ont été homologués pour le traitement des semences de maïs (et aussi des semences de pommes de terre et de canola dans

le cas du cyantraniliprole). Ils sont donc vraisemblablement utilisés par les producteurs en remplacement des semences enrobées de néonicotinoïdes.

L'année 2019 est une première année complète pour les ventes au détail de ces semences et la quantité vendue s'élève à 140 016 kg (maïs, soya et canola), ce qui représente 498 kg i.a. Selon les estimations, les ventes de semences de maïs et de soya traitées aux néonicotinoïdes représentent moins de 2 % des superficies totales ensemencées et moins de 1 % de celles de soya (MELCC, 2021a).

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) a récemment procédé à une réévaluation de l'homologation des insecticides néonicotinoïdes clothianidine, thiaméthoxame et imidaclopride, incluant leur utilisation sur les semences. La décision de l'ARLA (ARLA, 2021a, b et c) est de maintenir l'homologation de ces produits, incluant les traitements de semences. Quelques utilisations sont cependant révoquées et de nouvelles restrictions concernant l'utilisation devront aussi apparaître sur les étiquettes des produits. Les titulaires d'homologation ont deux ans pour se conformer à ces nouvelles exigences.

2 Méthodologie

Stations du réseau de base

Les rivières Chibouet, des Hurons, Saint-Régis et Saint-Zéphirin (figure 3) ont été retenues pour l'importance des superficies de maïs et de soya dans leur bassin versant respectif ainsi que leur localisation dans la vaste zone agricole du sud du Québec. Ces rivières sont suivies depuis 1992. Les coordonnées des stations apparaissent à l'annexe 2.

La proportion des superficies en culture dans chacun des bassins est présentée de façon détaillée au chapitre 4. Les données de 2020 de la Base de données des parcelles et productions agricoles déclarées de la Financière agricole du Québec indiquent que la proportion totale des terres cultivées était de 68 % dans le bassin de la rivière Chibouet, de 67 % dans celui de la rivière des Hurons, de 59 % dans celui de la rivière Saint-Régis et de 55 % dans celui de la rivière Saint-Zéphirin.

Autres rivières

Depuis 2012, afin d'avoir une meilleure connaissance de l'étendue du problème de contamination de l'eau par les pesticides, le Ministère

documente chaque année leur présence dans quelques rivières supplémentaires. Au total, 48 cours d'eau ont ainsi été échantillonnés de 2012 à 2020 (figure 4).

Le présent rapport fait état des résultats obtenus en 2018 dans les rivières Petite Yamachiche, Petite du Loup, Batiscan et Sainte-Anne, sur la rive nord du Saint-Laurent, ainsi que dans la rivière aux Brochets, un tributaire de la baie Missisquoi. En 2019, quatre tributaires de la rivière Yamaska ont été échantillonnés, soit les rivières Salvail, David, Pot au Beurre (branche 3) ainsi qu'un affluent de la rivière Saint-Louis. Les rivières du Chicot et du Chêne, dans le secteur du lac des Deux Montagnes, ont aussi été échantillonnées en 2019. En 2020, seul le ruisseau au Castor a été échantillonné. Il s'agit d'un tributaire de la rivière aux Brochets et son bassin versant est visé par un projet collectif d'amélioration des pratiques agricoles, dans le cadre de la Stratégie québécoise de l'eau. Les coordonnées de l'emplacement des stations sont présentées à l'annexe 2 et les superficies en culture de chaque bassin figurent à l'annexe 3.

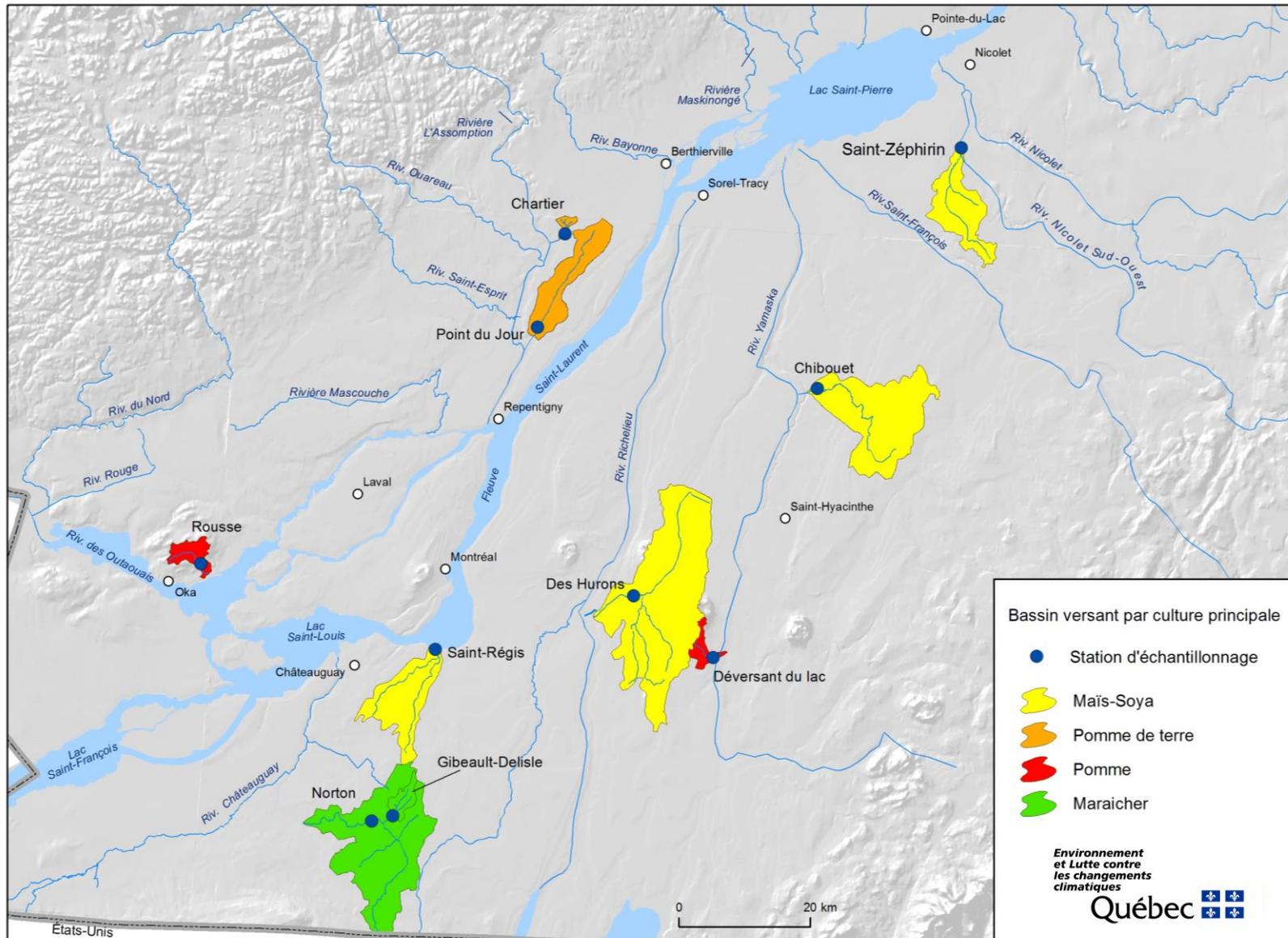


Figure 3. Réseau de base permanent du suivi des pesticides en rivières

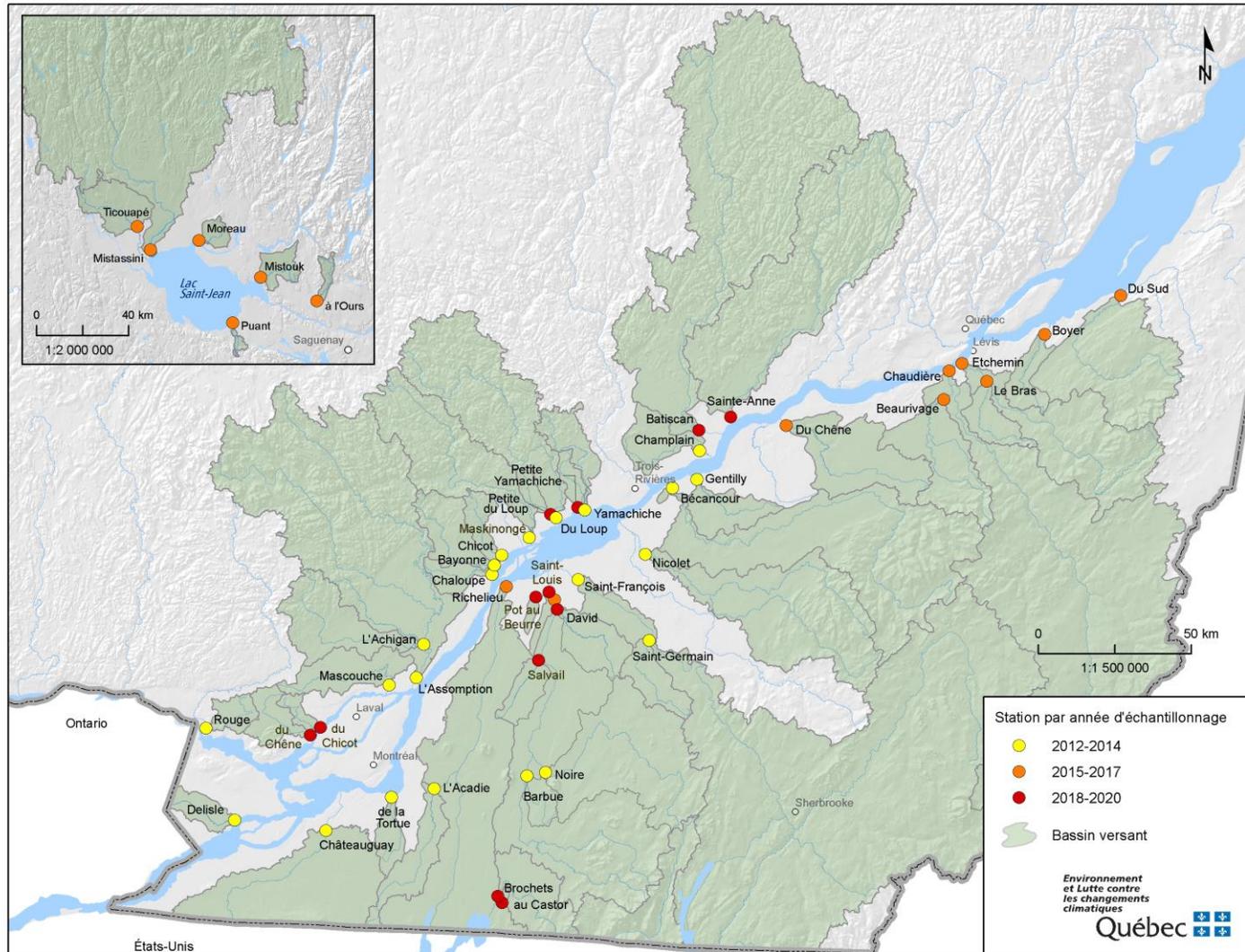


Figure 4 Suivi complémentaire – Rivières échantillonnées de 2012 à 2020

Échantillonnage

Le mode d'échantillonnage varie en fonction de l'envergure du cours d'eau. Les échantillons sont prélevés à gué dans les petits cours d'eau ou à partir des ponts dans le cas des plus grands. Pour l'échantillonnage à partir d'un pont, on utilise un support métallique sur lequel sont fixées les bouteilles de verre ou de plastique requises selon l'analyse. Les échantillons sont ensuite placés au frais, dans des glacières, et expédiés par courrier rapide au laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Le calendrier des dates d'échantillonnage est prédéterminé. L'échantillonnage est donc réalisé sans égard aux événements de pluie. Pour les quatre stations du réseau de base, l'approche repose sur l'hypothèse qu'avec un pas de temps relativement serré, les échantillons seront également répartis par temps de pluie et par temps sec et que le suivi année après année permet de tenir compte des années plus sèches ou plus humides. Ces stations ont été échantillonnées de la mi-mai à la mi-août, à raison de deux fois par semaine, pour un total d'environ 30 prélèvements par saison à chacune des stations.

Les douze cours d'eau supplémentaires ont généralement été échantillonnés 12 fois, soit une fois par semaine du début juin au début août, à l'exception de la rivière aux Brochets et du ruisseau au Castor où 16 et 34 échantillons ont été prélevés respectivement.

Pesticides analysés et critères de qualité de l'eau

Les échantillons ont fait l'objet de quatre analyses en laboratoire qui ont fourni des résultats pour plus de cent pesticides différents (tableau 1). Les quatre méthodes d'analyse et les limites de détection pour chacun des pesticides sont présentées à l'annexe 2.

Le principal critère de qualité de l'eau servant à évaluer le risque d'effet sur les organismes aquatiques est le critère pour la protection de la vie aquatique chronique (CVAC) (MELCC, 2021b). Les critères utilisés dans le cadre de la présente étude sont listés dans le tableau 1.

Le CVAC est la concentration maximale d'un produit à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pendant toute leur vie sans subir d'effets néfastes. Dans le milieu, toute concentration au-dessus de ce critère, lorsqu'elle

est maintenue suffisamment longtemps, est susceptible de causer un effet indésirable sur des espèces aquatiques. De faibles dépassements du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques si la durée et l'intensité de ces dépassements sont limitées et s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère. Plus la concentration excède le CVAC, plus la durée pendant laquelle elle peut être tolérée est courte. Pour quelques pesticides seulement, on dispose aussi d'un critère de vie aquatique aigu (CVAA). Il s'agit de la concentration maximale d'un contaminant à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés sur une courte période sans subir d'effets graves tels que la mortalité. Lorsque des concentrations au-delà de ces valeurs sont enregistrées, même une seule fois, des dommages à certaines espèces aquatiques sont possibles.

En théorie, les critères chroniques doivent être respectés en moyenne sur quatre jours, tandis que les critères aigus doivent être respectés en moyenne sur un maximum d'une heure. En pratique, les programmes de suivi peuvent rarement être à une fréquence aussi rapprochée, de sorte que chaque donnée individuelle doit être comparée directement à la valeur du critère.

Bien que les critères de qualité de l'eau soient très utiles pour fournir une première appréciation du risque pour les écosystèmes aquatiques, leur utilisation présente certaines limites. D'abord, ils ne sont pas disponibles pour tous les pesticides. En l'absence de critères québécois ou canadiens, quand la fréquence des détections dans le milieu aquatique le justifie, des critères provisoires, des valeurs guides ou des critères existants ailleurs dans le monde peuvent être utilisés. De plus, pour certains pesticides (diazinon, azinphos-méthyl, chlorpyrifos, perméthrine, deltaméthrine), les critères de qualité de l'eau visant à protéger la vie aquatique sont plus bas que les limites de détection atteignables avec les appareils de mesure à notre disposition. En pratique, lorsque ces produits sont détectés, ils dépassent systématiquement le critère de qualité de l'eau. Le fait de ne pas les détecter ne garantit donc pas nécessairement que la concentration soit sûre pour la vie aquatique.

Critères pour les néonicotinoïdes

Un critère de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique chronique pour trois néonicotinoïdes (clothianidine, thiaméthoxame et imidaclopride) a été adopté par le MELCC en 2016 sur la base des données écotoxicologiques alors disponibles. Il s'agit d'un critère unique de 0,0083 µg/l utilisé pour les trois produits individuels ou pour la somme des trois. Mais depuis 2016, de nouvelles études ont été publiées sur la toxicité de plusieurs néonicotinoïdes sur les espèces aquatiques. Ces nouvelles données permettent de calculer de nouveaux critères individuels pour chacune de ces substances ainsi que pour deux autres néonicotinoïdes, soit le thiaclopride et l'acétamipride. Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), auquel notre Ministère collabore, est à développer ces nouveaux critères, qui devraient être disponibles sous peu. Lorsqu'ils seront disponibles, ces nouveaux critères pourraient être retenus au Québec pour remplacer le critère unique actuellement utilisé.

Les critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques sont établis en tenant compte de la toxicité d'une seule substance à la fois, dans certaines conditions particulières du milieu (pH, température et dureté de l'eau). Ils ne tiennent donc pas compte d'éventuels effets additifs, synergiques ou antagonistes de nombreux produits présents en même temps dans l'eau. Comme les organismes aquatiques sont exposés à de nombreux contaminants, simultanément ou de façon séquentielle, l'évaluation au moyen de critères individuels de qualité de l'eau ne donne qu'une vue partielle des risques écotoxicologiques.

Pour tenter de comprendre les effets combinés de ces produits, il est utile de compléter l'évaluation, notamment en procédant à des essais de toxicité avec l'eau du milieu ou en étudiant des indicateurs

biologiques. Les indicateurs biologiques permettent de rendre compte de l'état de santé des espèces aquatiques. Ainsi, un suivi des macroinvertébrés benthiques a été réalisé dans quelques cours d'eau également suivis pour les pesticides. C'est le cas pour les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin. Les résultats sont présentés au chapitre 6.

Par ailleurs, des projets sont en cours dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent 2021-2026 afin de mieux cerner les impacts des pesticides sur les écosystèmes aquatiques québécois. Voir <https://www.planstlaurent.qc.ca/qualite-de-leau/amelioration-de-la-qualite-de-leau-projets-2011-2016/pollution-diffuse-2011-2016>.

Analyse statistique des tendances temporelles

Outre le dépassement des critères de qualité de l'eau, les données des stations du réseau de base sont également examinées pour y déceler les tendances temporelles des concentrations des pesticides détectés le plus souvent. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 2014) sur la période de 2010 à 2020 pour une dizaine de produits et de 2005 à 2020 pour le glyphosate et le β -métolachlore, et ce, pour les quatre stations du réseau de base.

Une analyse de covariance (ANCOVA) à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (version 9.4) et du module SAS/STAT (version 13.2 pour Windows) (SAS Institute Inc., 2014) a été réalisée pour vérifier les tendances temporelles pour les pesticides détectés dans plus de 50 % des échantillons.

Les statistiques descriptives par rivière, soit le nombre d'observations, la fréquence de détection ainsi que les concentrations moyenne, médiane et maximale des pesticides le plus souvent détectés, ont été calculées. Dans les calculs, les valeurs « non détectées » ont été remplacées par zéro. La méthode détaillée est présentée à l'annexe 4.

Tableau 1 Pesticides analysés et critères de qualité de l'eau pour la protection des espèces aquatiques (µg/l)

Analyse	Ingrédient actif	CVAC ¹	CVAA ¹	Analyse	Ingrédient actif	CVAC ¹	CVAA ¹
OPS+	Aldrine	0,017	0,15	OPS+ (suite)	Phosmet		
	Atrazine	1,8 ²	50		Primicarbe		
	Déséthyl-atrazine				Propiconazole	3,7	
	Déisopropyl-atrazine				Propoxur		
	Azinphos-méthyl	0,01			Propyzamide		
	Azoxystrobine	1,24 ³			Pyraclostrobin		
	Bendiocarbe				Quintozène	1,4 ⁴	
	Boscalide	12			Simazine	10	160
	Bromacil	5 ⁴			Tébutiuron	1,6 ⁴	
	Butilate	56 ⁴	1300 ⁴		Terbacil		
	Captafol			Terbufos			
	Captane	1,3 ⁴		Trifloxystrobine	0,044		
	Carbaryl	0,2		Trifluraline	0,2		
	1-naphtol			Triticonazole	16		
	Carbofuran	1,8		PESARY	Bentazone	510 ⁴	11 000 ⁴
	Carfentrazone-éthyl				Bromoxynil	5	
	Chorfenvinphos				Clopyralide		
	Chloronèbe	16 ⁴	370 ⁴		2,4-D	220	1 400
	Chlorothalonil	0,18 ⁴			2,4-DB	25 ⁴	560 ⁴
	Chloroxuron				Dicamba	10 ⁴	
	Chlorprophame	45 ⁴	600 ⁴		Dichlorprop (2,4-DP)		
	Chlorpyrifos	0,002	0,02		Diclofop-méthyle	6,1	
	Cyanazine	2 ⁴	1 000		Dinosébe	0,05	4,8
	Cyhalothrine-lambda				Fénoprop	30	270
	Cyperméthrine			Fluazifop-P			
	Deltaméthrine	0,0004		Hydroxychlorothalonil			
	Diazinon	0,004	0,064	MCPA	2,6 ⁴		
Dichlobénil			MCPB	7,3 ⁴	170 ⁴		
2,6-Dichlorobenzamide (BAM)			Mécoprop	13 ⁴	10 000 ⁴		
Dichlorvos			Piclorame	29 ⁴	290		
Dieldrine	0,056	0,24	Triclopyr				
Diméthazone			PESTICIDES ÉMERGENTS (PEM)	Acétamipride			
Diméthénamide	5,6 ⁴	260 ⁴		Azoxystrobine	1,24 ³		
Diméthoate	6,2 ⁴			Chlorantraniliprole	0,1 ⁴	0,56 ⁴	
Dimétomorphe				Chlorimuron éthyl			
Disulfoton				Clothianidine	0,0083 ⁵	0,2 ⁵	
Diuron	1,6			Cyantraniliprole	0,42 ⁴	2 ⁴	
EPTC	39 ⁴	880 ⁴		Fénamidone			
Fluazinam				Fénamidone métabolite			
Fludioxonil				Flumetsulame	3,1 ⁴	25 000 ⁴	
Fonofos				Flupyradifurone			
Iprodion	4 ⁴	91 ⁴	Imazapyr				
Linuron	7 ⁴		Imazéthapyr	8,1 ⁴	34 000 ⁴		
Malathion	0,1		Imidaclopride	0,0083 ⁵	0,2 ⁵		
Métalaxyl	129		Imidaclopride-guanidine				
Méthidathion			Imidaclopride-oléfine				
Méthoxychlore	0,03		Imidaclopride-urée				
Méthyl-parathion			Isoxafutole				
s-Métolachlore	7,8 ⁴	110	Mésotrione				
Métribuzine	1 ⁴		Nicosulfuron				
Mévinphos			Piriméthanol				
Myclobutanil	11 ⁴	240 ⁴	Rimsulfuron	4,6 ⁴			
Napropamide			Sulfosulfuron				
Parathion	0,013	0,065	Thiaclopride	0,064 ^{5 et 6}	0,77 ⁵		
Pendiméthaline			Thiaméthoxame	0,0083 ⁵	0,2 ⁵		
Perméthrine	0,004 ⁴	0,044 ⁴	GLY-AMPA	Glyphosate	800 ou 65 ⁷		
Phorate				AMPA			
Phosalone				Glufosinate			

OPS+ : Pesticides organophosphorés et autres familles chimiques

PESARY : Pesticides aryloxyacides

1 MELCC, 2021b

2 CVAC de 1,8 µg/l pour la somme de l'atrazine et de ses produits de dégradation

3 Valeur guide estimée selon la méthode décrite dans le document de référence du MELCC (1990) et utilisant les données de toxicité pour la daphnie, les algues et la truite arc-en-ciel de la base de données SAgE pesticides (Giroux, Laverdière et Grenon, 2013)

4 Critère provisoire

5 Des nouveaux critères pour les néonicotinoïdes sont en préparation par le CCME. Le critère actuel est pour la clothianidine, le thiaméthoxame et l'imidaclopride pris individuellement ou pour la somme de ceux-ci. Dans le cas présent, on a utilisé le critère pour chaque substance individuellement, sans faire la somme.

6 Kontiokari et Mattsof, 2011

7 Le CVAC est de 800 µg/l pour la matière active seule et de 65 µg/l pour la formulation commerciale.

Produit parent et, en italique, produit de dégradation

3 Réseau de base – constats généraux

Fréquence de détection

Dans les quatre cours d'eau du réseau de base, plusieurs pesticides sont détectés en même temps dans l'eau tout au long de la période de mai à août pour les trois années étudiées. Comme dans les suivis antérieurs (Giroux, 2019, 2015 et 2010; Giroux et Pelletier, 2012), le nombre d'herbicides détectés est important. Sept herbicides ou produits de dégradation d'herbicides sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Ce sont, dans l'ordre, le β -métochlorure, le glyphosate, l'imazéthapyr, l'AMPA (produit de dégradation du glyphosate), l'atrazine, le bentazone et le dééthyl-atrazine (produit de dégradation de plusieurs triazines dont l'atrazine) (tableau 2).

La fréquence de détection du β -métochlorure demeure toujours élevée, autour de 99 %, alors que celle de l'atrazine a diminué, passant d'une fréquence de 99 % en 2015 à une fréquence de 87 % en 2020 (figure 5). La détection du glyphosate et de son produit de dégradation, l'AMPA, a beaucoup augmenté au cours des années. Le glyphosate est détecté dans presque tous les échantillons (98,9 %) et l'AMPA est maintenant détecté dans 93,3 % des échantillons en moyenne pour la période 2018-2020, ce qui représente une augmentation par rapport à la période 2015-2017 où il était détecté dans 79,7 % des échantillons.

On note aussi une augmentation de la fréquence de détection de l'imazéthapyr, utilisé dans le soya. Il était détecté dans 89,8 % des échantillons pour la période de 2015 à 2017, mais est détecté dans 96,1 % des échantillons pour la période de 2018 à 2020. Le mésotrione, qui était détecté dans 58 % des échantillons pour la période de 2015 à 2017, est maintenant détecté dans 34,5 % de ceux prélevés de 2018 à 2020.

Pour la période de 2018 à 2020, une vingtaine d'autres herbicides ont été décelés, mais à une fréquence moins élevée (tableau 2).

Les insecticides détectés le plus souvent sont le chlorantraniliprole, un produit de la famille des diamides, ainsi que ceux de la famille des néonicotinoïdes, notamment le thiaméthoxame et la clothianidine. La fréquence de détection du chlorantraniliprole a graduellement augmenté au cours des dernières années. Elle est passée de 76,3 % durant la période de 2015 à 2017 à 99,5 %

pour la période de 2018 à 2020, ce qui représente une augmentation de 2 %.

En 2018-2020, les insecticides néonicotinoïdes, notamment le thiaméthoxame et la clothianidine, ont connu une diminution de leur fréquence de détection dans les quatre cours d'eau étudiés en comparaison de la période 2015-2017. Ils sont détectés respectivement dans 59,2 % et 51,4 % des échantillons, comparativement à 98,3 % et 90,9 % lors de la période précédente, soit une diminution d'environ 40 % pour ces deux produits par rapport à la période 2015-2017.

L'insecticide imidaclopride, un autre produit de la famille des néonicotinoïdes, a été détecté dans 38,6 % des échantillons en 2018-2020, alors qu'on le trouvait dans 54 % des échantillons au cours de la période 2015-2017. Cet insecticide est plutôt utilisé dans les cultures maraîchères, ce qui explique qu'on le détecte plus souvent dans le bassin de la rivière Saint-Régis où ces cultures couvrent des superficies plus importantes. Le cyantraniliprole, de la famille des diamides, est détecté dans 27 % des échantillons.

Une dizaine d'autres insecticides sont décelés, mais dans moins de 10 % des échantillons. Parmi les fongicides analysés, sept ont été détectés. Ceux présents le plus souvent sont l'azoxystrobine, le boscalide et le pyriméthanol, décelés dans 63 %, 19,4 % et 15 % des échantillons respectivement.

Le tableau 3 montre les concentrations maximales mesurées pour chaque pesticide. Les herbicides présentent habituellement les concentrations les plus élevées. Le glyphosate, le β -métochlorure et le diméthénamide sont ceux qui ont présenté les valeurs maximales les plus élevées pour la période 2018-2020, avec des valeurs de 29 µg/l, 21 µg/l et 8,3 µg/l respectivement. Hormis une concentration de 1,2 µg/l pour le diméthoate, les insecticides et les fongicides ont tous présenté des valeurs de moins de 1 µg/l. Toutefois, ces valeurs peuvent excéder les critères de qualité de l'eau comme on le verra à la section suivante.

Les concentrations les plus élevées de pesticides sont habituellement observées entre la fin mai et la fin juillet, durant ou peu après des épisodes de pluie.

Tableau 2. Fréquence de détection des pesticides dans les quatre rivières du réseau de base (%)

	2015	2016	2017	Moyenne	2018	2019	2020	Moyenne
Herbicides								
γ-Métolachlore	100	99,1	100	99,7	100	98,3	100	99,4
Glyphosate	98,3	98,3	96,6	97,7	97,5	99,2	100	98,9
Imazéthapyr	96,7	93,2	79,6	89,8	93,3	98,3	96,7	96,1
AMPA	81,6	69,6	88	79,7	80,8	100	99,2	93,3
Atrazine	99,1	94,1	95,7	96,3	95,8	90	86,7	90,8
Bentazone	67,2	53,9	59	60	40	84,2	73,3	65,8
Dééthyl-atrazine	89	74,7	76	79,9	80,8	63,3	50,8	65,0
2,4-D	30,2	21,7	23,2	25	26,7	54,2	56,7	45,9
Dicamba	44,3	44,5	47,8	45,5	48,3	40,8	41,7	43,6
Diméthénamide	22,1	18,5	29,8	23,5	54,2	45	27,5	42,2
MCPA	22,7	8,4	6,8	12,6	17,5	38,3	70,8	42,2
Métribuzine	63,7	26,8	53	47,8	53,3	34,1	31,6	39,7
Mésotrione	69,8	65,5	39,4	58,2	24,2	40	39,2	34,5
Mécoprop	30,9	7,5	5,2	14,5	21,7	33,3	41,7	32,2
Chlorimuron-éthyl	NA	NA	0	0	15	8,35	14,2	12,5
Rimsulfuron	21,7	10,2	16,2	16	12,5	10	7,5	10,0
Fluazifop-P	NA	NA	NA	NA	NA	5	12,5	8,8
Flumetsulame	21,6	22,9	25,2	23,2	10	13,3	2,5	8,6
Bromoxynil	10,9	4,2	4,3	6,4	5,9	10,8	7,5	8,1
Nicosulfuron	27,8	17,8	18,7	21,4	4,2	0	8,3	4,2
Déisopropyl-atrazine	25,5	5,8	20,5	17,3	7,5	0,8	1,7	3,3
Clopyralide	0	2,5	0,87	1,12	0	1,7	6,7	2,8
Terbacil	NA	NA	NA	NA	NA	1,7	3,3	2,5
EPTC	0	0,85	1,7	0,85	1,7	5	0	2,2
Glufosinate	0	2,5	0,85	1,1	0	4,2	0	1,4
BAM	2,5	4,3	3,4	3,4	0	0	3,3	1,1
2,4-DP	0	0	0,85	0,28	0,8	2,5	0	1,1
Simazine	0	0	3,3	1,1	0	0	2,5	0,8
Diuron	0	0	0	0	0,8	0	1,7	0,8
Linuron	1,7	0	0	0,56	0	0	1,7	0,6
Napropamide	0	0	0	0	1,7	0	0	0,6
2,4-DB	0	0	0	0	0	1,6	0	0,5
Imazapyr	17,5	1,7	2,6	7,3	0,8	0	0	0,3
Diméthazone	0	0	0	0	0,8	0	0	0,3
Sulfosulfuron	1,6	0,83	0,85	1,1	0	0	0	0
Pendiméthaline	3,4	0	0	1,1	0	0	0	0
Insecticides								
Chlorantraniliprole	53,4	83,2	92,2	76,3	99,2	100	99,2	99,5
Thiaméthoxame	100	96,6	98,3	98,3	57,5	52,5	67,5	59,2
Clothianidine	100	93,3	79,5	90,9	31,7	56,6	65,8	51,4
Imidaclopride	NA	NA	54	54	44,2	30,8	40,8	38,6
Cyantraniliprole	NA	NA	13	13	11,7	30	39,2	27,0
Imidaclopride-guanidine	NA	NA	0	0	14,2	9,2	3,4	8,9
Diméthoate	5,9	0	0,85	2,25	5,8	7,5	3,4	5,6
Thiaclopride	NA	NA	8,35	2,8	3,3	5,8	5,8	5,0
Carbaryl	2,5	4,2	1,7	2,8	0	6,7	5,8	4,2
Flupyradifurone	NA	NA	0,85	0,28	0,8	1,7	5,8	2,8
Acétamipride	NA	NA	0	0	0,8	2,5	1,7	1,7
Diazinon	1,6	0	0	0,53	0	0	4,2	1,4
Malathion	5,1	0	0,85	2	0,8	0	0,8	0,5
Chlorpyrifos	9,15	3,3	-	4,15	0,8	0	0	0,3
λ-Cyhalothrine	0	0	0	0	0,8	0	0	0,3
1-Naphtol	0	0	0	0	0	0	0,8	0,3
Parathion-méthyl	0,85	0	0	0,28	0	0	0	0
Propoxur	0	0	0,85	0,28	0	0	0	0
Perméthrine	0,82	-	-	0,27	0	0	0	0
Fongicides								
Azoxystrobine	2,5	0	47,8	16,7	57,5	64,1	67,7	63,1
Boscalide	5,8	5,8	4,3	5,3	22,5	18,3	17,5	19,4
Pyriméthanil	NA	NA	16,2	16,2	5,8	17,5	21,7	15
Hydroxychlorothalonil	NA	NA	NA	NA	NA	12,5	6,7	9,6
Fénamidone	0	0	17,2	5,7	0	4,2	0,8	1,7
Métalaxyl	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0,8	0,3
Dimétomorphe	0	0	0	0	0	0	0,8	0,3
Trifloxystrobine	-	0,8	-	0,3	0	0	0	0

Italique : produit de dégradation

NA : non analysé

Tiret : produit non détecté

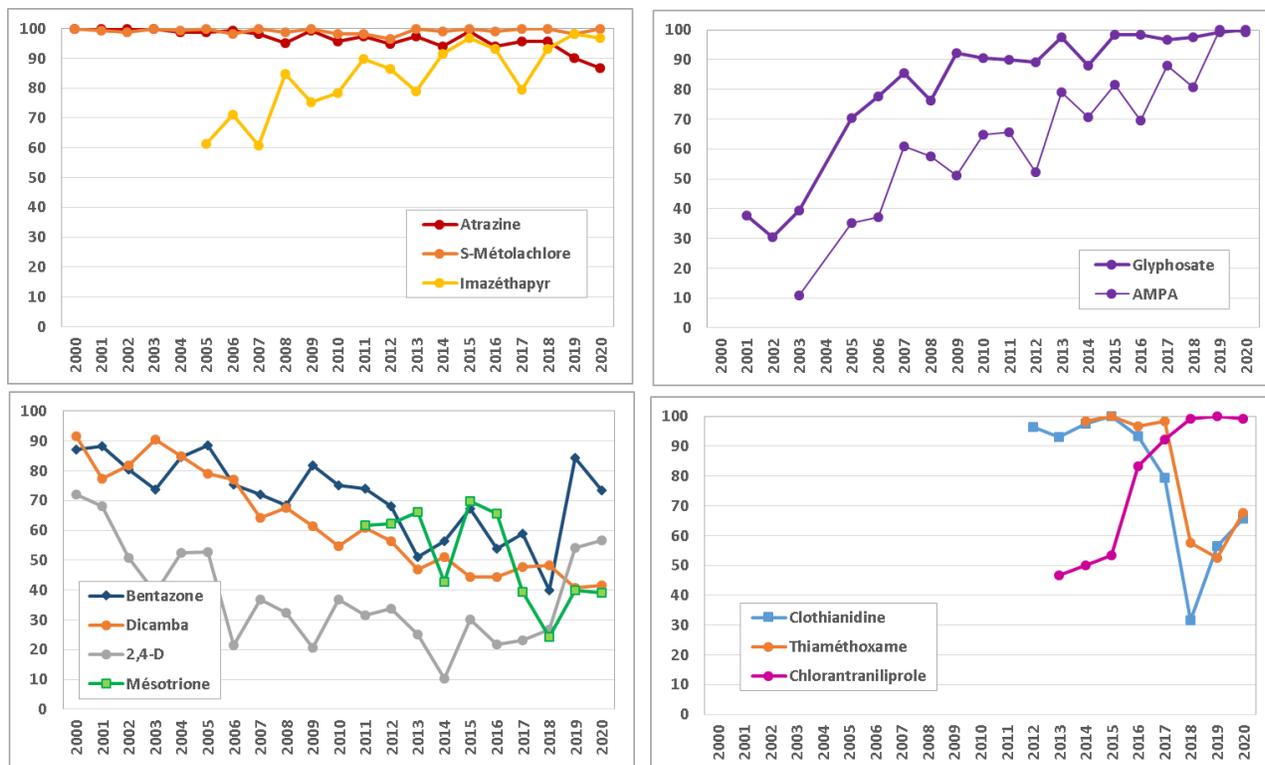


Figure 5. Tendances des fréquences (%) de détection pour quelques pesticides

Des changements dans les limites de détection (LD) des analyses peuvent avoir une influence sur la fréquence de détection des produits. Pour une LD plus élevée on pourrait observer moins de détections et pour une LD plus basse, un plus grands nombre de détections. Parmi les produits examinés, des changements de LD ont notamment été effectués au fil des ans pour la clothianidine, le thiaméthoxame, l'AMPA, l'imazéthapyr et l'atrazine.

Ainsi, le léger rehaussement de la LD pour la clothianidine à partir de 2017, qui est passée de 0,002 µg/l à 0,005 µg/l pour la clothianidine et de 0,001 à 0,002 pour le

thiaméthoxame, n'a eu que très peu d'effet sur les constats généraux de la fréquence de détection pour la clothianidine et aucun effet pour le thiaméthoxame. Dans les deux cas, même si on avait utilisé la LD la plus élevée pour toute la période à l'étude, le constat demeure le même, à savoir une diminution de la fréquence de détection pour les deux produits.

Dans l'ensemble, ces changements de LD ont eu peu d'effets sur les constats généraux pour ces différents pesticides.

Tableau 3. Concentrations maximales mesurées aux stations du réseau de base (µg/l)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides						
s-Métolachlore	11	5,1	19	21	3,6	6,7
Glyphosate	140	4,2	4,5	13	29	10
Imazéthapyr	0,96	0,46	1,2	3,1	1,1	0,31
AMPA	1,6	3,3	1,9	2,7	3,4	2,6
Atrazine	4,8	3,4	7,9	0,86	1	1,5
Bentazone	19	1,3	1,7	0,52	3,6	0,61
Dééthyl-atrazine	0,36	0,31	0,24	0,07	0,21	0,08
2,4-D	0,49	0,72	0,76	1,4	2,7	0,74
Dicamba	0,82	0,98	1	0,58	1,2	2,6
Diméthénamide	0,73	0,26	0,51	4	8,3	0,25
MCPA	0,97	0,4	0,58	0,27	0,7	0,67
Métribuzine	0,9	0,88	7,1	0,85	4,2	0,41
Mésotrione	1,7	1,1	0,56	4,2	1	1,1
Mécoprop	0,32	0,32	0,19	0,17	0,11	0,21
Chlorimuron-éthyl	NA	NA	0	0,44	0,092	0,053
Rimsulfuron	0,029	0,044	0,053	0,055	0,028	0,15
Fluazifop-P	NA	NA	NA	NA	0,54	< LD
Flumetsulame	0,11	0,059	0,029	0,76	0,1	0,19
Bromoxynil	0,51	0,27	0,08	0,04	0,97	0,19
Nicosulfuron	0,043	0,036	0,056	0,009	< LD	0,039
Déisopropyl-atrazine	0,1	0,05	0,11	0,04	0,01	0,05
Clopyralide	< LD	0,99	0,35	< LD	0,07	0,73
Terbacil	NA	NA	NA	NA	0,01	0,02
EPTC	< LD	0,04	0,03	0,02	0,03	< LD
Glufosinate	< LD	0,06	0,05	< LD	1,2	< LD
BAM	0,03	0,06	0,03	< LD	< LD	0,03
2,4-DP	< LD	< LD	0,11	0,08	0,03	< LD
Simazine	< LD	< LD	0,07	< LD	< LD	0,02
Diuron	< LD	< LD	< LD	0,5	< LD	0,2
Linuron	0,11	< LD	< LD	< LD	< LD	0,41
Napropamide	< LD	< LD	< LD	0,02	< LD	< LD
2,4-DB	< LD	< LD	< LD	< LD	2,6	< LD
Imazapyr	0,019	0,011	0,035	0,009	< LD	< LD
Diméthazone	< LD	< LD	< LD	0,03	< LD	< LD
Sulfosulfuron	0,004	0,001	0,002	< LD	< LD	< LD
Pendiméthaline	3,4	< LD				
Insecticides						
Chlorantraniliprole	0,39	0,22	0,42	0,15	0,94	0,25
Thiaméthoxame	4,5	0,69	0,86	0,65	0,66	0,28
Clothianidine	0,52	0,34	0,51	0,17	0,052	0,042
Imidaclopride	NA	NA	0,23	0,37	0,097	0,078
Cyantraniliprole	NA	NA	0,1	0,32	0,41	0,22
Imidaclopride-guanidine	NA	NA	< LD	0,017	0,006	0,01
Diméthoate	0,32	< LD	0,11	0,27	1,2	0,19
Thiaclopride	NA	NA	0,025	0,028	0,013	0,005
Carbaryl	0,12	0,41	0,19	< LD	0,18	0,48
Flupyradifurone	NA	NA	0,016	0,006	0,008	0,015
Acétamipride	NA	NA	< LD	0,006	0,021	0,033
Diazinon	0,05	< LD	0,01	< LD	< LD	0,23
Malathion	5,5	< LD	0,04	0,04	< LD	0,05
Chlorpyrifos	0,27	0,06	< LD	0,04	< LD	< LD
λ-Cyhalothrine	< LD	< LD	< LD	0,02	< LD	< LD
1-Naphtol	< LD	0,04				
Parathion-méthyl	0,08	< LD				
Propoxur	< LD	< LD	0,06	< LD	< LD	< LD
Perméthrine	1,1	< LD				
Fongicides						
Azoxystrobine	0,007	-	0,12	0,26	0,054	0,041
Boscalide	0,98	0,4	0,77	0,22	0,36	0,14
Pyriméthanil	NA	NA	0,025	0,04	0,28	0,25
Hydroxychlorothalonil	NA	NA	NA	NA	0,13	0,35
Fénamidone	NA	NA	0,008	< LD	0,002	0,005
Métalaxyl	0,06	0,98	0,05	< LD	< LD	0,22
Dimétomorphe	< LD	0,4				
Trifloxystrobine	-	0,06	-	< LD	< LD	< LD

NA : non analysé

LD : limite de détection

gras : valeur qui dépasse le CVAC

Comparaison des concentrations aux critères de protection de la vie aquatique

De 2018 à 2020, dans les quatre rivières du réseau de base, des dépassements de CVAC ont été observés pour neuf pesticides, soit six insecticides (clothianidine, thiaméthoxame, imidaclopride, chlorantraniliprole, diazinon, carbaryl) et trois herbicides (*S*-métolachlore, métribuzine et diméthénamide) (tableau 4).

Les pesticides qui dépassent le plus souvent leur critère sont les insecticides néonicotinoïdes. De 2018 à 2020, pour les quatre rivières, le thiaméthoxame dépasse le CVAC de 0,0083 µg/l dans 46,1 % des échantillons, et la clothianidine et l'imidaclopride dans respectivement 42,2 % et 28,3 % des échantillons. Dans le cas de la clothianidine et du thiaméthoxame, les dépassements des CVAC sont donc beaucoup moins fréquents que pour la période 2015-2017 où des dépassements étaient observés dans 89,8 % des échantillons pour le thiaméthoxame et dans 90,6 % des échantillons pour la clothianidine. Même si leur fréquence a diminué, l'amplitude des dépassements est parfois encore importante.

En ce qui concerne les autres produits, les dépassements sont occasionnels, soit entre 1 et 6 % des échantillons. Le chlorantraniliprole a dépassé le CVAC de 0,1 µg/l dans 3,3 % des échantillons. Durant la période 2015-2017, les dépassements pour cet insecticide étaient observés uniquement dans la rivière Saint-Régis. En 2020, en plus des dépassements dans la rivière Saint-Régis, quelques dépassements ponctuels sont aussi notés aussi dans les rivières Chibouet et des Hurons.

La figure 6 illustre l'évolution de la fréquence des dépassements des critères de qualité de l'eau pour chacune des rivières du réseau de base. Il s'agit de la proportion (en pourcentage) des échantillons prélevés chaque année depuis 1992 pour lesquels un ou plusieurs pesticides dépassent le CVAC. Le bond observé dans la fréquence des dépassements pour l'année 2012 correspond au début de l'analyse des néonicotinoïdes. Les dépassements pour ces produits sont demeurés élevés pendant plusieurs années. Au cours de la période 2018-2020, les dépassements ont été moins fréquents, notamment dans la rivière Saint-Zéphirin. Dans le cas de la rivière Saint-Zéphirin, les dépassements des CVAC sont passés d'une fréquence de 100 % de 2015 à 2017 à 54,4 % pour la période de 2018 à 2020, soit une baisse de

45,6 %. Pour la rivière Chibouet, les dépassements sont passés en moyenne de 97,7 % à 77,8 % pour 2018-2020, soit une baisse de 19,9 %. Dans la rivière des Hurons, la fréquence des dépassements est passée de 95,4 % en moyenne pour 2015-2017 à 82,2 % pour 2018-2020, ce qui représente une diminution de 13,2 %. Par contre on ne constate pas de baisse de la fréquence des dépassements dans le cas de la rivière Saint-Régis.

On note aussi des dépassements des critères aigus (CVAA) dans les rivières Saint-Régis et des Hurons. Les valeurs maximales mesurées pour chaque produit sont présentées au tableau 3. Dans la rivière Saint-Régis, de 6,7 % à 16,7 % des échantillons ont révélé des concentrations qui dépassaient le CVAA de 0,2 µg/l. La concentration la plus élevée de thiaméthoxame (0,66 µg/l) a été mesurée dans la rivière Saint-Régis en 2019 et représente trois fois le CVAA de 0,2 µg/l. La valeur maximale de 0,37 µg/l d'imidaclopride a été mesurée dans la rivière des Hurons en 2018 et correspond à une amplitude du double du CVAA. Des dépassements du CVAA pour l'imidaclopride ont été observés dans 3 % des échantillons de la rivière Saint-Régis et de la rivière des Hurons. La valeur maximale pour la clothianidine (0,17 µg/l), pour la période de 2018 à 2020, a été mesurée dans la rivière des Hurons en 2018, mais ne dépasse pas la valeur du CVAA (0,2 µg/l). Rappelons que le dépassement d'un CVAA indique une possibilité d'effets graves pour l'écosystème aquatique même si le dépassement est de courte durée.

Pour la période 2018-2020, les trois autres insecticides qui dépassent les critères le font dans moins de 6 % des échantillons. Ce sont le chlorantraniliprole, le diazinon et le carbaryl. Bien qu'il dépasse moins souvent le critère de qualité de l'eau, le chlorantraniliprole a montré une valeur maximale de 0,94 µg/l dans la rivière Saint-Régis en 2019, une amplitude de 1,6 fois le CVAA de 0,56 µg/l. Une valeur maximale de 0,23 µg/l a été mesurée pour le diazinon dans la rivière Saint-Régis en 2020, ce qui correspond à une amplitude de 3,6 fois le CVAA (0,064 µg/l).

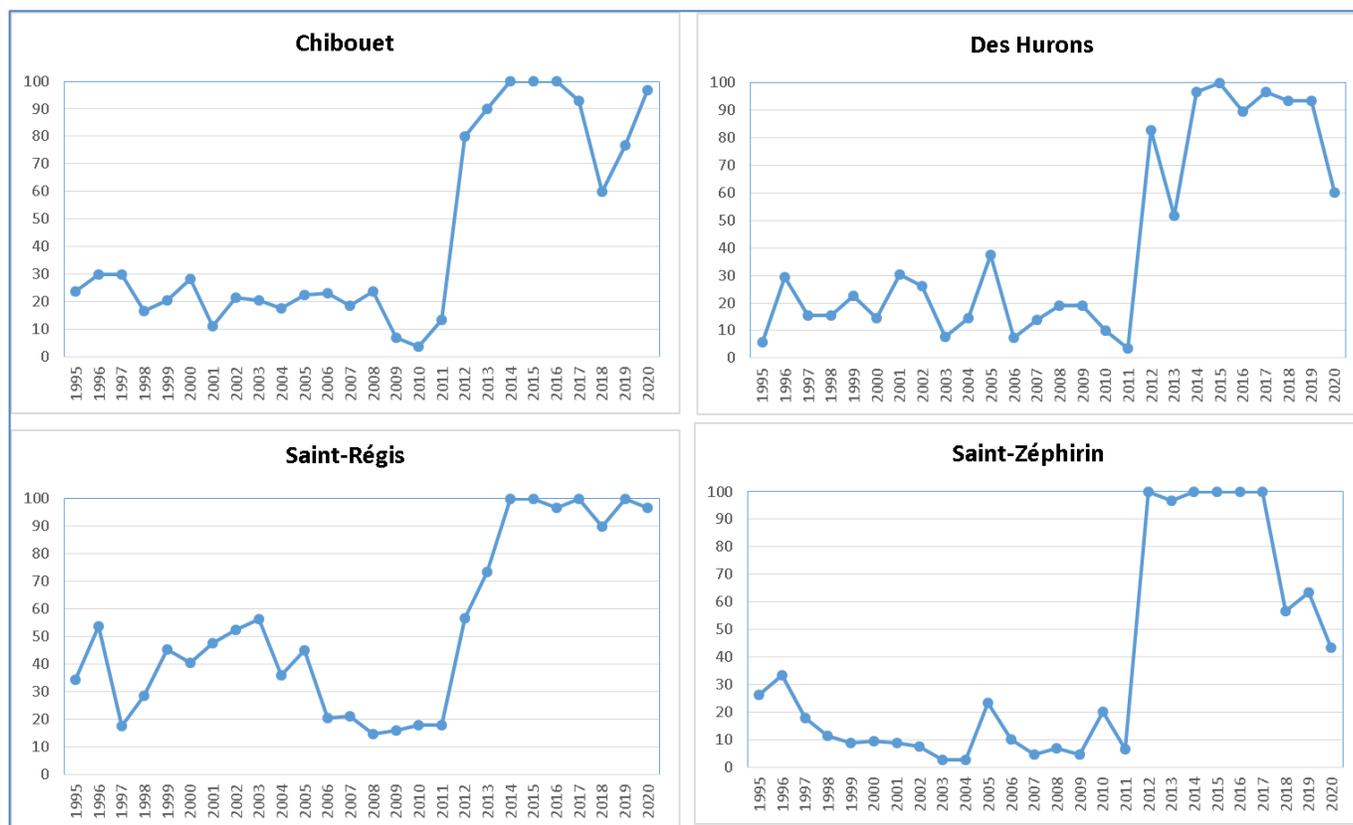
Rappelons que plus les dépassements ont une amplitude et une fréquence élevées, plus ils seront susceptibles d'entraîner des effets nocifs sur les organismes aquatiques.

Tableau 4. Fréquence de dépassement des critères de qualité de l'eau (CVAC) par produit (moyenne des quatre rivières du réseau de base) (%)

	CVAC ($\mu\text{g/l}$)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides											
Atrazine	1,8	4,3	5	6,8	6,9	7,6	2,5	0,8	0	0	0
Métribuzine	1	0,8	0	0	4,3	0	0	0,8	0	0,8	0
s-Métolachlore	7,8	0	0,8	0,8	1,7	2,5	0	0,8	0,8	0	0
Diméthénamide	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0
Glyphosate	65	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0
Insecticides											
Clothianidine	0,0083	NA	77,3	73,9	92,2	100	92,4	79,5	31,7	55,8	39,2
Thiaméthoxame	0,0083	NA	NA	NA	88,9	99,1	91,6	78,7	47,5	37,5	53,3
Imidaclopride	0,0083	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30,1	41,6	23,3	20
Néonicotinoïdes	0,0083	NA	77,3	73,9	99,1	100	97,5	97,5	77,5	83,3	77,5
Chlorantraniliprole	0,1	NA	NA	0	3,5	7,5	3,3	6	1,7	2,5	5,8
Chlorpyrifos	0,002	0,8	6,7	9,4	7,7	9,2	3,4	0	0	0	0
Carbaryl	0,2	0,8	0,8	2,6	0,9	0	1,7	0	0	0	0,8
Diazinon	0,004	2,6	0	0,8	0	1,7	0	0,8	0	0	4,2
Diméthoate	6,2	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malathion	0,1	0	0	0,8	0,9	1,7	0	0	0	0	0
Perméthrine	0,004	0	0,8	0	0	0,8	0	0	0	0	0

Surligné bleu : pesticides visés par la justification et la prescription agronomiques

NA : produit non analysé cette année-là



Évolution des concentrations de pesticides

Les pesticides détectés dans plus de 50 % des échantillons ont fait l'objet d'une analyse statistique

des concentrations. Les traitements ont été effectués sur les logarithmes népériens des données brutes (tableau 5) et sur les médianes des concentrations (figures 7 à 10). L'analyse des tendances à partir des données brutes est plus robuste, tandis que celle basée sur les médianes

est plus représentative de la tendance centrale des données et reflète mieux l'évolution générale sur une longue période.

Globalement, l'analyse statistique des données brutes montre une tendance significative à la baisse des concentrations des insecticides clothianidine et thiaméthoxame, et des herbicides atrazine, bentazone et mésotrione. La tendance est homogène dans les quatre rivières dans le cas de la clothianidine, de l'atrazine, du bentazone et du mésotrione, mais elle ne l'est pas pour le thiaméthoxame. Celui-ci montre une baisse plus marquée dans la rivière Saint-Zéphirin et la rivière des Hurons. Une tendance significative à la hausse des concentrations est constatée dans le cas du chlorantraniliprole, du glyphosate et de l'AMPA.

Pour le chlorantraniliprole, la tendance à la hausse n'est pas homogène dans les quatre rivières. La hausse est plus marquée dans la

rivière Chibouet et la rivière Saint-Zéphirin. Dans le cas de l'imidaclopride, de l'imazéthapyr et du β -métochlorure, on ne constate aucune tendance, sinon des tendances opposées. Pour ce qui est du glyphosate et du β -métochlorure, l'analyse a aussi été effectuée sur la période 2005-2020. Dans le cas du glyphosate, cette analyse supplémentaire révèle que la tendance à la hausse s'est surtout manifestée au début de la période, alors que la concentration semble s'être stabilisée dans les dernières années. Dans le cas du β -métochlorure, l'analyse sur quinze ans ne montre pas davantage de tendance que celle sur les dix dernières années. Les concentrations du produit demeurent relativement stables.

Pour tous les pesticides étudiés, l'analyse statistique des médianes va généralement dans le même sens que celle de l'analyse des données brutes (figures 7 à 10).

Tableau 5. Tendance des concentrations de quelques pesticides calculée à partir des données brutes

Pesticide	Période	Rivière	Estimation de la pente ²	Probabilité	Tendance
Pesticides visés par la réglementation ¹					
Atrazine	2010-2020	Tendance homogène	-0,1634	< 0,0001	Tendance significative à la baisse dans les quatre rivières
Clothianidine	2012-2020	Tendance homogène	-0,0851	< 0,0001	Tendance significative à la baisse dans les quatre rivières
Thiaméthoxame	2014-2020	Chibouet	-0,1291	0,0034	Tendance significative à la baisse dans les quatre rivières
		Des Hurons	-0,212	< 0,0001	
		Saint-Régis	-0,156	0,0006	
		Saint-Zéphirin	-0,29	< 0,0001	
Imidaclopride	2015-2020	Chibouet	-0,1863	0,0005	Tendance significative à la baisse
		Des Hurons	0,0921	0,0356	Tendance significative à la hausse
		Saint-Régis	-0,2184	< 0,0001	Tendance significative à la baisse
		Saint-Zéphirin	-0,0098	0,803	Aucune tendance
Autres pesticides					
Chlorantraniliprole	2013-2020	Chibouet	0,1556	< 0,0001	Tendance significative à la hausse dans les quatre rivières
		Des Hurons	0,1093	< 0,0001	
		Saint-Régis	0,0552	0,0221	
		Saint-Zéphirin	0,1304	< 0,0001	
Glyphosate	2010-2020	Tendance homogène	0,02745	0,0867	Tendance non significative au seuil de 5%
	2005-2020	Tendance homogène	0,0964	< 0,0001	Tendance significative à la hausse
AMPA	2010-2020	Tendance homogène	0,1454	< 0,0001	Tendance significative à la hausse
S-Métolachlore	2010-2020	Tendance homogène	-0,0015	0,9259	Aucune tendance
	2005-2020	Tendance homogène	0,0032	0,7111	Aucune tendance
Bentazone	2010-2010	Tendance homogène	-0,0963	< 0,0001	Tendance significative à la baisse
Mésotrione	2010-2020	Tendance homogène	-0,0633	0,0066	Tendance significative à la baisse
Imazéthapyr		Chibouet	-0,0146	0,5227	Aucune tendance
		Des Hurons	0,0263	0,2516	Aucune tendance
		Saint-Régis	-0,0365	0,1175	Aucune tendance
		Saint-Zéphirin	0,0506	0,0317	Tendance significative à la hausse

¹ Le chlorpyrifos visé par la réglementation n'a pas été détecté à une fréquence justifiant l'analyse statistique des tendances.

² Les calculs ont été faits à partir des données brutes transformées en log (logarithme népérien). Comme le log d'une valeur nulle n'est pas défini, une quantité de 0,01 µg/l est ajoutée à chaque mesure. Une pente négative signifie que les concentrations sont à la baisse, une pente positive, qu'elles sont à la hausse. Dans la colonne probabilité, un seuil inférieur à 0,05 (5 %) signifie que la probabilité que la tendance soit attribuable au hasard est de moins de 5 % et que, par conséquent, la tendance est statistiquement significative.

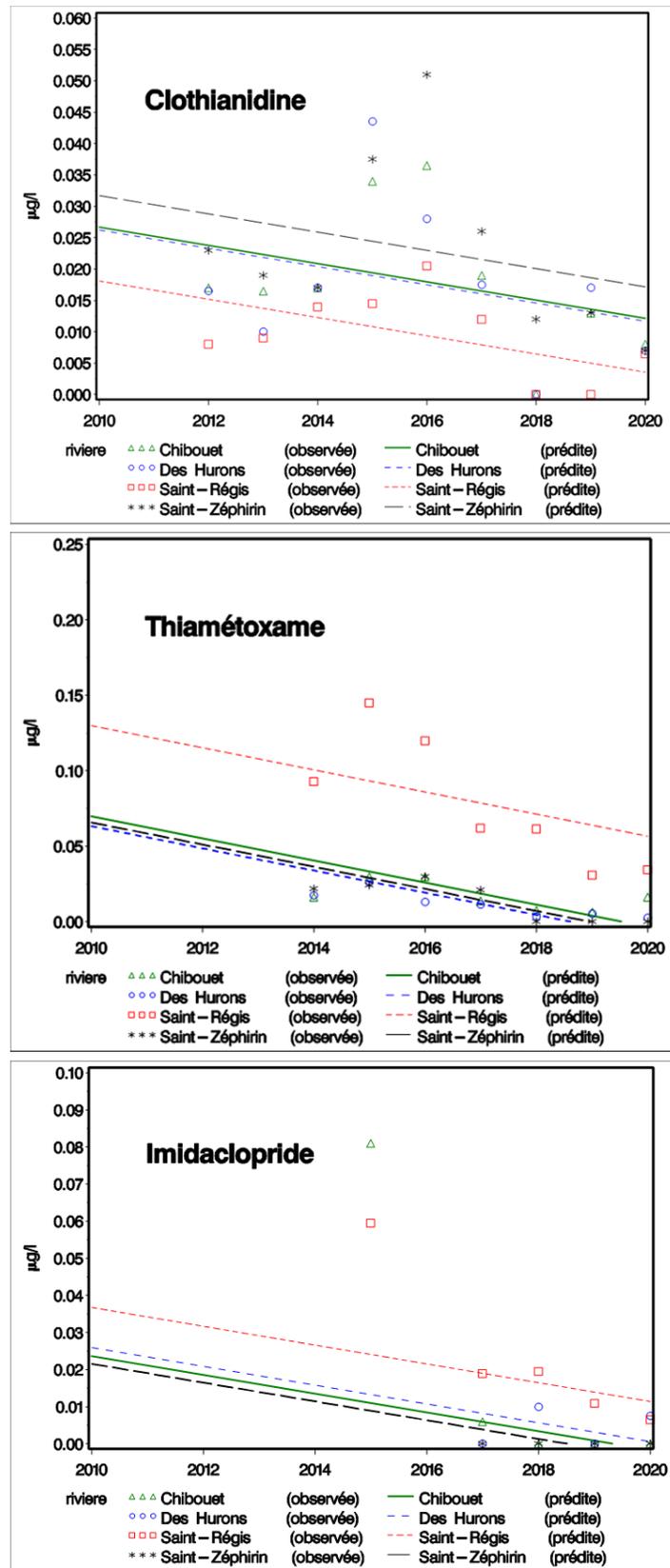


Figure 7. Régression linéaire des concentrations médianes de clothianidine, de thiaméthoxame et d'imidaclopride

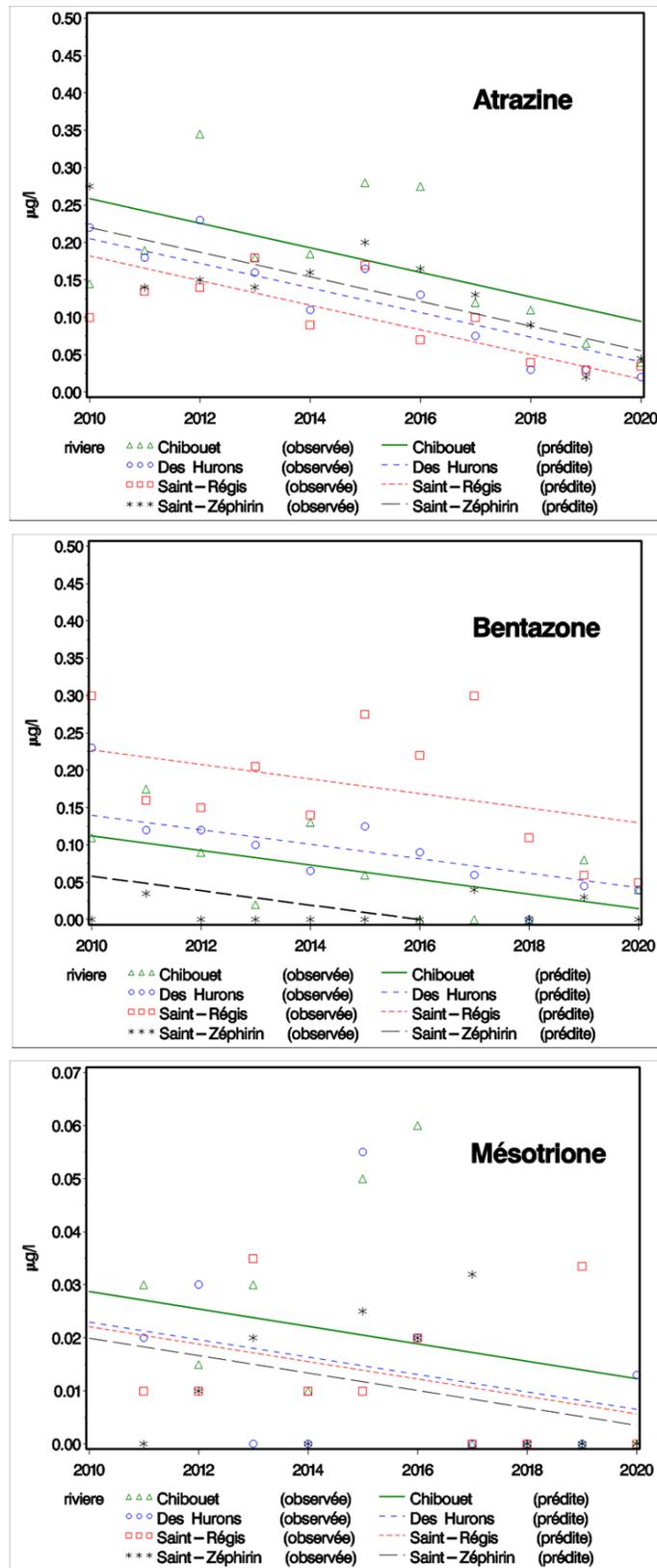


Figure 8. Régression linéaire des concentrations médianes d'atrazine, de bentazone et de mésotrione

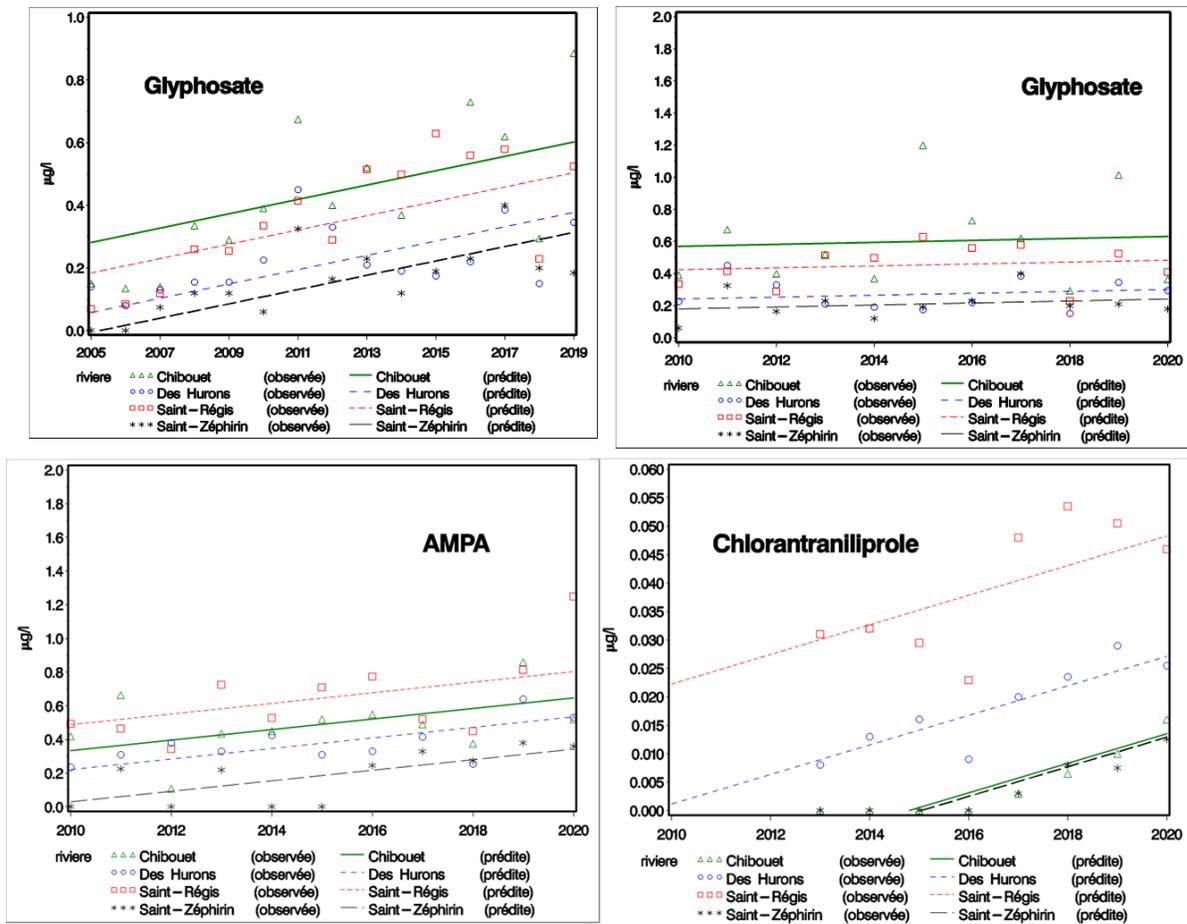


Figure 9. Régression linéaire des concentrations médianes de glyphosate (sur 15 ans et sur 10 ans), d'AMPA et de chlorantranilprole

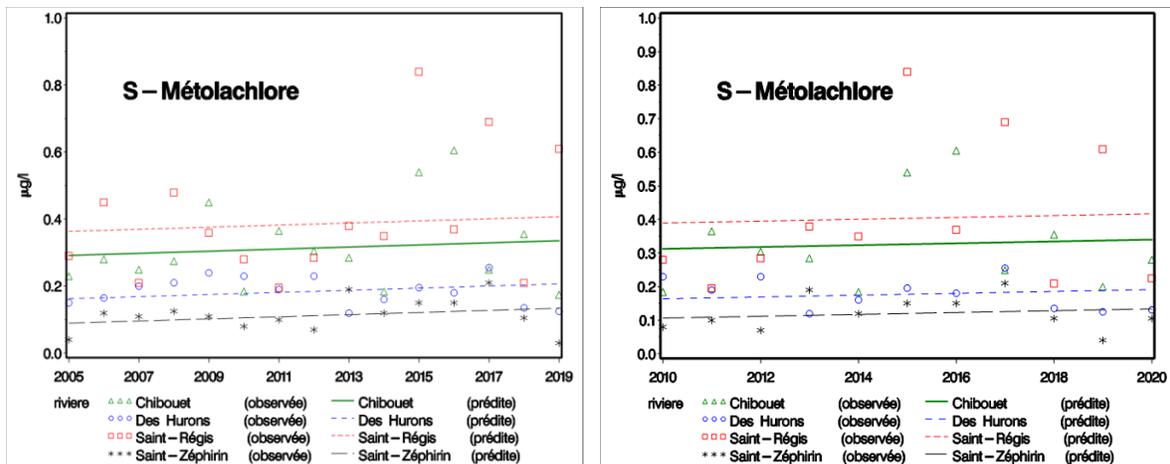


Figure 10. Régression linéaire des concentrations médianes de β -métolachlore sur 15 ans et sur 10 ans

Influence des précipitations

Le transport des pesticides vers les cours d'eau est intimement lié aux épisodes de pluie. La plus grande partie des pesticides est transportée vers

les cours d'eau lors des premiers événements de pluie qui suivent l'application des produits aux champs. Par la suite, tout au long de l'été, la croissance des cultures permet de recouvrir progressivement le sol, de telle sorte que les pluies

en fin d'été sont plus susceptibles d'être interceptées et utilisées par les cultures. Le transport de l'eau par le ruissellement de surface ou par les drains souterrains est alors moins important. Au cours de la saison estivale, une partie des pesticides peut aussi être absorbée par les plantes ou progressivement dégradée par les microorganismes du sol.

Écart par rapport à la normale mensuelle des précipitations

Globalement, l'examen des données de précipitations des années 2018, 2019 et 2020 pour les mois de mai à août, période durant laquelle s'effectue l'échantillonnage, a démontré que les précipitations pour cette période ont été inférieures à la normale. Le sommaire des précipitations mensuelles est présenté à l'annexe 5.

En 2018, presque tous ces quatre mois ont connu des précipitations inférieures à la normale. Dans le cas de l'année 2019, les précipitations des mois de juin, juillet et août ont été généralement plus faibles que la normale, tandis que le mois de mai était dans la normale. En 2020, ce sont les mois de mai et juin qui se sont révélés beaucoup plus secs que la normale.

Au cours de la période de 2018 à 2020, seul le mois d'août 2020 a connu des précipitations plus élevées que la normale pour les quatre rivières.

Comparaison du moment de l'échantillonnage et des événements de pluie

Les échantillons considérés comme étant représentatifs d'un temps de pluie sont ceux pour

lesquels il y a eu une précipitation de 5 mm ou plus la journée même du prélèvement, ou encore ceux qui ont été prélevés le lendemain de précipitations de plus de 10 mm, ou lorsque le prélèvement est fait après plusieurs journées consécutives de pluie.

L'examen des événements de pluie ayant précédé les dates d'échantillonnage aux quatre stations à l'étude montre qu'en 2018, les prélèvements ont majoritairement (64 % des échantillons) concorde avec des périodes de temps sec, contre 36 % qui ont été prélevés lors de périodes suivant des précipitations. En 2019 et 2020, les échantillons ont aussi été prélevés un peu plus souvent par temps sec, mais la répartition des échantillons entre le temps de pluie et le temps sec est un peu plus égale, soit 41 % en temps de pluie contre 59 % par temps sec en 2019 et 44 % en temps de pluie contre 56 % par temps sec en 2020.

En général, la fin mai et le début juin, une période critique pour le transport des pesticides vers les cours d'eau, ont été des périodes relativement sèches pour les quatre bassins versants à l'étude, et ce, pour les trois années d'échantillonnage (2018-2020). Cela a pu contribuer à réduire le mouvement des produits vers les cours d'eau et par conséquent réduire les concentrations et la fréquence des dépassements des critères de qualité de l'eau.

4 Réseau de base – constats par rivières

Rivière Chibouet (bassin versant de la rivière Yamaska)

Au cœur du bassin versant de la rivière Yamaska, le bassin de la rivière Chibouet draine les eaux provenant des terres agricoles de Sainte-Hélène-de-Bagot et de Saint-Hugues. Des quatre bassins versants à l'étude, c'est celui qui montre la plus grande proportion en culture, soit 68,2 % de la superficie totale du bassin. Le maïs et le soya couvrent respectivement 50,6 % et 32,9 % de la superficie totale cultivée (figure 11). À elles seules, ces deux cultures représentent plus de 83 % de la superficie cultivée. Les autres cultures d'importance sont les céréales (8,2 %) et le foin (6,6 %). Les cultures maraîchères, pour leur part, ne représentent que 1 % de la superficie cultivée.

Dans la rivière Chibouet, les constats généraux sont relativement similaires aux années antérieures. Plusieurs pesticides sont présents simultanément dans l'eau durant toute la période de mai à août. De 2018 à 2020, quelque 20 à 30 pesticides ont été détectés selon l'année (tableau 6). Pour l'ensemble de la période de 2018 à 2020, ce sont 21 herbicides (ou produits de dégradation), 9 insecticides (ou produits de dégradation) et 1 fongicide. Sept herbicides (ou produit de dégradation) sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Ce sont, dans l'ordre, le β -métochlorure, le glyphosate, l'atrazine, l'imazéthapyr, l'AMPA, le DEA et le bentazone. Les insecticides détectés dans plus de 50 % des échantillons sont le chlorantraniliprole, le thiaméthoxame et la clothianidine. Le fongicide azoxystrobine est détecté en moyenne dans 61 % des échantillons.

De 2018 à 2020, cinq pesticides ont montré des dépassements des CVAC. Le CVAC est dépassé pour au moins un pesticide dans 60 % des échantillons en 2018, et respectivement dans 76,7 % et 96,7 % des échantillons en 2019 et 2020 (tableau 7). Sur les trois années, la situation s'est améliorée par rapport à la période de 2015 à 2017. En effet, le thiaméthoxame dépasse le CVAC de 0,0083 $\mu\text{g/l}$ dans 59 % des échantillons au cours de la période 2018-2020, comparativement à 91 % des échantillons durant la période 2015-2017. Dans le cas de la clothianidine, on note des dépassements dans 41 % des échantillons pour la période 2018-2020 contre 87,5 % durant la période 2015-2017. L'imidaclopride montre une diminution progressive de la fréquence des dépassements des CVAC, passant de 24 % en 2017 à 20 % en 2018, puis à 6,7 % en 2019 et 0 % en 2020.

Deux autres produits dépassent ponctuellement leur CVAC, soit le β -métochlorure et le chlorantraniliprole qui dépassent tous deux leur CVAC respectif dans 3,3 % des échantillons. Le β -métochlorure a atteint une valeur de 21 $\mu\text{g/l}$ en 2018, soit une amplitude de 2,7 fois le CVAC (figure 13).

Bien qu'il ne dépasse son CVAC (0,1 $\mu\text{g/l}$) que de façon très épisodique, l'insecticide chlorantraniliprole est maintenant détecté dans 100 % des échantillons. La fréquence des détections a donc rapidement augmenté depuis les premières détections en 2015. La fréquence de détection du fongicide azoxystrobine a augmenté elle aussi, probablement en raison de l'utilisation du produit en enrobages de semences.

De 2018 à 2020, la concentration totale journalière de pesticides la plus élevée a été détectée en 2018, avec une valeur de 30,14 $\mu\text{g/l}$ (figure 12). Les valeurs totales maximales de 2019 et de 2020 sont autour de 12 $\mu\text{g/l}$. Dans l'ensemble, les profils montrent des concentrations plus faibles que ce qui avait été mesuré auparavant, notamment en 2015. En comparaison avec les années précédentes, les conditions plus sèches qui ont prévalu au cours des trois dernières années expliquent en partie cette situation (annexe 5). La documentation scientifique a d'ailleurs déjà démontré le lien entre les événements de pluie et l'occurrence de pesticides dans les cours d'eau (USGS, 1997; Struger *et al*, 2017; Perez *et al*, 2017). Ce point sera abordé dans la discussion (chapitre 6).

La figure 14 montre le profil des concentrations des principaux insecticides détectés. En 2018 et en 2019, la clothianidine montre des pointes de concentrations qui dépassent le CVAC, tandis qu'en 2020, c'est plutôt le thiaméthoxame qui dépasse le CVAC. En 2018, deux pics élevés d'imidaclopride sont survenus, mais le produit est peu détecté en 2019 et n'a pas été détecté en 2020. Le chlorantraniliprole est détecté durant toute la saison, mais à des concentrations en deçà du CVAC, sauf pour un court épisode en 2020.

Notons que depuis 2014, le Comité de revitalisation de la rivière Chibouet travaille en collaboration avec les acteurs du milieu à différentes actions en vue d'améliorer la qualité

de l'eau de la rivière. Parmi les actions, notons l'ensemencement de bandes riveraines fleuries, la délimitation des bandes riveraines et la plantation d'arbres.

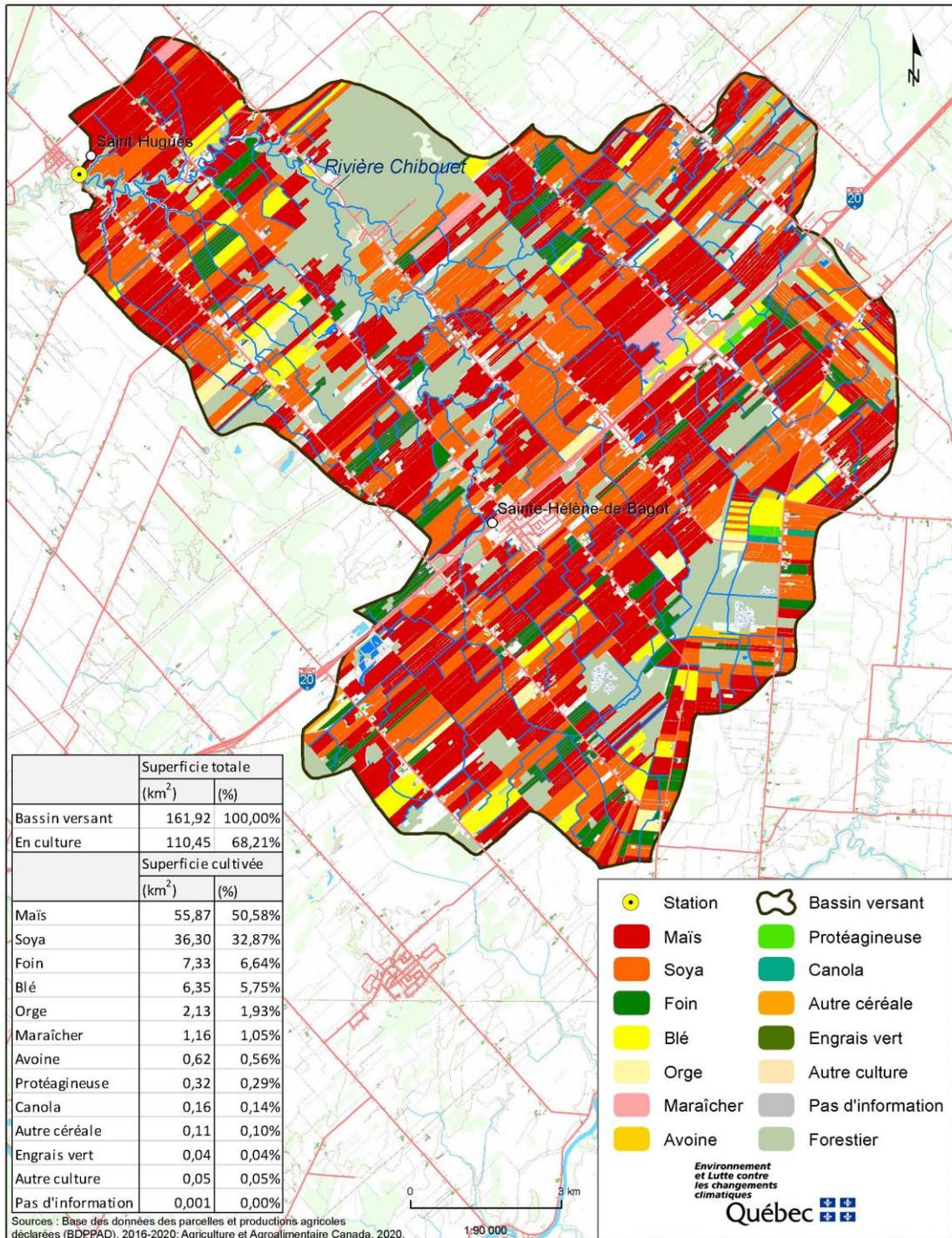


Figure11. Cultures dans le bassin versant de la rivière Chibouet

Tableau 6. Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Chibouet, de 2011 à 2020 (%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides										
<i>γ</i> -Métolachlore	96,6	100	100	96,4	100	100	100	100	100	100
Glyphosate	96,6	96,6	100	93,1	100	100	100	100	100	100
Atrazine	96,6	100	96,6	100	100	96,7	100	100	93,3	100
Imazéthapyr	100	100	100	100	100	100	93,1	96,7	96,7	100
AMPA	20	50	86,6	79,3	100	70	93,1	83,3	100	100
<i>Dééthyl-atrazine</i>	50	93,3	86,6	89,3	100	86,7	82,7	100	83,3	76,7
Bentazone	60	73,3	50	56,6	69	36,7	24,1	33,3	70	70
MCPA	23,3	16,6	10	13,8	27,6	6,7	10,3	16,7	40	63,3
Mésotrione	70	53,3	70	55,2	79,3	76,7	41,4	30	30	46,7
Métribuzine	0	0	16,6	21,4	55,2	23,3	37,9	56,7	30	20
Diméthénamide	13,3	56,6	76,6	17,8	10,3	0	20,7	30	36,7	3,3
2,4-D	10	6,6	13,3	10,3	24,1	13,3	6,9	16,7	23,3	26,7
Flumetsulame	0	0	0	0	0	13,3	17,2	6,7	23,3	0
Dicamba	20	43,3	30	13,8	13,8	30	10,3	13,3	10	0
Bromoxynil	0	0	6,6	0	10,3	10	10,3	10	6,7	0
Chlorimuron-éthyl	NA	3,3	6,7	6,7						
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	20	3,3	6,6	10,7	34,5	10	24,1	3,3	3,3	6,7
Mécoprop	0	0	6,6	0	10,3	0	3,4	10	3,3	0
Rimsulfuron	6,6	3,3	3,3	3,4	10,3	0	13,8	6,7	3,3	0
Nicosulfuron	33,3	50	3,3	13,8	34,5	10	3,4	6,7	0	0
Diméthazone	NA	NA	NA	0	0	0	0	3,3	0	0
2,4-DP	3,3	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Simazine	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linuron	0	6,6	0	0	0	0	0	0	0	0
Diuron	0	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfosulfuron	0	3,3	0	0	0	3,3	0	0	0	0
2,4-DB	0	0	3,3	0	0	0	0	0	0	0
Pendiméthaline	NA	NA	NA	7,1	10,3	0	0	0	0	0
Cyanazine	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0
Glufosinate	0	0	0	3,4	0	6,7	0	0	0	0
Imazapyr	0	0	0	0	3,4	0	3,4	0	0	0
Insecticides										
Chlorantraniliprole	NA	NA	0	0	10,3	13,3	82,7	100	100	100
Thiaméthoxame	NA	NA	NA	100	100	100	100	56,7	53,3	100
Clothianidine	NA	100	96,6	100	100	86,7	75,9	16,7	66,7	73,3
Imidaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	69	23,3	10	0
Cyantraniliprole	NA	0	13,3	10						
Diméthoate	0	0	0	0	6,9	0	3,4	3,3	0	6,7
Imidaclopride-guanidine	NA	6,7	0	0						
Malathion	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0	0
<i>λ</i> -Cyhalothrine	0	0	0	3,4	0	0	0	3,3	0	0
Malathion	3,3	0	16,6	3,4	10,3	0	3,4	0	0	0
Parathion-méthyl	0	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0
Chlorpyrifos	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbofuran	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fongicides										
Azoxystrobine	NA	NA	NA	0	0	0	34,5	46,7	56,7	80
Métalaxyl	NA	NA	NA	0	3,4	0	0	0	0	0
Pesticides et produits de dégradation détectés (N)	20	20	21	23	27	21	25	30	25	20

Italique : produit de dégradation NA : non analysé

Tableau 7. Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Chibouet (%)

	CVAC (µg/l)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides											
<i>γ</i> -Métolachlore	7,8	0	0	3,3	3,6	6,9	0	0	3,3	0	0
Atrazine	1,8	10	0	6,7	14,3	10,3	6,7	0	0	0	0
Glyphosate	65	0	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0
Insecticides											
Clothianidine	0,0083	NA	80	90	96,5	100	86,7	75,9	16,7	63,3	43,3
Thiaméthoxame	0,0083	NA	NA	NA	93,1	100	100	72,4	46,7	40	90
Imidaclopride	0,0083	NA	NA	NA	NA	NA	NA	24,1	20	6,7	0
Chlorantraniliprole	0,1	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	3,3
Chlorpyrifos	0,002	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malathion	0,1	0	0	3,3	0	6,9	0	0	0	0	0
% global dépassements ¹		13,3	80	90	100	100	100	93,1	60	76,7	96,7

NA : non analysé

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.

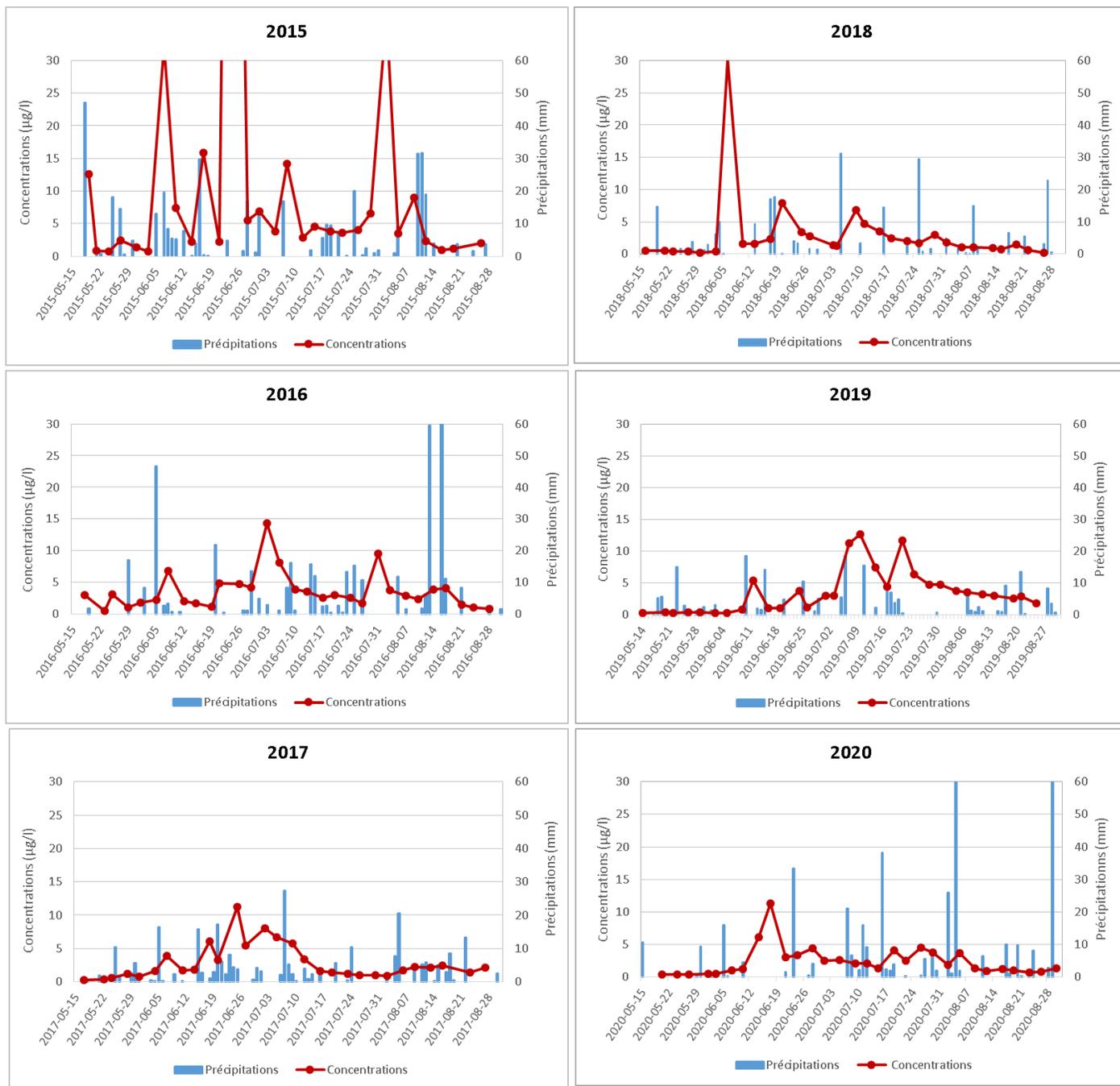


Figure 12. Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Chibouet en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique de Saint-Simon

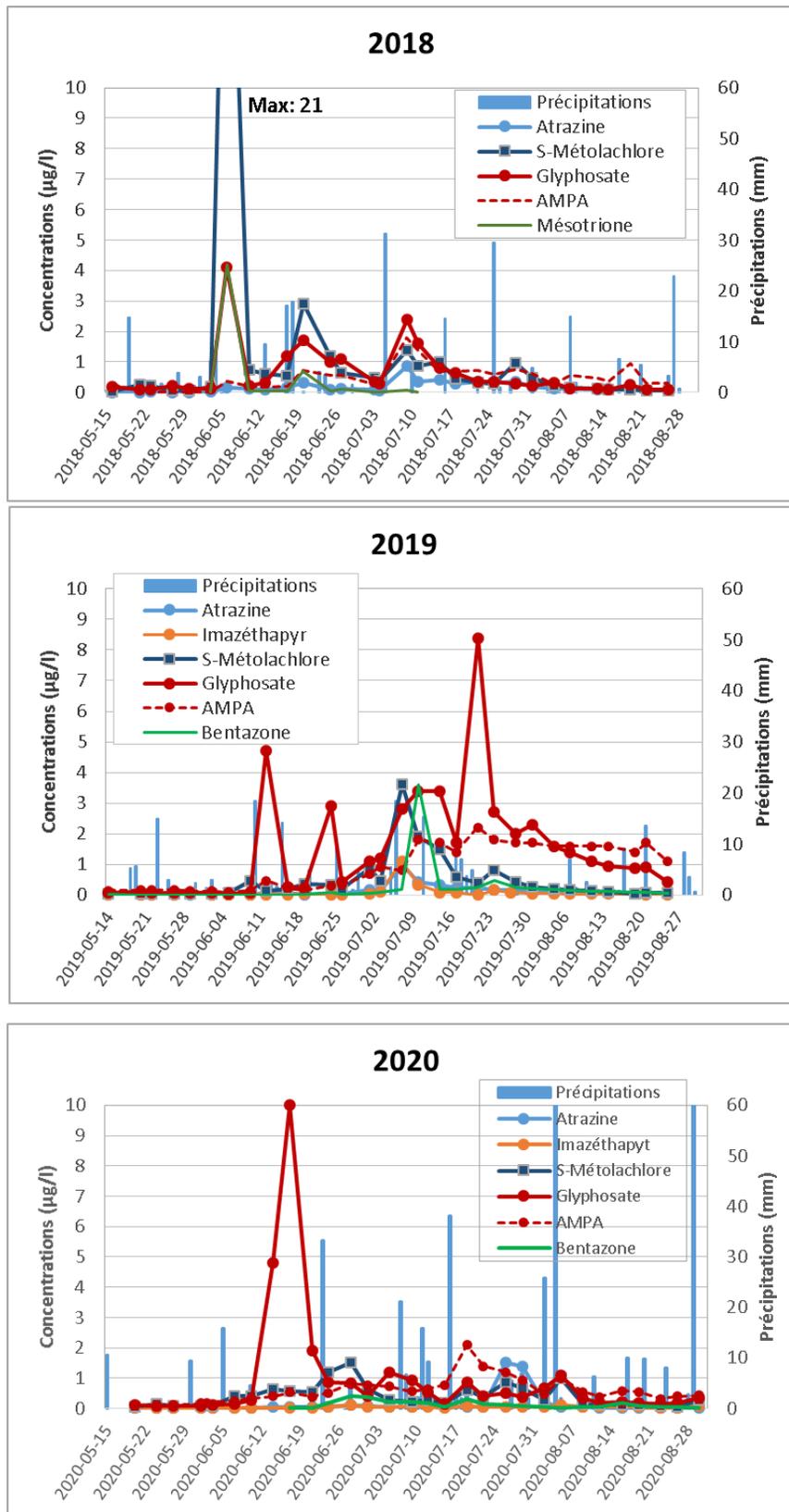


Figure 13. Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Chibouet

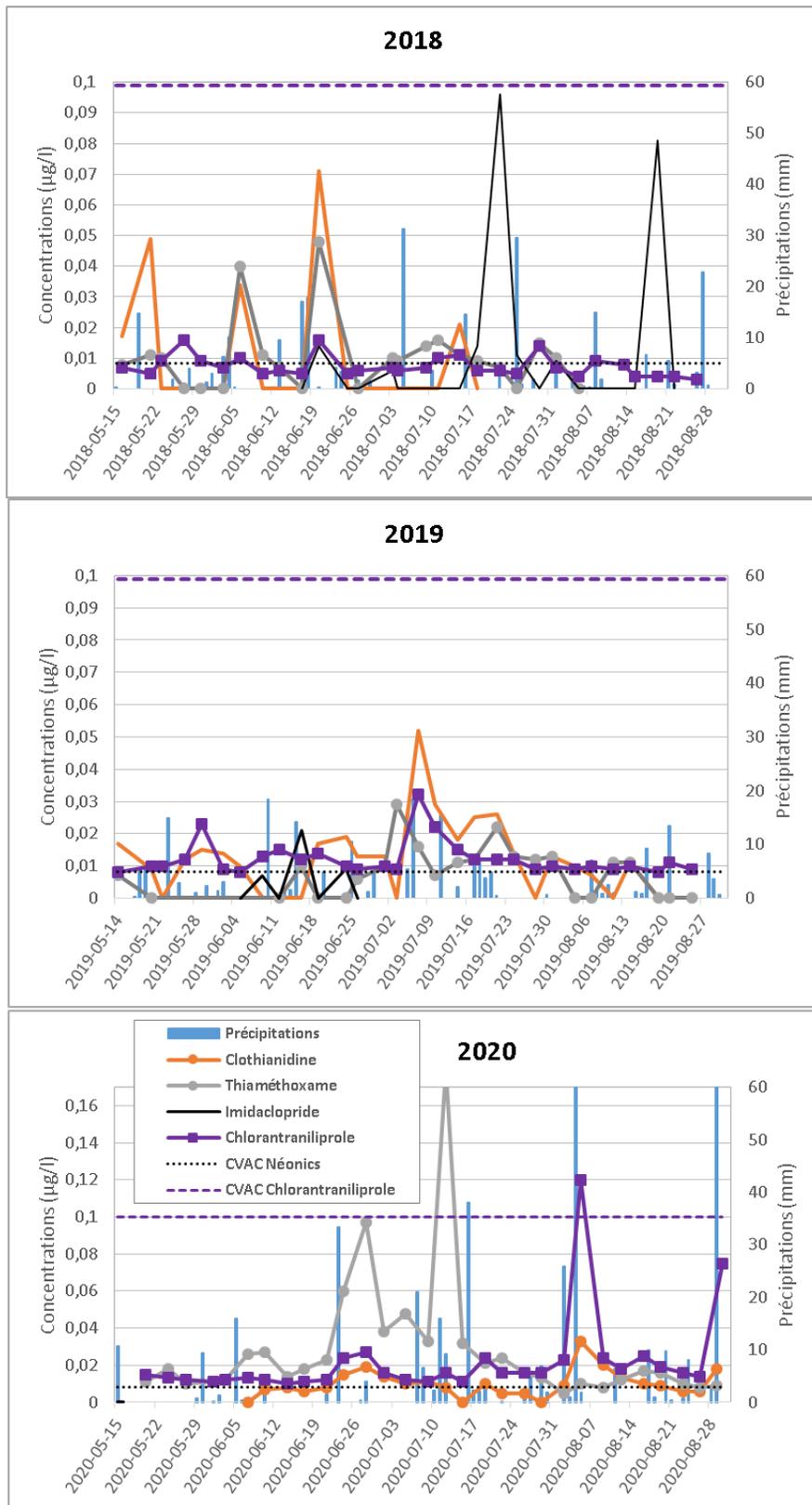


Figure 14 Concentrations de quelques insecticides dans la rivière Chibouet

Rivière des Hurons (bassin versant de la rivière Richelieu)

La rivière des Hurons, un affluent de la rivière Richelieu, présente le plus grand bassin versant (311 km²) des quatre rivières à l'étude. Elle draine notamment les eaux provenant des municipalités de Saint-Jean-Baptiste, de Sainte-Marie-Madeleine, de Marieville et de Sainte-Angèle-de-Monnoir. La proportion du bassin versant consacrée aux cultures est de 67 %. Le maïs y occupe 46 % de la superficie cultivée, le soya, 31 %. Les céréales, notamment le blé, couvrent environ 8,8 % des surfaces cultivées et le foin, 8,3 %. Les vergers, vignes et petits fruits totalisent ensemble 3,3 % et les cultures maraîchères représentent environ 1,4 % du total cultivé (figure 15).

Au cours de la période 2018-2020, jusqu'à 36 pesticides et produits de dégradation de pesticides ont été détectés dans la rivière. Onze herbicides (ou produit de dégradation) sont détectés dans plus de 50 % des échantillons, les principaux étant, dans l'ordre, le *s*-métolachlore, le glyphosate, l'imazéthapyr, l'AMPA, l'atrazine, le bentazone et le dicamba (tableau 8). Parmi les douze insecticides détectés, trois sont présents dans plus de 50 % des échantillons, à savoir le chlorantraniliprole, la clothianidine et le thiaméthoxame, qui sont détectés respectivement dans 99 %, 55,6 % et 52,2 % des échantillons en moyenne. Parmi les autres insecticides détectés, mentionnons l'imidaclopride et le thiaclopride, deux insecticides de la famille des néonicotinoïdes, ainsi que le diazinon. Les fongicides azoxystrobine et pyriméthanil sont détectés respectivement dans 68 % et 35,6 % des échantillons.

Globalement, les CVAC ont été dépassés dans 93 % des échantillons en 2018 et en 2019, et dans 60 % des échantillons en 2020 (tableau 9). Les insecticides néonicotinoïdes clothianidine, imidaclopride et thiaméthoxame sont responsables de ces dépassements, ainsi que le chlorantraniliprole dans une moindre mesure.

Bien que des dépassements du CVAC soient encore constatés, les résultats de 2018-2020 montrent une amélioration pour la clothianidine et le thiaméthoxame par rapport à la période précédente de 2015 à 2017. En moyenne pour la période 2018-2020, la clothianidine dépasse le CVAC dans 49 % des échantillons contre 91 % pour la période 2015-2017. Le thiaméthoxame dépasse le critère dans 24,4 % des échantillons comparé à 81 % pour la période 2015-2017. L'imidaclopride dépasse le CVAC dans 41 % des

échantillons en moyenne pour 2018-2020, alors que des dépassements étaient observés dans 30 % des échantillons en 2017. Un dépassement du CVAC de 0,2 µg/l est enregistré pour l'imidaclopride en 2018. Le chlorantraniliprole dépasse son CVAC de 0,1 µg/l dans 6,7 % des échantillons en 2020, mais aucun dépassement n'est constaté en 2018 et 2019.

En 2012 et en 2013, on notait des concentrations journalières cumulées supérieures à 20 µg/l (somme de tous les pesticides détectés pour chaque jour d'échantillonnage). Or, les concentrations journalières cumulées pour la période de 2018 à 2020 sont toutes sous la barre de 10 µg/l, comme on l'avait noté aussi pour la période 2015-2017 (figure 16). En 2018-2020, des précipitations plus faibles que la normale ont été enregistrées pour les mois de mai à juillet (annexe 5), ce qui pourrait expliquer en partie les faibles concentrations cumulées. Une situation similaire avait aussi été observée en 2016 et 2017 (Giroux, 2019).

Les profils des concentrations de quelques herbicides et insecticides sont présentés aux figures 17 et 18. Les concentrations de néonicotinoïdes sont plus élevées en 2018 qu'en 2019 et en 2020, avec une pointe plus élevée pour l'imidaclopride. Une pointe d'imidaclopride apparaît aussi en 2019. En 2018, la clothianidine atteint une valeur maximale de 0,17 µg/l et le thiaméthoxame, une valeur de 0,12 µg/l, mais les deux produits ne dépassent pas la concentration de 0,05 µg/l ni en 2019 ni en 2020. Pour les trois années, le chlorantraniliprole est présent durant toute la saison, mais le CVAC n'est dépassé qu'en deux occasions en 2020.

Depuis 2009, un projet de gestion intégrée de l'eau, piloté par l'Union des producteurs agricoles de la Montérégie, est en cours dans le bassin versant de la rivière des Hurons (UPA, 2021). Plusieurs producteurs agricoles sont mobilisés et des actions ont été réalisées au cours des dernières années. Parmi celles-ci, on note en 2020, l'implantation de bandes riveraines et de haies multistrates, ainsi que l'amorce d'un projet pour l'adoption de cultures de couverture pour limiter l'érosion et améliorer la qualité des sols.

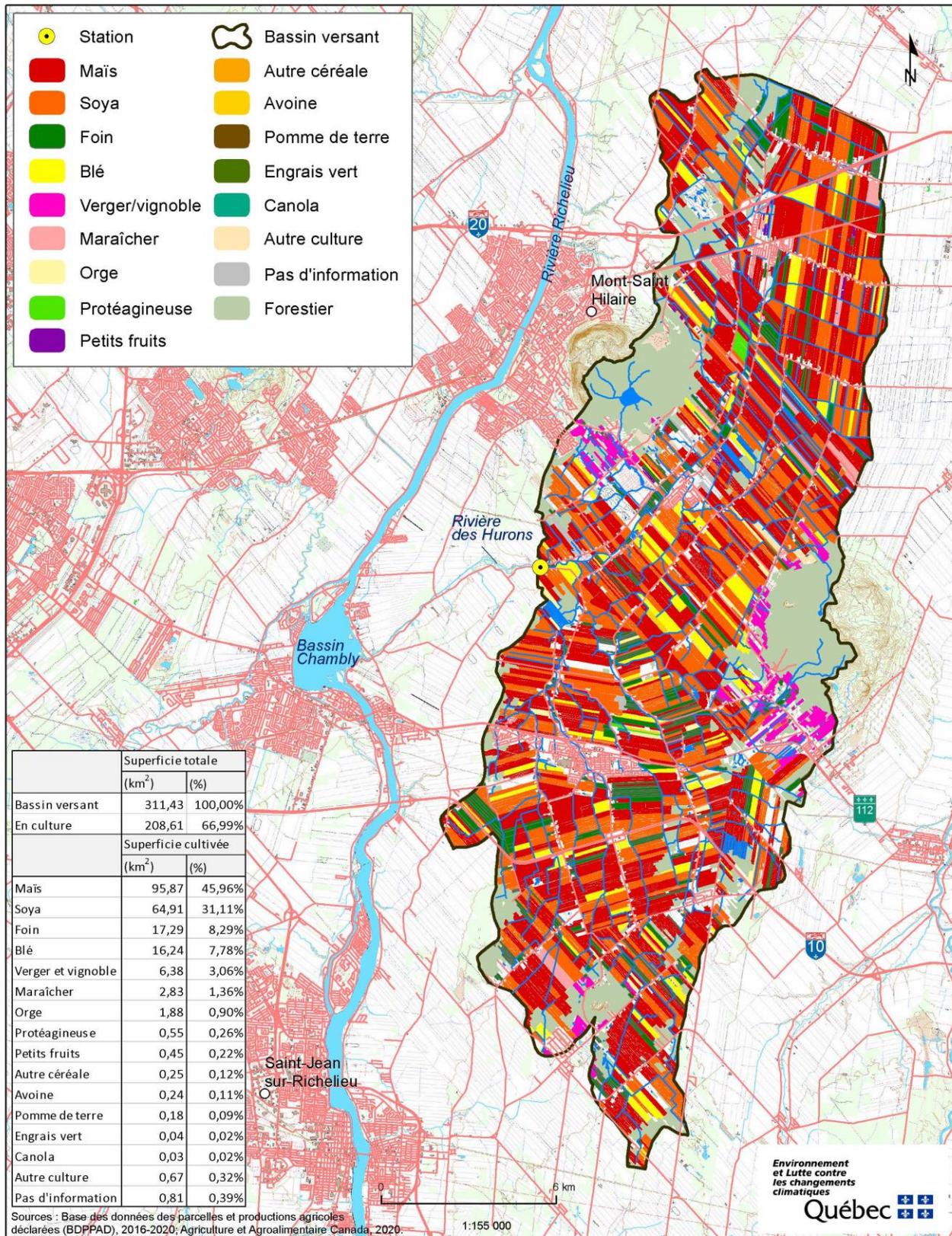


Figure 15. Cultures dans le bassin versant de la rivière des Hurons

Tableau 8. Fréquence de détection des pesticides dans la rivière des Hurons, de 2011 à 2020 (%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides										
s-Métolachlore	100	89,6	100	100	100	96,5	100	100	100	100
Glyphosate	90	93,1	100	90	93,3	100	93,3	93,3	96,7	100
Imazéthapyr	96,5	72,4	68,9	93,3	100	93	70	100	96,7	93,3
AMPA	66,6	68,9	82,7	83,3	96,7	62	90	76,7	100	100
Atrazine	100	86,2	96,4	96,7	100	86,2	100	90	96,7	70
Bentazone	96,6	72,4	64,3	73,3	100	68,9	60	36,7	100	96,7
Dicamba	90	75,8	57,1	56,7	46,7	41,4	50	76,7	53,3	56,7
2,4-D	46,6	48,3	28,6	20	10	10,3	10	13,3	80	93,3
Diméthénamide	31	41,4	25	40	33,3	24,1	43,3	66,7	60	36,7
MCPA	43,3	34,5	14,3	23,3	20	10,3	13,3	33,3	43,3	83,3
Dééthyl-atrazine	65,5	68,9	57,1	86,7	100	65,5	73,3	56,7	60	43,3
Métribuzine	13,8	3,4	10,7	60	53,3	24,1	56,7	60	43,3	43,3
Mésotrione	79,3	75,8	41,4	36,7	80	65,5	36,7	33,3	36,7	56,7
Mécoprop	23,3	41,4	14,3	6,7	23,3	3,4	0	10	43,3	70
Rimsulfuron	31	31	17,2	16,7	40	24,1	20	30	16,7	30
Flumetsulame	48,3	44,8	44,8	20	83,3	58,6	80	16,7	30	10
Chlorimuron-éthyl	NA	16,7	10	16,7						
Bromoxynil	10	6,8	17,8	20	10	6,9	6,7	6,7	10	20
Terbacil	NA	6,7	13,3							
Fluazifop-P	NA	0	10							
EPTC	0	3,4	0	0	0	3,4	6,7	6,7	10	0
Déisopropyl-atrazine	20,7	10,3	0	13,3	20	3,4	20	13,3	0	0
Nicosulfuron	55,2	48,3	13,8	3,3	40	41,4	36,7	3,3	0	3,3
Napropamide	NA	0	3,4	3,3	0	0	0	6,7	0	0
2,4-DB	3,3	3,4	0	3,3	0	0	0	0	3,3	0
2,4-DP	0	0	0	0	0	0	3,3	3,3	0	0
2,6-Dichlorobenzamide	NA	6,8	0	36,7	10	17,2	6,7	0	0	0
Diuron	0	6,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Trifluraline	0	3,4	7,1	0	0	0	0	0	0	0
Simazine	3,4	6,8	3,6	0	0	0	13,3	0	0	0
Linuron	3,4	3,4	0	0	6,7	0	0	0	0	0
Sulfosulfuron	NA	3,4	0	3,3	3,3	0	0	0	0	0
Glufosinate	NA	NA	3,4	0	0	0	0	0	0	0
Pendiméthaline	NA	NA	NA	0	3,3	0	0	0	0	0
Insecticides										
Chlorantranilprole	NA	NA	93	96,7	100	96,5	100	96,7	100	100
Clothianidine	NA	89,6	79,3	93,3	100	96,5	83,3	36,7	73,3	56,7
Thiaméthoxame	NA	NA	NA	96,7	100	96,5	100	53,3	50	53,3
Imidaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	40	0	33,3	63,3
Diazinon	3,4	0	3,6	0	3,3	0	3,3	56,7	0	0
Thiaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30	13,3	16,7	23,3
Cyantranilprole	NA	0	6,7	30						
Carbaryl	0	0	3,6	3,3	6,7	6,9	3,3	0	20	13,3
Flupyradifurone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	3,3	6,7	16,7
Imidaclopride-guanidine	NA	10	6,7	6,7						
Acétamipride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	3,3	3,3	0
Diméthoate	0	3,4	0	0	0	0	0	3,3	0	0
Perméthrine	0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorpyrifos	0	0	0	0	3,3	3,4	0	0	0	0
Malathion	0	0	0	3,3	3,3	0	0	0	0	0
Fongicide										
Azoxystrobine	NA	NA	NA	0	0	0	56,7	66,7	73,3	63,3
Pyriméthanol	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26,7	16,7	43,3	46,7
Hydroxy-chlorothalonil	NA	26,7	13,3							
Boscalide	NA	NA	NA	0	0	0	0	3,3	10	3,3
Fénamidone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,3	0	6,7	3,3
Dimétomorphe	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3
Myclobutanil	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0	0
Pesticides et produits de dégradation détectés (N)	23	30	27	28	30	26	32	35	36	36

Italique : produit de dégradation

NA : non analysé

Tableau 9. Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière des Hurons (%)

	CVAC (µg/l)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides											
Atrazine	1,8	0	17,2	7,1	3,3	6,7	0	0	0	0	0
S-Métolachlore	7,8	0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Insecticides											
Clothianidine	0,0083	NA	82,7	51,7	90	100	89,6	83,3	36,7	73,3	36,7
Thiaméthoxame	0,0083	NA	NA	NA	80	96,6	75,9	70	33,3	16,7	23,3
Imidaclopride	0,0083	NA	NA	NA	NA	NA	NA	30	53,3	20	50
Chlorantraniliprole	0,1	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	6,7
Diazinon	0,004	3,4	0	3,6	0	3,3	0	3,3	0	0	0
Perméthrine	0,004	0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbaryl	0,2	0	0	3,6	0	0	3,4	0	0	0	0
Chlorpyrifos	0,002	0	0	0	0	3,3	3,4	0	0	0	0
% global dépassements ¹		3,4	82,7	51,7	96,6	100	89,6	96,7	93,3	93,3	60

NA : non analysé

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.

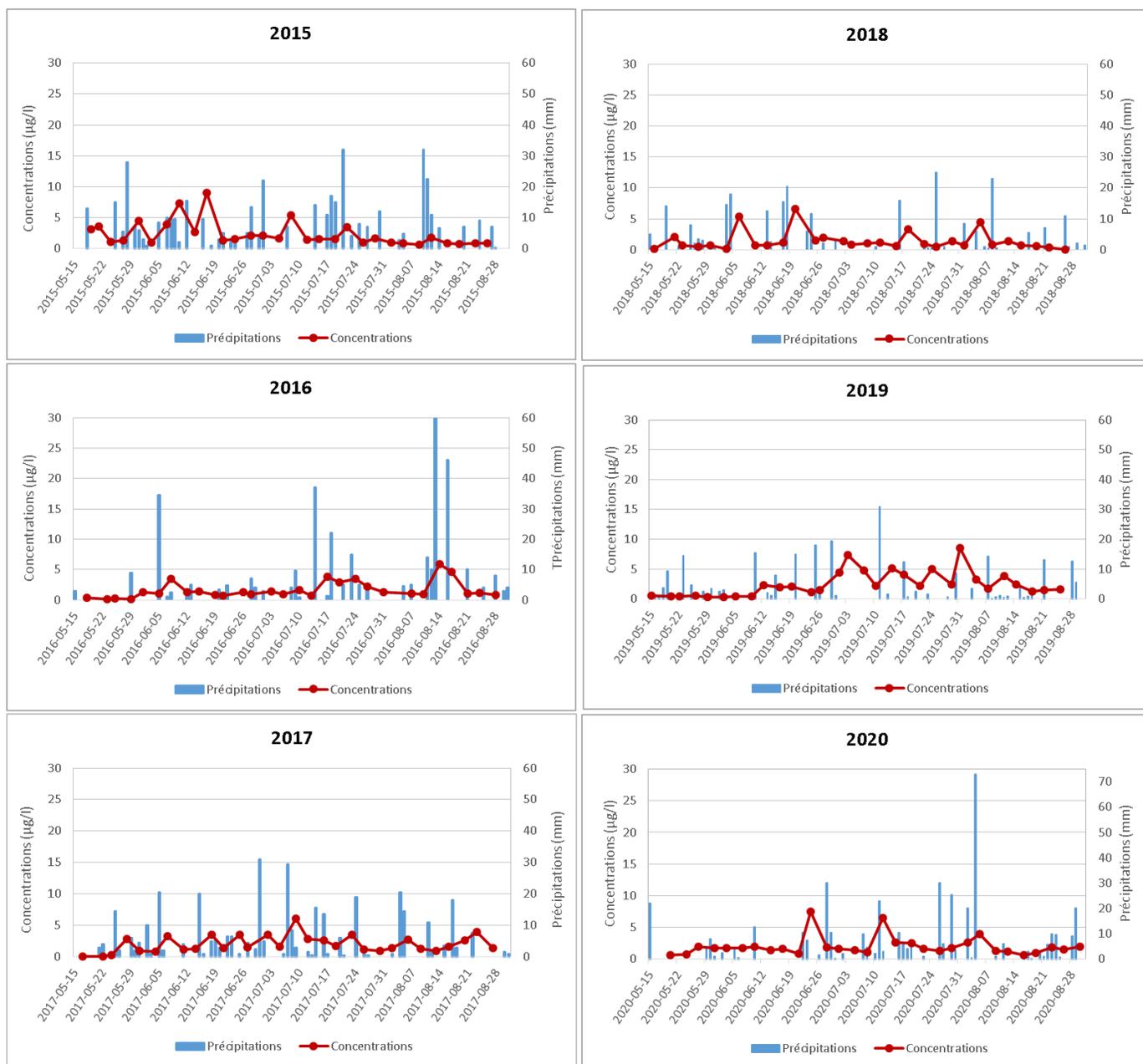


Figure 16. Somme des concentrations de pesticides dans la rivière des Hurons en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique de Mariville

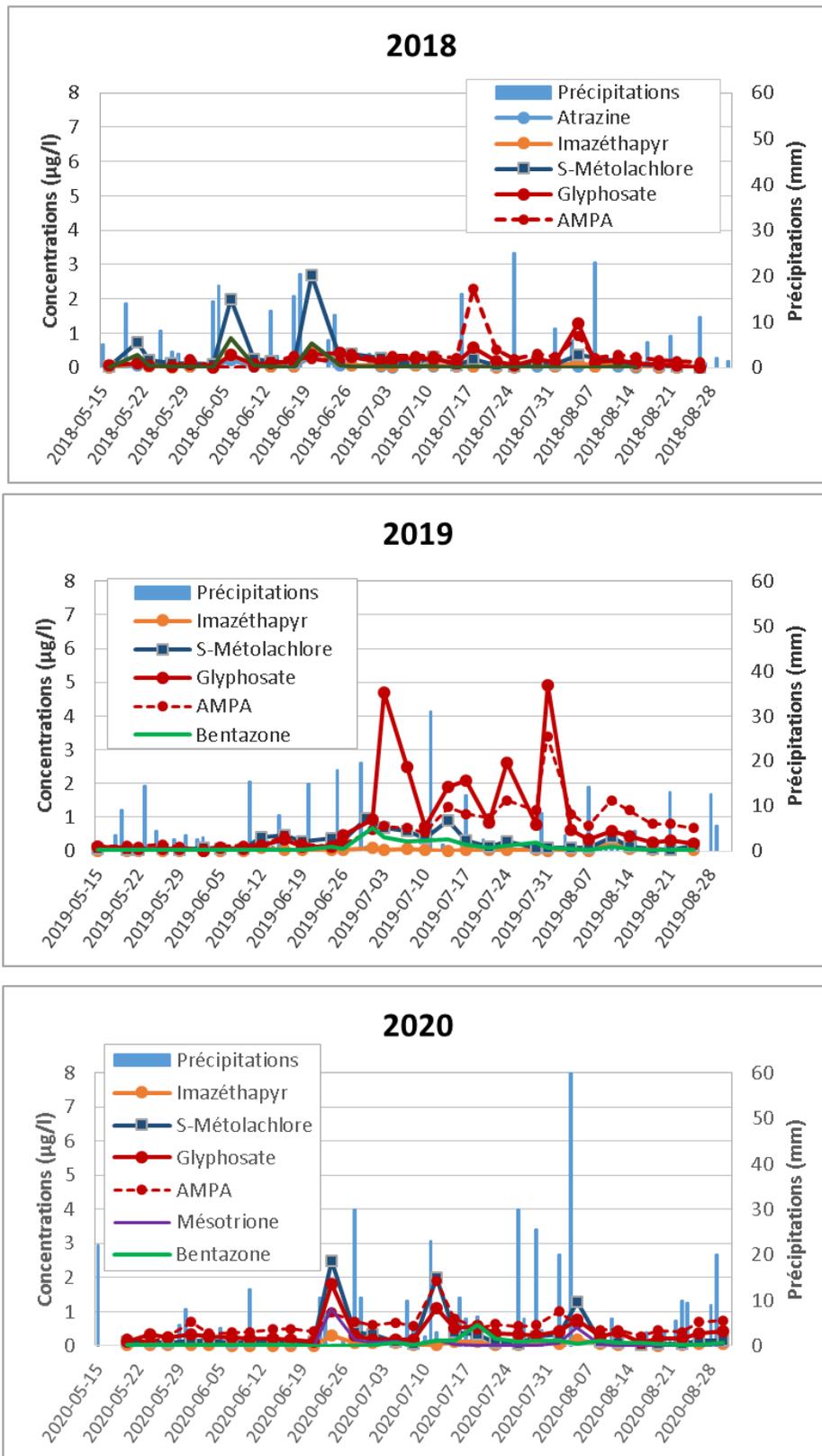


Figure 17. Concentrations de quelques herbicides dans la rivière des Hurons

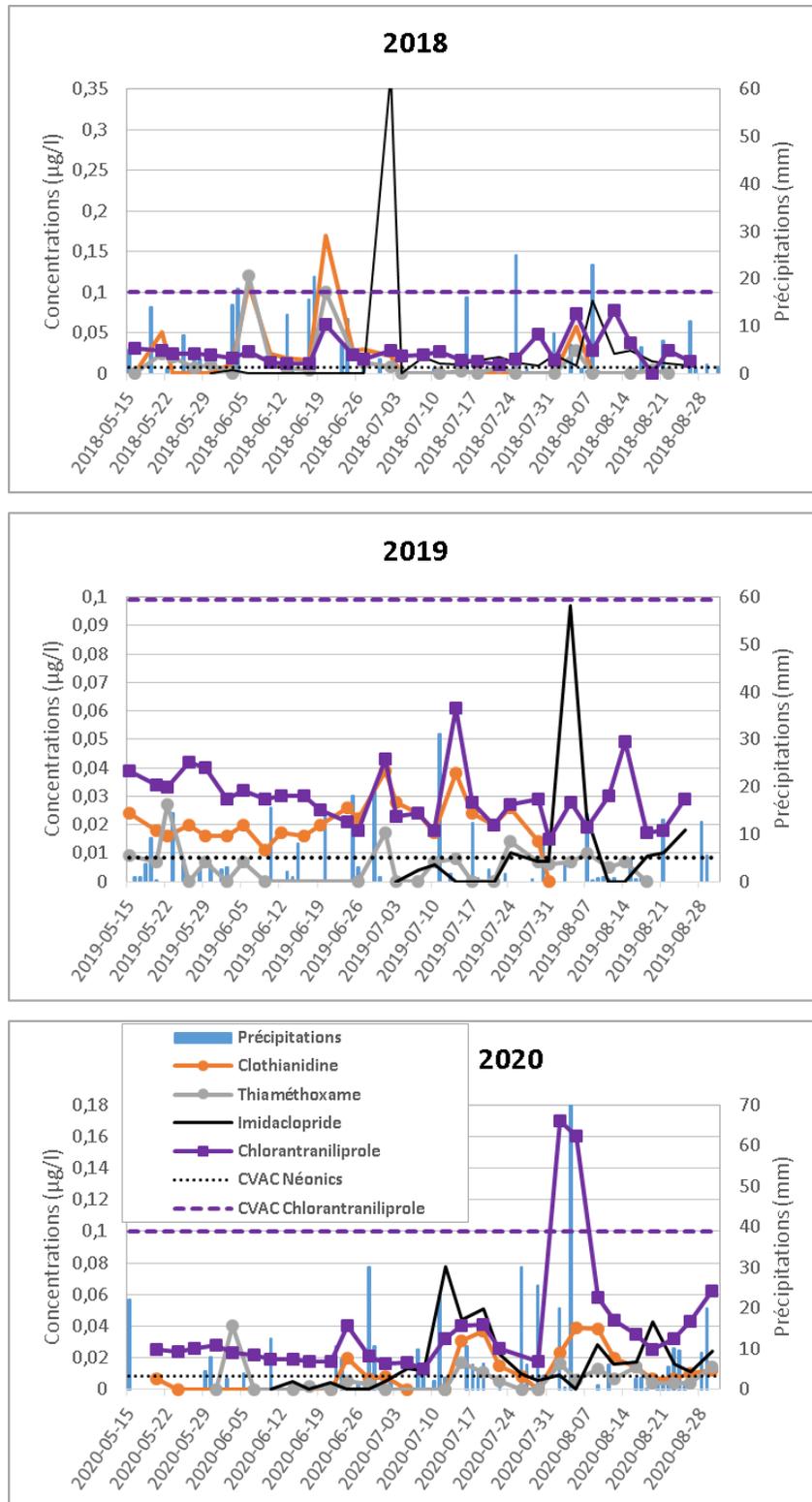


Figure 18. Concentrations de quelques insecticides dans la rivière des Hurons

Rivière Saint-Régis (affluent du Saint-Laurent)

Le bassin de la rivière Saint-Régis couvre 94,7 km². La partie en aval du bassin se situe en milieu urbain, mais toute la zone en amont est agricole (figure 19). La rivière Saint-Régis et son tributaire, la rivière Saint-Pierre, drainent les eaux provenant des municipalités de Saint-Isidore, de Saint-Constant et d'une partie de Saint-Rémi. Les cultures y occupent 59 % du bassin versant. Le soya occupe 37 % de la superficie cultivée, le maïs, 31,8 %, et les cultures maraîchères, 12,5 %. Les céréales et le foin occupent respectivement une proportion de 10 % et de 8,3 % de la superficie cultivée.

De 2018 à 2020, de 30 à 43 pesticides ou produits de dégradation de pesticides ont été détectés dans la rivière Saint-Régis (tableau 10). Comme pour les autres rivières du réseau de base, les produits détectés le plus souvent sont ceux associés aux cultures de maïs et de soya. Parmi les herbicides, ceux qui sont détectés dans plus de 90 % des échantillons sont le *s*-métolachlore, le glyphosate, l'AMPA, le bentazone, l'atrazine, le dicamba et l'imazéthapyr et le 2,4-D. Cependant, une vingtaine d'autres herbicides ou produits de dégradation d'herbicides ont aussi été détectés.

Les insecticides détectés dans plus de 50 % des échantillons de 2018 à 2020 sont le chlorantraniliprole, le thiaméthoxame, l'imidaclopride et le cyantraniliprole, qu'on trouve en moyenne dans 100 %, 97,8 %, 92,2 % et 77,8 % des échantillons respectivement. Les insecticides clothianidine et chlorpyrifos ont été détectés moins souvent au cours de la période 2018-2020 que durant la période 2015-2017. Dans le cas de la clothianidine, la fréquence de détection est passée de 82,8 % à 33 % des échantillons; pour le chlorpyrifos, elle est passée de 13,3 % à 1 %. Une dizaine d'autres insecticides sont détectés. Le bassin versant de la rivière Saint-Régis compte des superficies appréciables en cultures maraîchères qui pourraient expliquer la détection de certains insecticides.

Parmi les six fongicides détectés, l'azoxystrobine et le boscalide sont détectés le plus souvent, en moyenne dans 96,7 % et dans 72,2 % des échantillons respectivement.

Au cours de la période de 2018 à 2020, huit pesticides ont montré des dépassements des CVAC (tableau 11). Globalement, la proportion

des échantillons où il y a des dépassements est similaire pour la période 2015-2017 et la période 2018-2020. Pour les deux groupes d'années, des dépassements sont généralement constatés dans 98,9 % des échantillons. Les néonicotinoïdes thiaméthoxame et imidaclopride sont responsables de la majorité de ces dépassements. On note toutefois une nette diminution de la fréquence de détection et des dépassements des CVAC pour la clothianidine et le chlorpyrifos. Pour la clothianidine, la fréquence des dépassements est passée de 82,8 % en moyenne en 2015-2017 à 24,4 % en 2018-2020. Pour le chlorpyrifos, elle est passée de 13,3 % à 1 %. Les autres produits qui ont montré des dépassements des CVAC sont le chlorantraniliprole (10 % des échantillons en moyenne), le diazinon (5,6 %), le carbaryl (1 %) et le métribuzine (1 %).

Le profil des concentrations cumulées (figure 20) montre qu'à l'exception d'une pointe à 40,81 µg/l en juin 2019 et une autre à 13,01 µg/l en juin 2020, toutes les concentrations cumulées sont inférieures à 10 µg/l. Comme l'indiquent les précipitations à la station météorologique de Laprairie, les conditions climatiques plus sèches qui ont prévalu au cours des dernières années (annexe 5) en comparaison de l'année 2015, par exemple, ont pu réduire le transport des pesticides vers le cours d'eau. Ces pointes sont principalement des concentrations d'herbicides, notamment de glyphosate (29 µg/l en 2019) et *s*-métolachlore (6,7 µg/l en 2020) (figure 21).

La figure 22 montre les concentrations de quelques insecticides détectés dans la rivière Saint-Régis. Parmi les quatre insecticides présents, le thiaméthoxame montre plusieurs pointes de concentrations élevées qui dépassent le CVAC de 0,0083 µg/l. Les concentrations maximales de thiaméthoxame mesurées en 2018 et en 2019 dépassent le CVAC avec une amplitude de 78 et de 79 fois la valeur du critère. L'imidaclopride et la clothianidine sont également présents, mais les concentrations dépassent le critère avec une moins grande amplitude.

Le chlorantraniliprole, dont les concentrations sont généralement sous la valeur du CVAC, présente néanmoins un pic de concentration qui dépasse son CVAC de 0,1 µg/l en août 2019, de même qu'en août 2020.

Figure 19. Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Régis

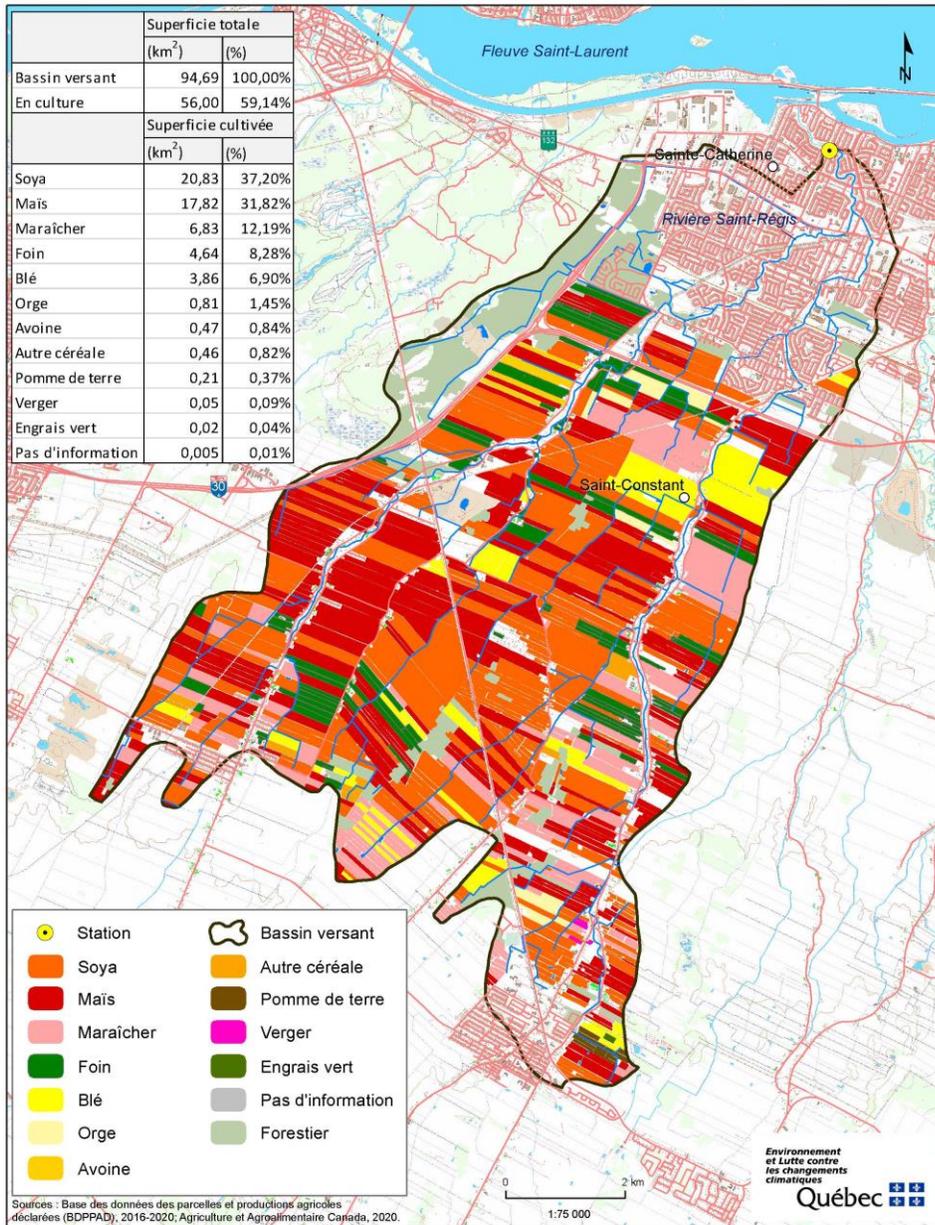


Tableau 10. Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Saint-Régis, de 2011 à 2020 (%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides										
<i>s</i> -Métolachlore	100	96,6	100	100	100	100	100	100	100	100
Glyphosate	80	100	100	96,5	100	100	93,3	96,7	100	100
<i>AMPA</i>	76,6	63,3	90	86,2	96,7	93,3	90	86,7	100	100
Bentazone	90	93,3	86,7	75,9	86,7	63,3	60	90	100	96,7
Atrazine	100	93,3	96,5	96,5	96,5	96,7	96,5	100	96,7	86,7
Dicamba	100	96,6	93,3	86,2	100	93,3	50	100	80	100
Imazéthapyr	92,8	83,3	76,7	86,2	86,7	80	69	80	100	96,7
2,4-D	66,6	80	53,3	44,8	83,3	63,3	10	76,6	96,7	100
Mécoprop	53,3	70	30	34,5	90	26,7	0	66,7	83,3	96,7
Métribuzine	25	30	55,2	89,6	86,2	53,3	93,1	93,3	60	63,3
<i>Dééthyl-atrazine</i>	46,4	53,3	69	72,4	79,3	63,3	79,3	80	86,7	40
Diméthénamide	35,7	66,6	72,4	72,4	44,8	50	55,2	43,3	43,3	50
MCPA	26,6	20	5	20,7	23,3	3,3	13,3	10	53,3	50
Mésotrione	57,1	63,3	76,7	55,2	56,7	56,7	20,7	10	63,3	30
Fluazifop-P	NA	20	40							
Bromoxynil	3,3	6,6	13,3	0	10	0	6,7	6,7	23,3	6,7
Chlorimuron-éthyl	NA	23,3	10	3,3						
Clopyralide	6,6	0	13,3	3,4	0	10	0	0	6,7	26,7
Nicosulfuron	0	3,3	3,3	0	6,7	0	0	0	0	30
Flumetsulame	42,8	36,6	40	6,8	0	16,7	3,4	16,7	0	0
Glufosinate	NA	NA	10	0	0	3,3	0	0	16,7	0
<i>2,6-Dichlorobenzamide</i>	NA	0	0	3,4	0	0	6,9	0	0	13,3
Simazine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
EPTC	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
Penthiopyrade	NA	3,3								
Diuron	0	6,6	0	3,4	0	0	0	3,3	0	6,7
Linuron	3,6	0	10,3	27,6	0	0	0	0	0	6,7
2,4-DP	0	3,3	0	0	0	0	3,3	0	6,7	0
Rimsulfuron	0	0	0	0	6,7	0	0	0	3,3	0
Imazapyr	0	66,6	56,7	17,2	66,7	6,7	3,4	3,3	0	0
Dichlobénil	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3
<i>Désopropyl-atrazine</i>	14,3	3,3	3,4	10,3	20,7	0	6,9	0	0	0
Trifluraline	0	10	6,9	0	0	0	0	0	0	0
Pendiméthaline	NA	NA	NA	3,4	0	0	0	0	0	0
Diméthazone	NA	NA	NA	3,4	0	0	0	0	0	0
Insecticides										
Chlorantraniliprole	NA	NA	90	96,5	100	100	100	100	100	100
Thiaméthoxame	NA	NA	0	100	100	93,3	100	100	93,3	100
Imidaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	100	96,7	80	100
Cyantraniliprole	NA	NA	NA	NA	NA	NA	51,8	46,7	86,7	100
Clothianidine	NA	96,6	96,6	96,5	100	90	58,6	16,7	23,3	60
<i>Imidaclopride-guanidine</i>	NA	40	30	6,7						
Diméthoate	28,6	23,3	24,1	34,5	16,7	0	0	16,7	30	6,7
Carbaryl	7,1	13,3	17,2	24,1	3,3	10	3,4	0	6,7	10
Diazinon	7,1	0	0	0	3,3	0	0	0	0	16,7
Acétamipride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	6,7	6,7
Thiaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,4	0	6,7	0
Flupyradifurone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,4	0	0	6,7
Chlorpyrifos	0	26,6	37,9	31	30	10	0	3,3	0	0
Malathion	0	0	3,4	3,4	6,7	0	0	0	0	3,3
<i>1-Naphthol</i>	3,3	0	3,4	3,4	0	0	0	0	0	3,3
<i>Imidaclopride-urée</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10,3	0	0	0
Propoxur	NA	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0
Fongicides										
Azoxystrobine	NA	NA	NA	6,8	10	0	100	100	93,3	96,7
Boscalide	NA	NA	NA	44,8	23,3	23,3	17,2	86,7	63,3	66,7
Pyriméthanol	NA	NA	NA	NA	NA	NA	34,5	6,7	26,7	36,7
<i>Hydroxy-chlorothalonil</i>	NA	23,3	13,3							
Fénamidone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	65,5	0	3,3	0
Métalaxyl	NA	NA	NA	0	0	3,3	0	0	0	3,3
Trifloxystrobine	0	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0
Pesticides et produits de dégradation détectés (N)	23	26	30	33	29	26	34	30	37	43

Italique : produit de dégradation

NA : non analysé

Tableau 11. Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Saint-Régis (%)

	CVAC (µg/l)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides											
Atrazine	1,8	0	0	6,9	3,4	10,3	0	0	0	0	0
S-Métolachlore	7,8	0	0	0	3,4	3,4	0	0	0	0	0
Métribuzine	1	3,6	0	0	17,2	0	0	0	0	3,3	0
Insecticides											
Clothianidine	0,0083	NA	46,7	56,7	82,7	100	90	58,6	16,7	23,3	33,3
Thiaméthoxame	0,0083	NA	NA	NA	100	100	93,3	100	100	93,3	96,7
Imidaclopride	0,0083	NA	NA	NA	NA	NA	NA	89,6	93,3	73,3	30
Chlorantraniliprole	0,1	NA	NA	0	13,8	30	13,3	24,1	6,7	10	13,3
Chlorpyrifos	0,002	0	26,6	37,9	31	30	10	0	3,3	0	0
Diazinon	0,004	7,1	0	0	0	3,3	0	0	0	0	16,7
Carbaryl	0,2	3,6	3,3	6,9	3,4	0	3,3	0	0	0	3,3
Diméthoate	6,2	3,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malathion	0,1	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0	0
% global dépassements ¹		17,8	56,6	73,3	100	100	96,7	100	100	100	96,7

NA : non analysé

¹ Le global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.

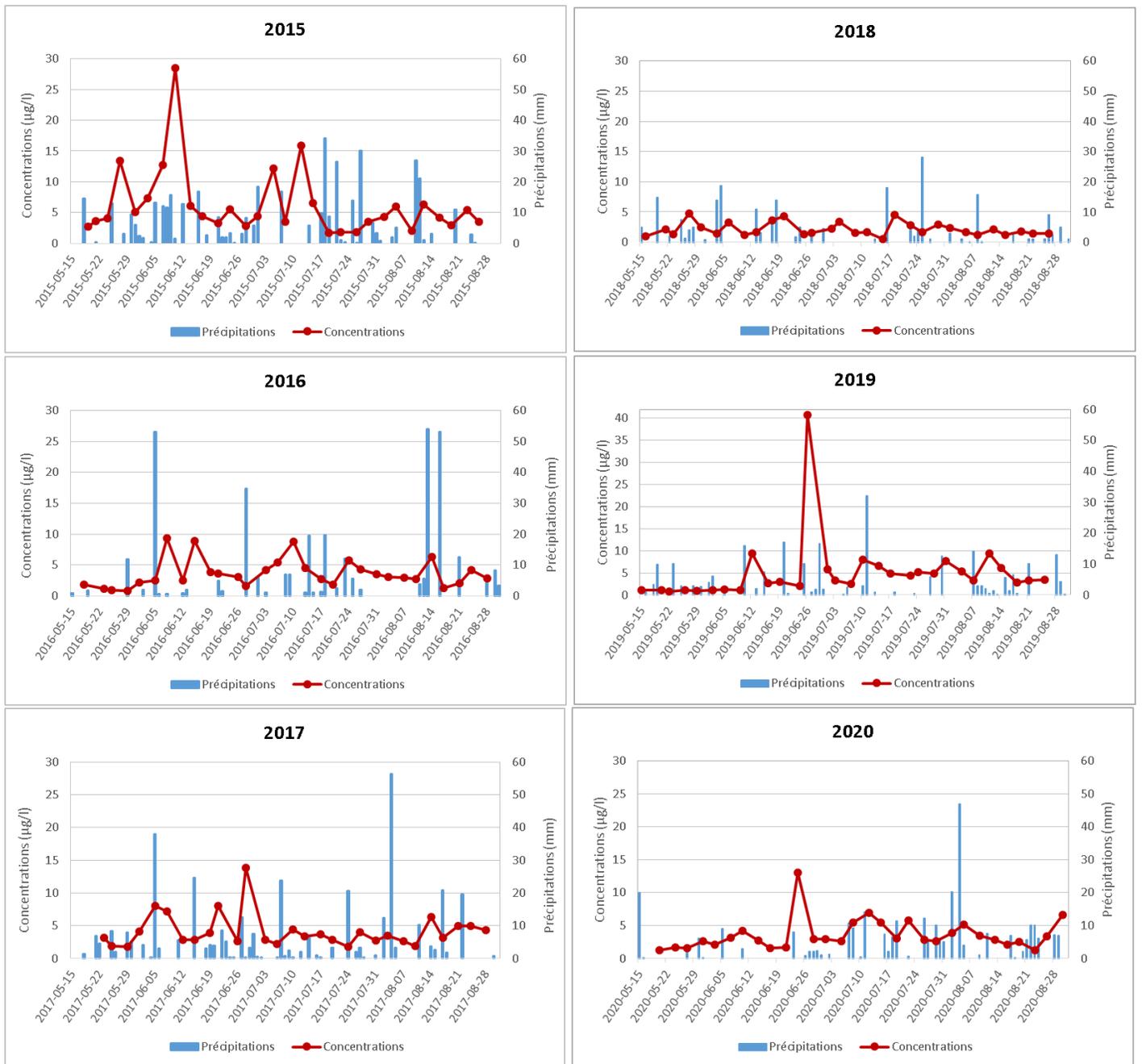


Figure 20. Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Régis en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique de Laprairie

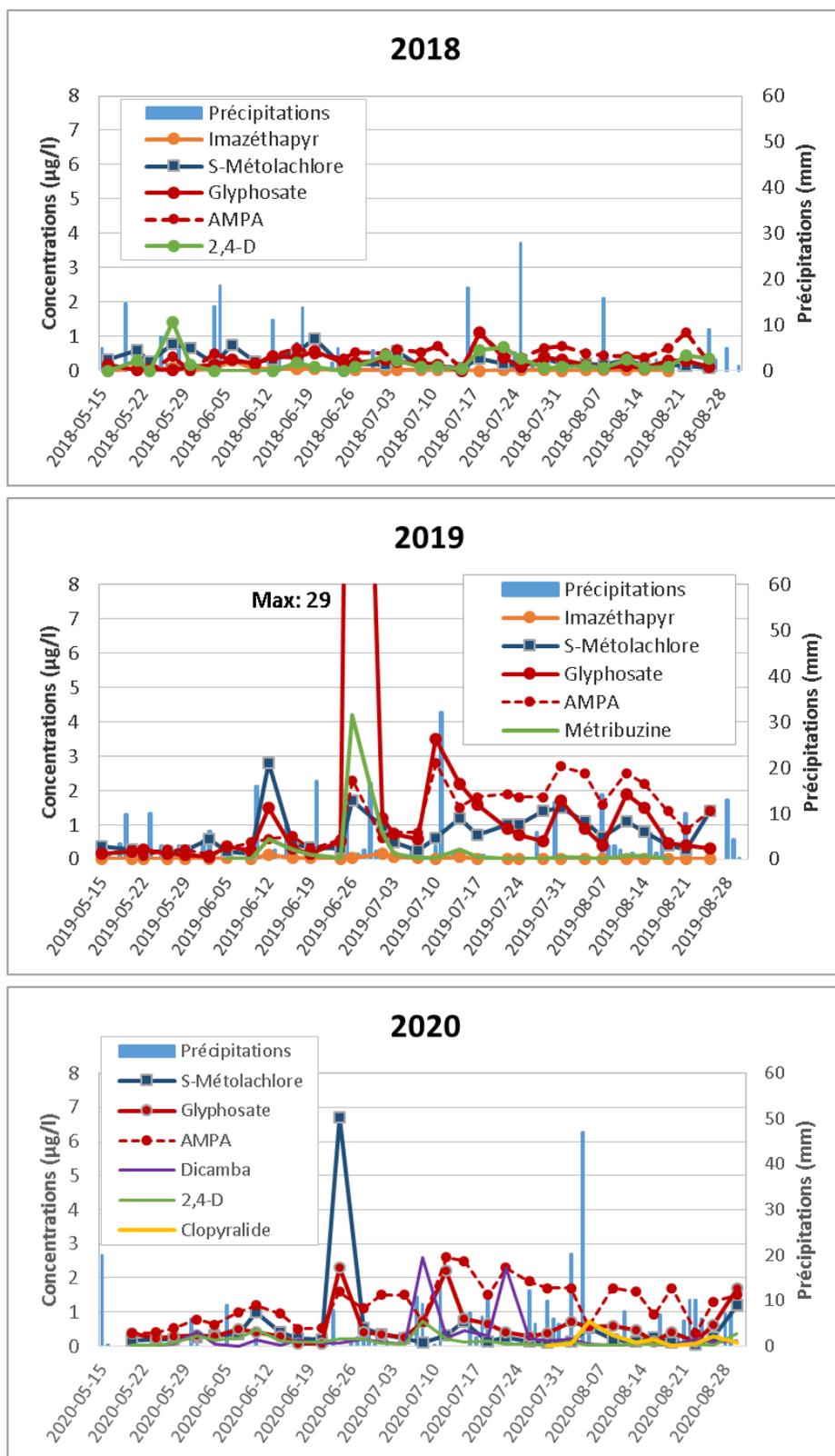


Figure 21. Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Saint-Régis

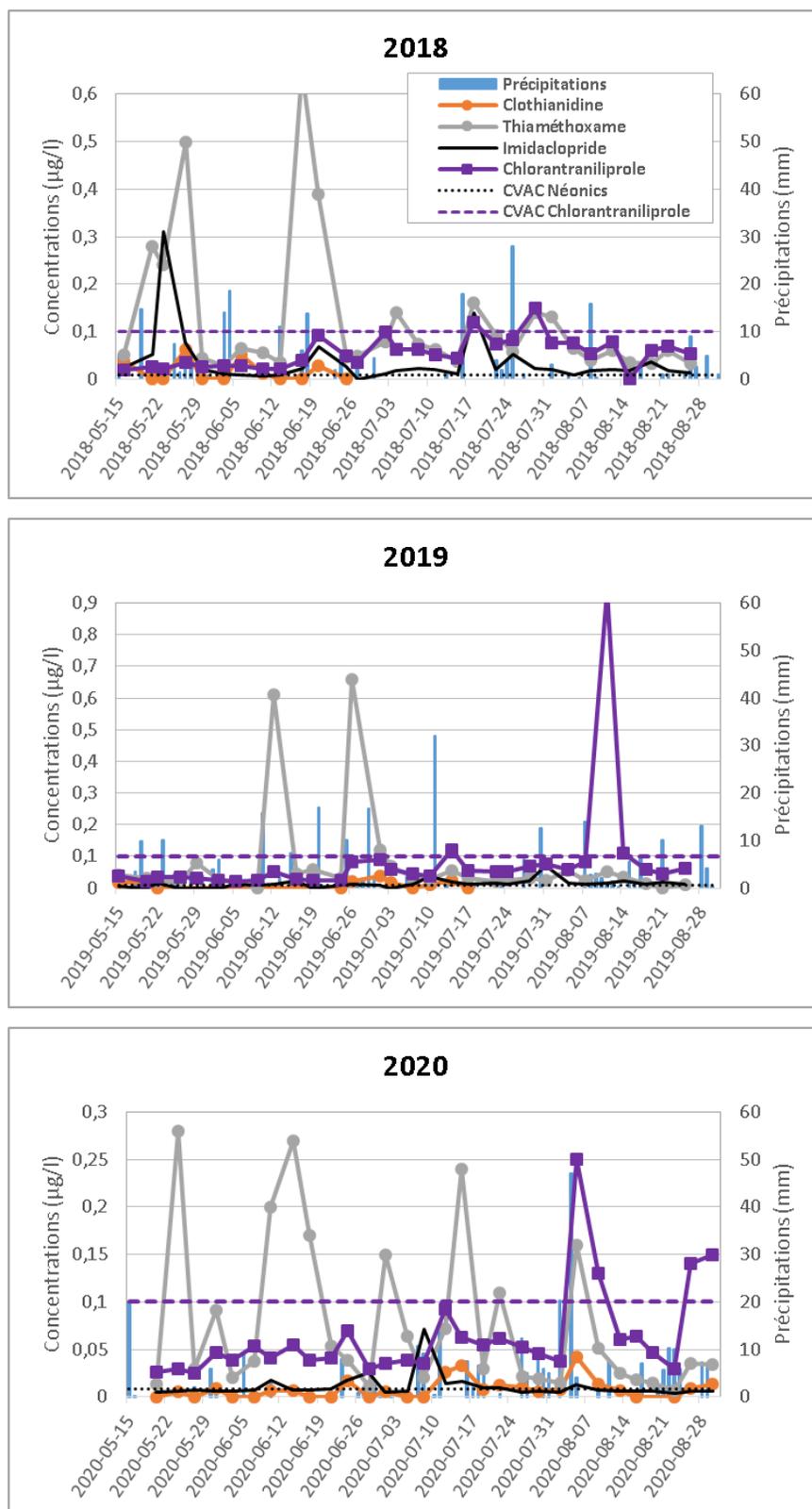


Figure 22. Concentrations de quelques insecticides dans la rivière Saint-Régis

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

Le bassin de la rivière Saint-Zéphirin est le plus petit des quatre bassins à l'étude (79,6 km²). La rivière recueille les eaux provenant des terres agricoles des municipalités de Saint-Zéphirin-de-Courval et de La Visitation-de-Yamaska. La rivière se jette dans la rivière Nicolet Sud-Ouest, laquelle rejoint la rivière Nicolet. Les cultures couvrent 55 % de la superficie du bassin versant. Le maïs compose 43,6 % de la superficie cultivée et le soya, 34,7 %. On y trouve aussi du foin (14,4 %), des céréales (6,6 %) et un peu de cultures maraîchères (0,7 %) (figure 23).

De 2018 à 2020, de 19 à 25 pesticides ont été détectés dans la rivière Saint-Zéphirin (tableau 12). Les herbicides détectés le plus souvent sont, dans l'ordre, le glyphosate (100 %), le *s*-métolachlore et l'imazéthapyr (97,8 % chacun), l'AMPA (91,1 %), l'atrazine (85,5 %) et le dééthyl-atrazine (51,1 %). Quinze autres herbicides sont aussi détectés, mais dans moins de 50 % des échantillons.

Les principaux insecticides détectés sont le chlorantraniliprole et la clothianidine. La fréquence de détection du chlorantraniliprole a beaucoup augmenté, passant de 31 % en 2015-2017 à 98,9 % en 2018-2020. Par contre, la fréquence de détection de la clothianidine et du thiaméthoxame a beaucoup diminué, passant de 100 % en 2015-2017 à 64,4 % en moyenne en 2018-2020 pour la clothianidine et de 96,6 % à 16,7 % pour le thiaméthoxame. Un seul autre insecticide a été détecté. Il s'agit du cyantraniliprole, trouvé en moyenne dans 10 % des échantillons.

Des trois fongicides détectés, l'azoxystrobine est celui qui est décelé le plus souvent, soit dans 22,2 % des échantillons.

Globalement, au cours de la période 2018-2020, de 43 % à 63 % des échantillons prélevés dépassaient les CVAC pour au moins un

pesticide (tableau 13). Bien que les dépassements soient encore relativement fréquents, on note une nette amélioration par rapport à la période précédente. En effet, dans l'ensemble, la fréquence des dépassements des CVAC est passée de 100 % des échantillons pour la période 2015-2017 à 54,4 % pour la période de 2018 à 2020. Cette amélioration s'explique par la baisse des dépassements pour les insecticides clothianidine et thiaméthoxame. La fréquence des dépassements pour la clothianidine est passée de 100 % des échantillons pour la période 2015-2017 à 54,4 % pour la période 2018-2020. Affichant des dépassements dans 89,7 % des échantillons en 2015-2017, le thiaméthoxame dépasse son CVAC dans seulement 4,4 % des échantillons en 2018-2020. Le diméthénamide montre un dépassement en 2019.

La figure 24 montre le profil des concentrations cumulées et les épisodes de pluie. À part deux pics de concentrations plus élevées en 2018 et en 2019, toutes les concentrations cumulées sont inférieures à 5 µg/l. Comme pour les trois autres bassins versants, on note que les précipitations enregistrées à la station météorologique voisine ont été plus faibles que la normale ces trois dernières années (annexe 5). Le pic de concentrations de 2018 (26,76 µg/l) et de 2019 (28,17 µg/l) résulte en grande partie de concentrations de glyphosate, d'AMPA et de diméthénamide (figure 25).

La figure 26 montre le profil des concentrations des principaux insecticides détectés dans l'eau de la rivière Saint-Zéphirin. On note que de 2018 à 2020, la clothianidine est progressivement remplacée par le chlorantraniliprole. Toutefois, alors que la clothianidine présente des valeurs qui excèdent le CVAC de 0,0083 µg/l, les concentrations de chlorantraniliprole sont toutes en deçà de la valeur du CVAC de 0,1 µg/l.

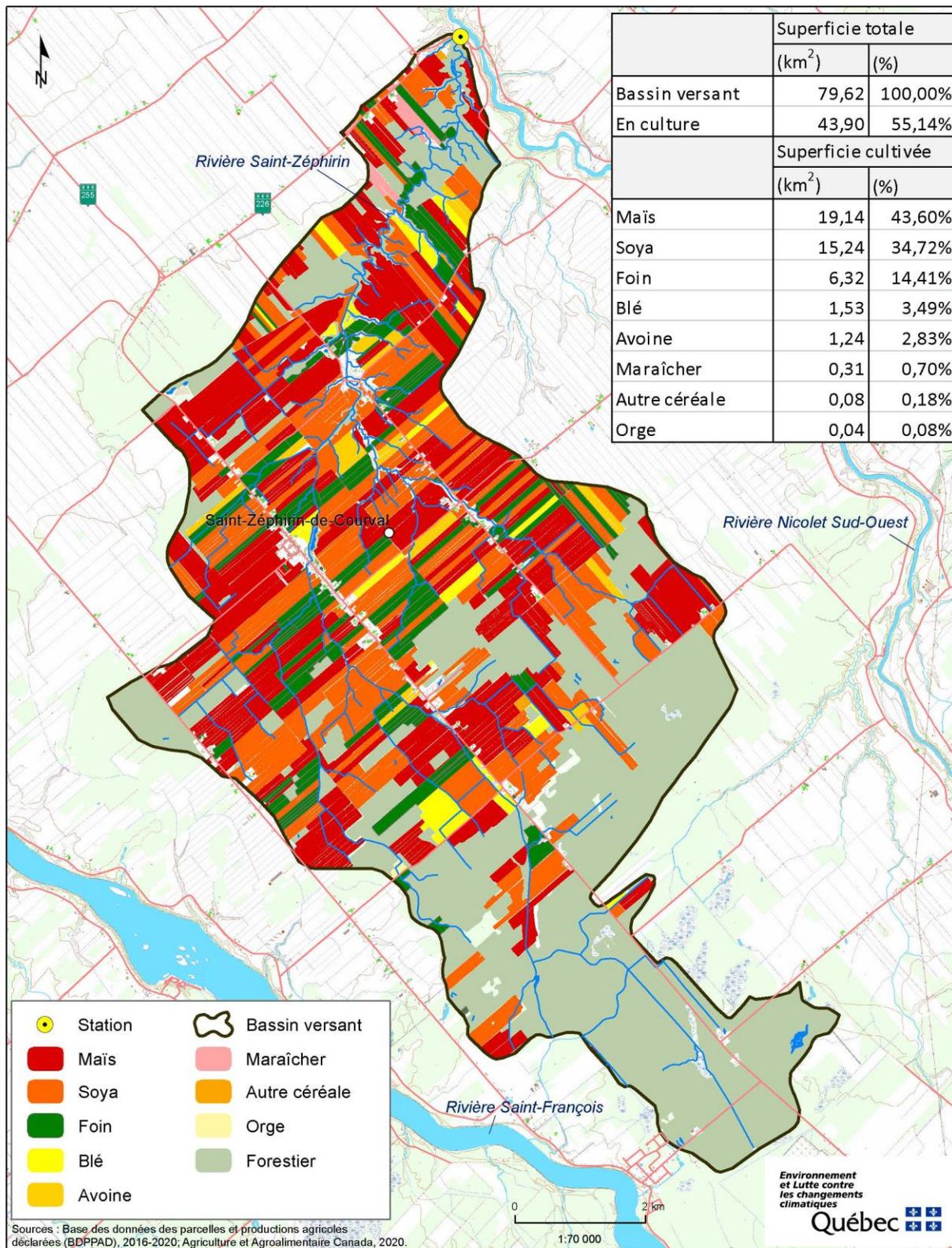


Figure 23. Cultures dans le bassin versant de la rivière Saint-Zéphirin

Tableau 12. Fréquence de détection des pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin, de 2011 à 2020 (%)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides										
Glyphosate	93,3	66,6	90	72,4	100	93,3	93,1	100	100	100
<i>S</i> -Métolachlore	96,6	100	100	100	100	100	100	100	93,3	100
Imazéthapyr	70	90	70	86,2	100	100	86,2	96,7	100	96,7
AMPA	53,3	26,6	56,7	34,5	33	53,3	68,9	76,6	100	96,7
Atrazine	93,3	100	100	100	100	96,7	86,2	93,3	73,3	90
<i>Déso</i> propyl- <i>atrazine</i>	46,6	73,3	80	82,7	76,7	83,3	68,9	86,7	23,3	43,3
Diméthénamide	0	13,3	6,7	10,3	0	0	0	76,7	40	20
MCPA	36,6	23,3	16,7	13,8	20	13,3	0	10	16,7	86,7
Bentazone	50	33,3	3,3	17,3	13,3	46,7	58,6	0	66,7	30
Mésotrione	40	56,6	76,7	24,1	63,3	63,3	58,6	23,3	30	23,3
Chlorimuron-éthyl	NA	16,7	6,7	30						
Dicamba	33,3	10	6,7	48,3	16,7	13,3	37,9	3,3	20	10
Rimsulfuron	6,6	16,6	43,3	31	30	16,7	31	13,3	16,7	0
2,4-D	3,3	0	6,7	20,7	3,3	0	3,4	0	16,7	6,7
<i>Déso</i> propyl- <i>atrazine</i>	10	0	6,7	6,9	100	10	31	13,3	0	0
Métribuzine	0	13,3	0	13,8	60	6,7	37,9	3,3	3,3	0
Bromoxynil	0	6,6	0	0	13,3	0	0	0	3,3	3,3
Nicosulfuron	6,6	73,3	83,3	27,6	30	20	34,5	6,7	0	0
Mécoprop	0	3,3	0	3,4	0	0	0	0	3,3	0
2,4-DB	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0
2,4-DP	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0
Flumetsulame	0	16,6	3,3	3,4	3,3	3,3	0	0	0	0
Glufosinate	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0
Sulfosulfuron	NA	13,3	0	0	3,3	0	3,4	0	0	0
Insecticides										
Chlorantraniliprole	NA	NA	3,3	6,9	3,3	3,3	86,2	100	100	96,7
Clothianidine	NA	100	100	100	100	100	100	56,7	63,3	73,3
Thiaméthoxame	NA	NA	NA	96,5	100	96,7	93,1	20	13,3	16,7
Cyantraniliprole	NA	0	13,3	16,7						
Imidaclopride	NA	NA	NA	NA	NA	NA	6,9	0	0	0
Chlorpyrifos	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0
Perméthrine	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0
Dieldrine	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0
Diméthoate	3,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
λ -Cyhalothrine	0	0	0	3,4	0	0	0	0	0	0
Fongicides										
Azoxystrobine	NA	NA	NA	0	0	0	0	16,7	23,3	26,7
Fénamidone	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	6,7	0
Pyriméthanil	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,4	0	0	3,3
Métalaxyl	NA	NA	NA	0	0	0	3,4	0	0	0
Nombre de pesticides détectés	15	19	18	23	24	18	21	19	25	20

Italique : produit de dégradation

NA : non analysé

Tableau 13. Fréquence de dépassement des CVAC dans la rivière Saint-Zéphirin (%)

	CVAC ($\mu\text{g/l}$)	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Herbicides											
Atrazine	1,8	6,6	3,3	6,7	6,9	3,2	3,3	3,3	0	0	0
<i>S</i> -Métolachlore	7,8	0	0	0	0	0	0	3,3	0	0	0
Diméthénamide	5,6	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0
Insecticides											
Clothianidine	0,0083	NA	100	96,7	96,5	100	100	100	56,7	63,3	43,3
Thiaméthoxame	0,0083	NA	NA	NA	82,7	100	96,7	72,4	10	0	3,3
Chlorpyrifos	0,002	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0
Perméthrine	0,004	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0
% global dépassements ¹		6,6	100	96,7	100	100	100	100	56,7	63,3	43,3

NA : non analysé

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.

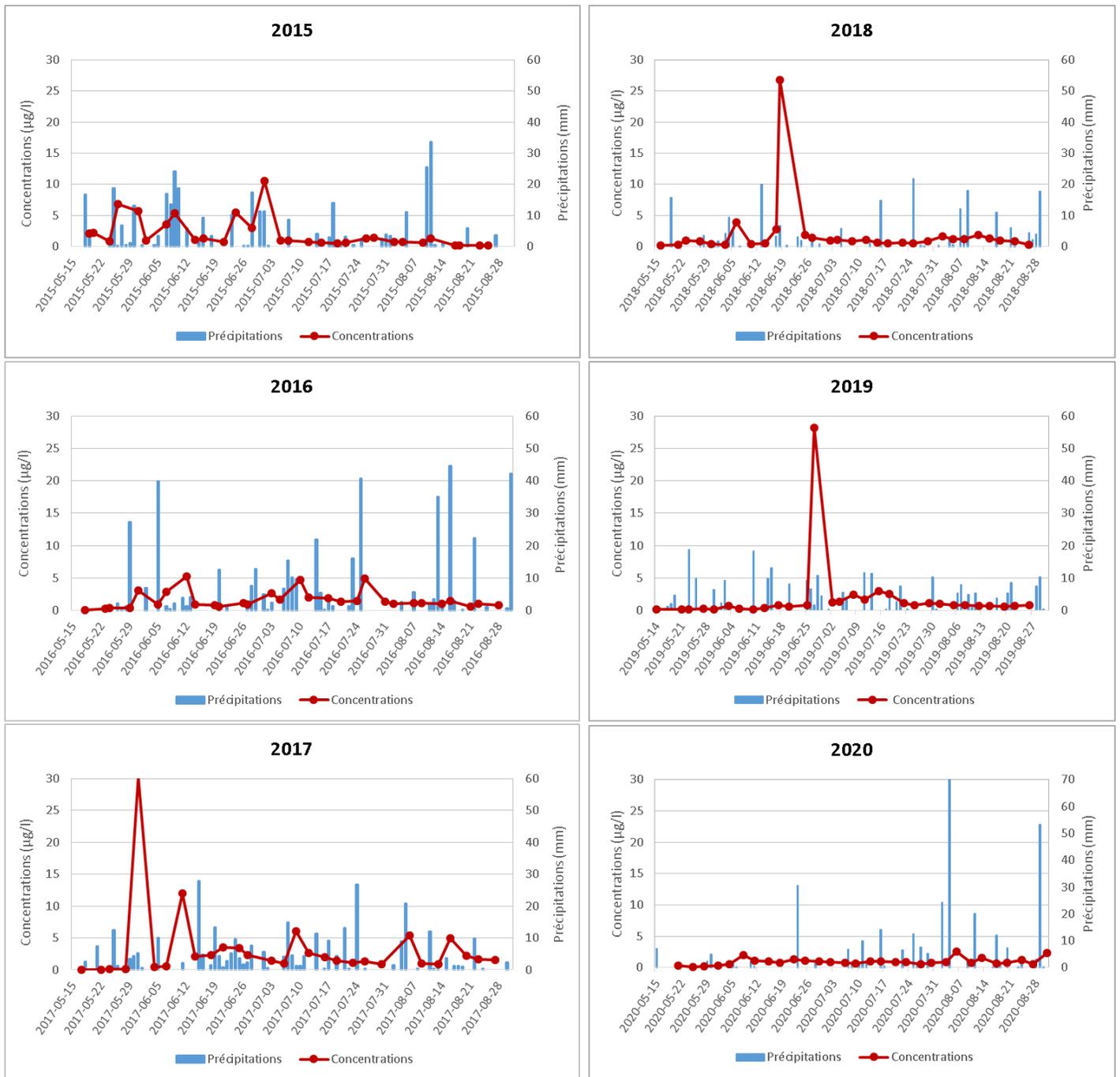


Figure 24 Somme des concentrations de pesticides dans la rivière Saint-Zéphirin en fonction des épisodes de pluie – Station météorologique Saint-Zéphirin-de-Courval

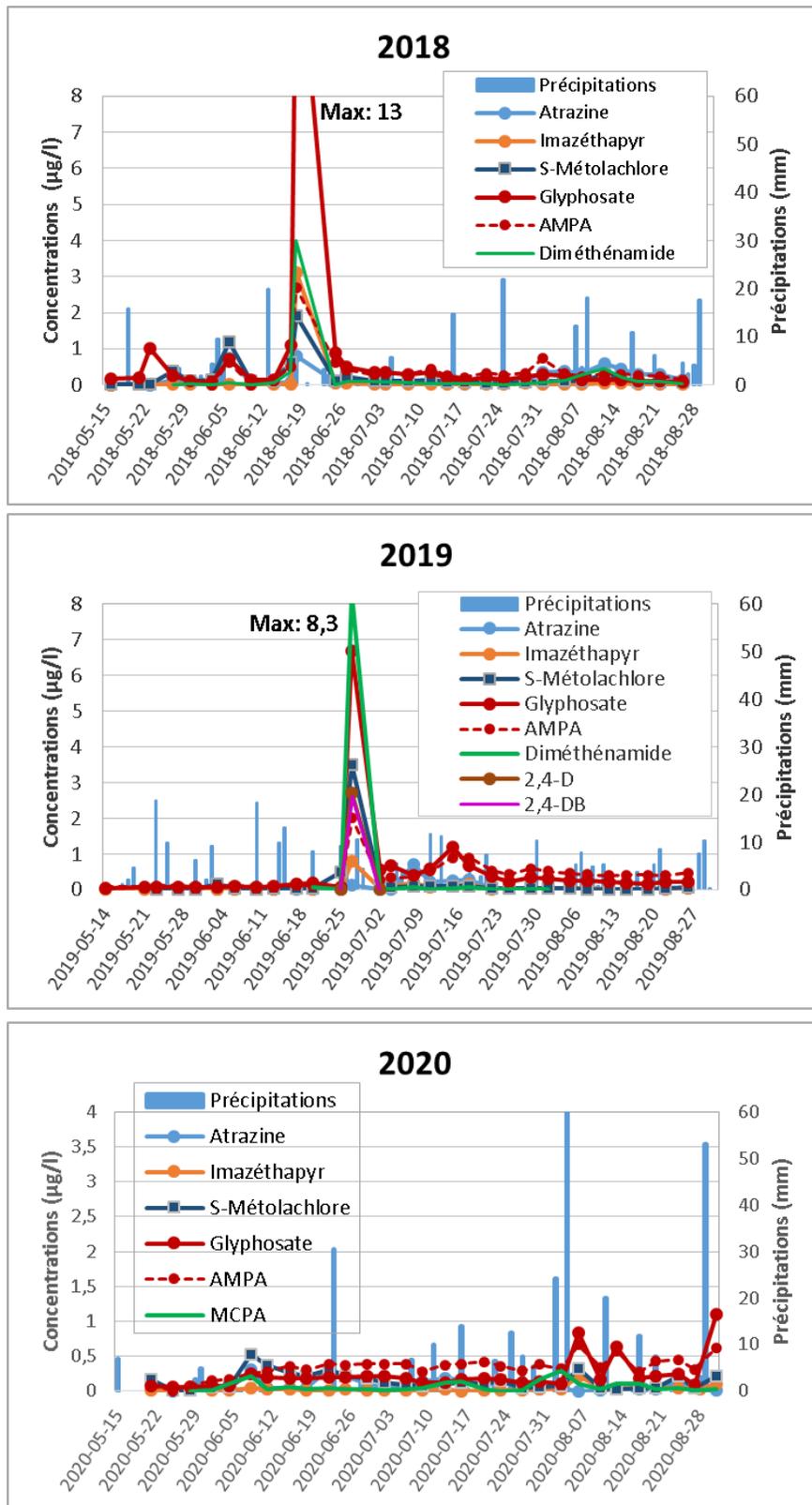


Figure 25. Concentrations de quelques herbicides dans la rivière Saint-Zéphirin

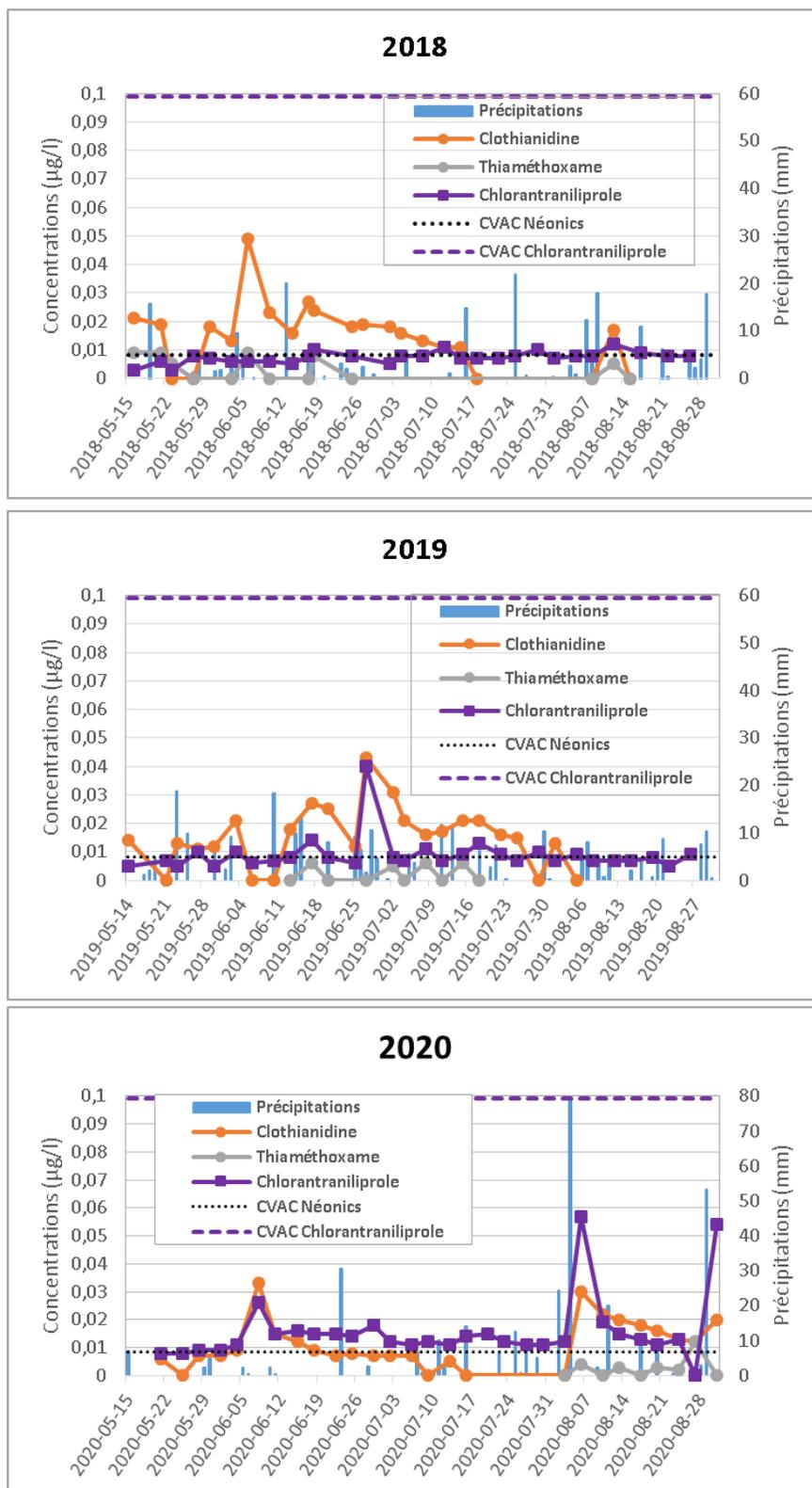


Figure 26. Concentrations de quelques insecticides dans la rivière Saint-Zéphirin

5 Autres rivières

Des pesticides ont été détectés dans tous les cours d'eau supplémentaires échantillonnés en 2018-2020, sauf dans la rivière Batiscan. D'une manière générale, l'ampleur de la contamination, soit le nombre de pesticides détectés et l'importance des concentrations, est proportionnelle aux superficies des grandes cultures, notamment de maïs-soya, dans le bassin versant de ces cours d'eau. La proportion des principales cultures dans le bassin versant des douze cours d'eau échantillonnés de 2018 à 2020 est présentée à l'annexe 3 et dans [l'Atlas de l'eau](#).

Rivières de la rive nord du Saint-Laurent

Les quatre rivières échantillonnées en 2018 sur la rive nord du Saint-Laurent s'ajoutent à celles échantillonnées en 2012 et en 2013 (Giroux, 2015). Dans les rivières Petite Yamachiche, Petite du Loup et Sainte-Anne, respectivement 16, 17 et 9 pesticides ou produits de dégradation ont été détectés (tableau 14). Comme pour les cours d'eau du réseau de base, les pesticides détectés le plus souvent sont ceux associés aux cultures de maïs et de soya, car ces deux cultures occupent la plus grande partie des superficies cultivées (annexe 5).

Dans le bassin versant de la Petite Yamachiche, le maïs et le soya totalisent 44 % de la superficie du bassin. L'atrazine est détecté dans 100 % des échantillons et son produit de dégradation (DEA), dans 75 % des échantillons. Les concentrations mesurées d'atrazine respectent cependant le CVAC de 1,8 µg/l, la valeur maximale mesurée étant de 0,48 µg/l (figure 27). Les autres herbicides le plus souvent présents sont l'imazéthapyr, détecté dans 100 % des échantillons, et le β -métochlorure, détecté dans 83,3 % des échantillons. Le glyphosate et l'AMPA sont détectés dans 58,3 % des échantillons. Parmi les insecticides, le chlorantraniliprole est détecté dans 33,3 % des échantillons et la clothianidine et l'imidaclopride, dans 16,7 %. Un seul fongicide a été détecté, soit l'azoxystrobine, présent dans 16,7 % des échantillons. Globalement, 25 % des échantillons prélevés dans la rivière dépassent les CVAC pour au moins un pesticide. La clothianidine et l'imidaclopride, détectés dans respectivement 16,7 % et 8,3 % des échantillons, sont responsables de ces dépassements (tableau 15). Les concentrations maximales mesurées pour ces deux insecticides sont d'environ deux fois la valeur du CVAC de 0,0083 µg/l (figure 27).

D'une superficie de 82 km², le bassin versant de la rivière Petite du Loup compte 56,3 % de sa superficie en culture, dont 28,7 % en maïs et soya. Parmi les treize herbicides détectés, le β -métochlorure, l'atrazine, l'imazéthapyr, l'AMPA et le glyphosate sont ceux détectés le plus souvent, soit dans 91,7 %, 75 %, 66,7 %, 50 % et 41,7 % des échantillons respectivement (tableau 14). L'herbicide MCPA est détecté dans 33,3 % des échantillons et atteint un pic de 9,5 µg/l, qui dépasse le CVAC de 2,6 µg/l (figure 27). Quatre insecticides ont été détectés. Ce sont le chlorantraniliprole et la clothianidine (58,3 % des échantillons), le thiaméthoxame (8,3 %) et le cyhalothrine (8,3 %). Globalement, 58,3 % des échantillons dépassent au moins un CVAC. Il s'agit essentiellement de dépassements pour la clothianidine (58,3 %) et d'un dépassement pour le thiaméthoxame (8,3 %) (tableau 15). Les valeurs maximales de 0,056 µg/l de clothianidine et de 0,018 µg/l de thiaméthoxame, correspondent à des dépassements d'une amplitude de sept fois et de deux fois la valeur du CVAC.

Le bassin de la rivière Sainte-Anne est grand (2 713 km²) et l'agriculture ne couvre que 8 % de sa superficie. La pression agricole y est donc moins forte que dans d'autres bassins versants de la présente étude. Le maïs et le soya ne représentent que 3,3 % de la superficie du bassin versant. On y détecte tout de même neuf pesticides. Parmi les herbicides, le β -métochlorure est détecté dans 16,7 % des échantillons et l'atrazine, dans 8,3 %. On trouve ponctuellement (8,3 %) du MCPA et du dicamba qui sont en général associés aux cultures de céréales. Le chlorprophame, un antigerminatif utilisé dans les entrepôts de pommes de terre, a aussi été détecté à une occasion. Trois insecticides et un produit de dégradation d'un insecticide ont été décelés, à savoir la clothianidine (41,7 %), le thiaméthoxame (16,7 %), l'imidaclopride (8,3 %) et l'imidaclopride-guanidine (8,3 %). Globalement, 41,6 % des échantillons ont montré des dépassements des CVAC (tableau 15). La clothianidine est responsable de la plupart de ces dépassements (33,3 %), le thiaméthoxame et l'imidaclopride ne montrant que des dépassements ponctuels (dans 8,3 % des échantillons). L'imidaclopride est davantage relié à la culture de pommes de terre. La valeur maximale d'imidaclopride enregistrée est de 0,19 µg/l, une amplitude d'environ 23 fois la valeur du CVAC de 0,0083 µg/l (figure 27).

Aucun pesticide n'a été décelé dans la rivière Batiscan. Bien qu'il y ait des superficies en culture dans sa partie aval, ce bassin versant est très grand (4 624 km²) et les cultures n'y occupent au

total que 4,6 % de la superficie. Le maïs et le soya ne constituent que 1,6 % de la superficie du bassin.

Tableau 14. Fréquence de détection des pesticides dans quatre rivières de la rive nord du Saint-Laurent (%)

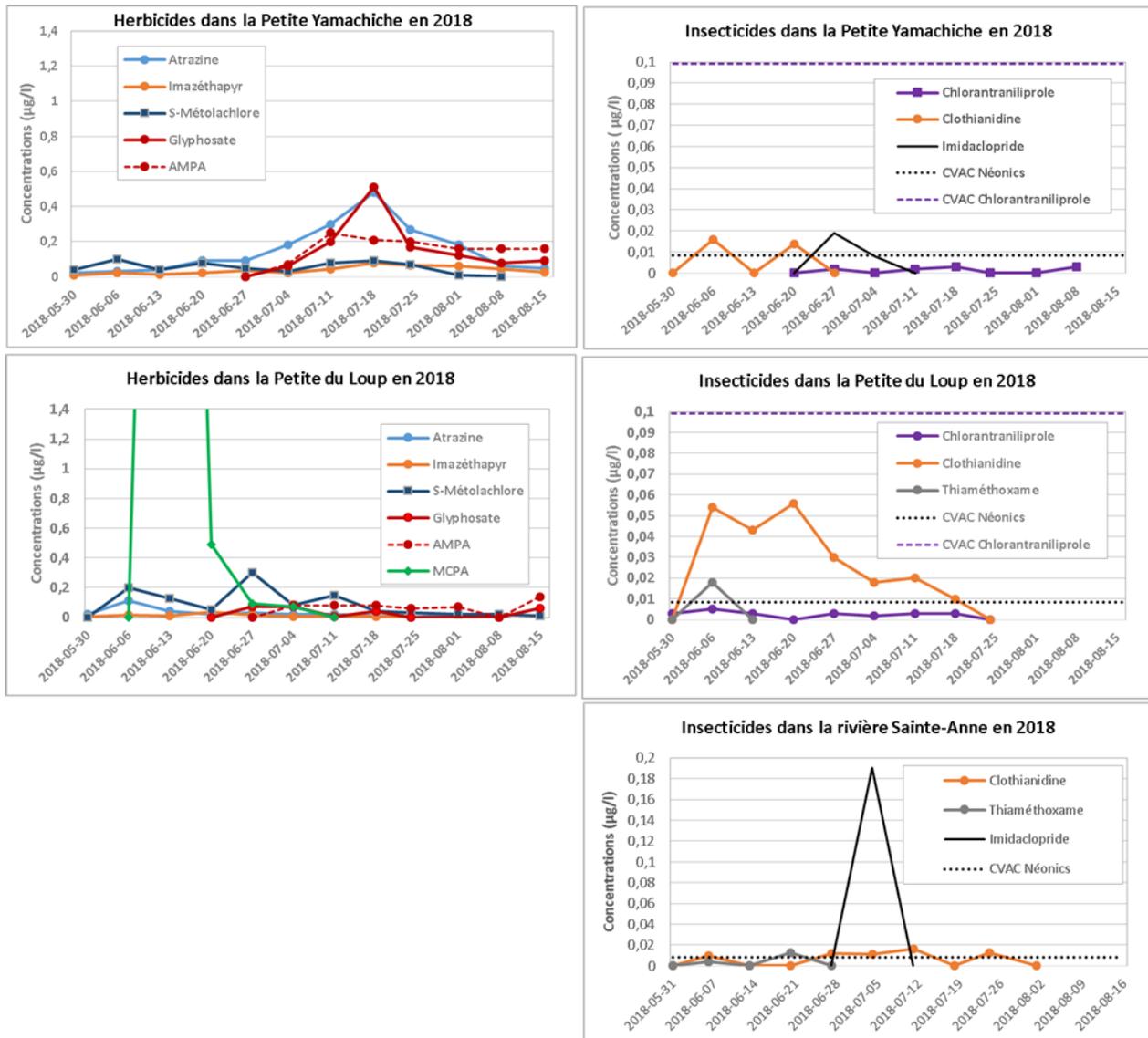
	Petite Yamachiche	Petite du Loup	Sainte-Anne	Batiscan
	2018	2018	2018	2018
HERBICIDES				
<i>γ</i> -Métolachlore	83,3	91,7	16,7	0
Atrazine	100	75	8,3	0
Imazéthapyr	100	66,7	0	0
<i>Déethyl-atrazine</i>	75	33,3	0	0
AMPA	58,3	50	0	0
Glyphosate	58,3	41,7	0	0
MCPA	16,7	33,3	8,3	0
Flumetsulame	50	0	0	0
Dicamba	16,7	8,3	8,3	0
Diméthénamide	8,3	8,3	0	0
Métribuzine	8,3	8,3	0	0
Mésotrione	0	16,7	0	0
Bentazone	8,3	0	0	0
Linuron	0	8,3	0	0
Mécoprop	0	8,3	0	0
Chlorprophame	0	0	8,3	0
INSECTICIDES				
Chlorantraniliprole	33,3	58,3	0	0
Clothianidine	16,7	58,3	41,7	0
Thiaméthoxame	0	8,3	16,7	0
Imidaclopride	16,7	0	8,3	0
Imidaclopride-guanidine	0	0	8,3	0
λ-Cyhalothrine	0	8,3	0	0
FONGICIDE				
Azoxystrobine	16,7	0	0	0
Nombre de pesticides détectés	16	17	9	0
% de la superficie du bassin versant				
Total en cultures	78	56,3	8,4	4,6
Maïs et soya	44	28,7	3,3	1,6

Italique : produit de dégradation

Tableau 15. Fréquence de dépassement des CVAC dans quatre rivières de la rive nord du Saint-Laurent (%)

	CVAC (µg/l)	Petite Yamachiche 2018	Petite du Loup 2018	Sainte-Anne 2018	Batiscan 2018
Herbicides					
MCPA	2,6	0	8,3	0	0
Insecticides					
Clothianidine	0,0083	16,7	58,3	33,3	0
Thiaméthoxame	0,0083	0	8,3	8,3	0
Imidaclopride	0,0083	8,3	0	8,3	0
% global dépassement ¹		25	58,3	41,6	0

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.


Figure 27. Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans les rivières Petite Yamachiche, Petite du Loup et Sainte-Anne

Rivières de la Montérégie

La rivière Salvail, la rivière David, la rivière Pot au Beurre (branche 3) et l'affluent de la rivière Saint-Louis échantillonnés en 2019 sont tous des tributaires de la rivière Yamaska. Les cultures occupent 70 % à 76 % du bassin dans le cas des rivières Salvail, David et Pot au Beurre, et 93 % dans le cas de l'affluent de la rivière Saint-Louis (annexe 5). Les superficies en maïs et soya sont importantes, soit autour de 56 % de la superficie du bassin pour les rivières Salvail, David et Pot au Beurre et 75 % dans le cas de l'affluent de la rivière Saint-Louis.

Dans ces quatre cours d'eau, on trouve entre 20 et 26 pesticides dont la plupart sont associés aux cultures de maïs et de soya (tableau 16).

Dans la rivière Salvail, huit herbicides ou produits de dégradation d'herbicides sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Ce sont, dans l'ordre, le *s*-métolachlore, l'imazéthapyr et l'AMPA (100 %), le glyphosate et le bentazone (91,7 %), l'atrazine (81,8 %), le 2,4-D (75 %) et le produit de dégradation de l'atrazine, le dééthyl-atrazine (72,7 %). Quatre insecticides ont été décelés, soit le chlorantraniliprole (100 %), la clothianidine (91,7 %), le thiaméthoxame (83,3 %) et le cyantraniliprole (dans un seul échantillon). Le fongicide azoxystrobine est détecté en faible concentration dans 50 % des échantillons. Globalement, 91,7 % des prélèvements dépassaient le CVAC pour au moins un produit. La clothianidine et le thiaméthoxame, sont les principaux responsables de ces dépassements, soit respectivement dans 91,7 et 33,3 % des échantillons. Avec une concentration maximale de 0,043 µg/l, l'amplitude du dépassement pour la clothianidine était de cinq fois la valeur du CVAC; le thiaméthoxame, pour sa part, dépassait de très peu le CVAC (figure 28).

Dans la rivière David, les constats sont à peu près similaires à la rivière Salvail, à part le fait qu'on y trouve un plus grand nombre d'herbicides. En effet, dans la rivière David, onze herbicides sont détectés dans 50 % ou plus des échantillons. Par ordre de fréquence de détection, ce sont le *s*-métolachlore, l'imazéthapyr, le glyphosate et l'AMPA (100 %), l'atrazine et le bentazone (91,7 %), le métribuzine (90,9 %), le diméthénamide et le flumetsulame (58,3 %), le MCPA et le dééthyl-atrazine (50 %). Le métribuzine est habituellement associé à la culture des pommes de terre. Plusieurs herbicides montrent un pic de concentration le 9 juillet, probablement consécutif à un épisode de pluie. Tout comme dans la rivière Salvail, on note la présence des insecticides

chlorantraniliprole (100 %), clothianidine (75 %), thiaméthoxame et cyantraniliprole (41,7 %), de même que du fongicide azoxystrobine (50 %). Ici aussi, la clothianidine et le thiaméthoxame ont montré des dépassements du CVAC, soit respectivement dans 75 % et 8,3 % des échantillons (tableau 16). Cependant, les concentrations de clothianidine sont plus faibles (valeur maximale de 0,028 µg/l) et celles du thiaméthoxame ne dépasse que légèrement le critère à une seule occasion (figure 28).

Dans la rivière Pot au Beurre, on détecte un moins grand nombre de pesticides et les dépassements des CVAC sont aussi moins fréquents que dans les trois autres rivières. Les autres constats sont assez similaires aux trois autres rivières. Huit herbicides sont détectés dans 50 % et plus des échantillons. Ce sont l'imazéthapyr, le glyphosate, l'AMPA et le bentazone (100 %), le *s*-métolachlore (91,7 %), l'atrazine (83 %), le bromacil (75 %) et le dééthyl-atrazine (50 %). Le profil des concentrations de glyphosate et de l'AMPA montre une augmentation des concentrations de ces deux produits vers la fin de la saison, comme dans l'affluent de la rivière Saint-Louis, ce qui indiquerait peut-être un apport tardif, mais constant provenant du drainage souterrain (figure 28).

Trois insecticides étaient présents dans la rivière Pot au Beurre. Le chlorantraniliprole et la clothianidine sont décelés dans 100 % et 66,7 % des échantillons respectivement, tandis que l'acétamipride a été détecté plus ponctuellement, soit dans 8,3 % des échantillons (tableau 16). Le fongicide azoxystrobine n'a été détecté qu'une seule fois (8,3 % des échantillons), ce qui est beaucoup moins que dans les trois autres cours d'eau. Le fénamidone est détecté dans 16,6 % des échantillons. Malgré le fait que les dépassements des CVAC sont moins fréquents, une pointe de concentration élevée de clothianidine de 0,28 µg/l est constatée le 11 juin, ce qui correspond à 33 fois la valeur du CVAC.

Dans l'affluent de la rivière Saint-Louis, neuf herbicides ou produits de dégradation d'herbicides sont détectés dans 50 % et plus des échantillons. Ce sont, en gros, les mêmes que ceux mentionnés précédemment, c'est-à-dire le *s*-métolachlore, l'imazéthapyr et le bentazone détectés dans 100 % des échantillons, le glyphosate, l'AMPA, l'atrazine et le dééthyl-atrazine (91,7 %), le diméthénamide (75 %) et le MCPA (50 %). Le 9 juillet, on observe une pointe de concentration un peu plus élevée de bentazone comparativement aux autres herbicides (figure 24). Cette valeur de 3,1 µg/l respecte

toutefois largement le CVAC de 510 µg/l. On note aussi une légère augmentation progressive des concentrations de glyphosate vers la fin de l'été, possiblement due à des apports retardés par les drains souterrains ou les eaux souterraines. Les insecticides chlorantraniliprole, clothianidine et thiaméthoxame sont également détectés respectivement dans 100 %, 91,7 % et 33,3 % des échantillons. La clothianidine dépasse le CVAC dans 91,7 % des échantillons et le thiaméthoxame, dans 8,3 % (tableau 16).

La rivière aux Brochets a été échantillonnée en 2018, comme contribution aux [recherches sur les algues bleu-vert dans le secteur de la baie Missisquoi](#) dans le cadre du programme Ouranos (Ouranos, 2019). Le ruisseau au Castor, un affluent de la rivière aux Brochets, a été échantillonné en 2020 dans le cadre d'un projet pilote financé par la Stratégie québécoise de l'eau. Ce projet, qui mise sur la participation des producteurs du bassin versant, vise l'adoption de nouvelles pratiques par les producteurs en vue d'une amélioration de la qualité de l'eau et de l'écosystème aquatique et riverain.

Les constats pour la rivière aux Brochets et le ruisseau Castor ressemblent beaucoup à ceux des autres cours d'eau de la Montérégie. Dix-neuf pesticides ont été détectés dans la rivière aux Brochets et 21 dans le ruisseau au Castor, la plupart des produits étant associés aux cultures de maïs et de soya, prépondérantes dans ces bassins. Toutefois, les dépassements des CVAC y sont moins fréquents.

Dans la rivière aux Brochets, parmi les treize herbicides ou produits de dégradation d'herbicides détectés, quatre seulement sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Ce sont le *s*-métolachlore (100 %), l'atrazine (88,2 %), l'imazéthapyr et le dééthyl-atrazine (tous les deux

détectés dans 52,9 % des échantillons). Quatre insecticides ont été décelés, le chlorantraniliprole étant celui le plus souvent présent (88,2 % des échantillons). Le thiaméthoxame, la clothianidine et le cyhalothrine sont les autres insecticides détectés, mais dans moins de 25 % des échantillons. Les fongicides azoxystrobine et boscalide sont respectivement présents dans 52,9 % et 5,9 % des échantillons. Globalement, 17,6 % des échantillons ont dépassé les CVAC, ce qui est beaucoup moins que pour les autres cours d'eau. Toutefois, rappelons que les superficies en cultures de maïs et de soya ne représentent qu'environ 25 % de la superficie du bassin comparativement à 55 % à 75 % pour les autres bassins des rivières échantillonnées. Le thiaméthoxame et la clothianidine sont responsables de ces dépassements (tableau 16).

Parmi les quatorze herbicides détectés dans le ruisseau au Castor, cinq sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Ce sont, dans l'ordre, le *s*-métolachlore (97 %), l'imazéthapyr (93,9 %) l'atrazine et l'AMPA (88,2 % chacun) et le glyphosate (85,3 %). Quatre insecticides ont été trouvés, notamment le chlorantraniliprole, décelé dans tous les échantillons, et le thiaméthoxame, présent dans 64,7 % des échantillons. La clothianidine et le cyantraniliprole ont été détectés dans 29,4 % et 18,2 % des échantillons respectivement. Trois fongicides ont été détectés, le plus présent, à l'instar des autres cours d'eau, étant l'azoxystrobine, qui est détecté dans 90,9 % des échantillons. Des dépassements des CVAC sont constatés dans 24,2 % des échantillons prélevés, la clothianidine et le thiaméthoxame en étant responsables.

Quoique souvent détecté dans les cours d'eau, le chlorantraniliprole ne dépasse pas le CVAC pour la protection des espèces aquatiques (figure 29)

Tableau 16. Fréquence de détection des pesticides dans six cours d'eau de la Montérégie (%)

	Salvail	David	Pot au Beurre	Saint-Louis	Aux Brochets	Au Castor
	2019	2019	2019	2019	2018	2020
HERBICIDES						
<i>γ</i> -Métolachlore	100	100	91,7	100	100	97
Imazéthapyr	100	100	100	100	52,9	93,9
Atrazine	81,8	91,7	83,3	91,7	88,2	88,2
AMPA	100	100	100	91,7	23,5	88,2
Glyphosate	91,7	100	100	91,7	23,5	85,3
Bentazone	91,7	91,7	100	100	5,9	2,9
<i>Déethyl-atrazine</i>	72,7	50	50	91,7	52,9	26,5
Diméthénamide	45,5	58,3	25	75	17,6	0
Mésotrione	33,3	41,7	16,6	41,7	29,4	36,4
Métribuzine	0	90,9	8,3	41,7	23,5	14,7
MCPA	33,3	50	33,3	50	0	8,8
Flumetsulame	41,7	58,3	0	0	23,5	9,1
2,4-D	75	33,3	0	8,3	0	11,8
Bromacil	0	0	75	0	0	0
Rimsulfuron	9,1	9,1	0	27,3	11,7	0
Chlorimuron-éthyl	0	33,3	0	16,7	0	0
Diuron	9,1	0	25	0	0	0
<i>Déisopropyl-atrazine</i>	0	8,3	8,3	8,3	5,9	0
Dicamba	0	8,3	8,3	8,3	0	0
Cyanazine	0	18,2	0	0	0	0
Nicosulfuron	0	8,3	0	8,3	0	0
Bromoxynil	0	8,3	0	8,3	0	0
Mécoprop	8,3	0	0	0	0	2,9
2,4-DB	8,3	0	0	0	0	0
Simazine	0	8,3	0	0	0	0
Glufosinate	0	0	0	0	0	2,9
INSECTICIDES						
Chlorantraniliprole	100	100	100	100	88,2	100
Clothianidine	91,7	75	66,7	91,7	11,7	29,4
Thiaméthoxame	83,3	41,7	0	33,3	23,5	64,7
Cyantraniliprole	8,3	41,7	0	0	0	18,2
Acétamipride	0	0	8,3	0	0	0
Cyhalothrine	0	0	0	0	5,9	0
FONGICIDES						
Azoxystrobine	50	25	8,3	50	52,9	90,9
Pyriméthanil	0	0	0	0	0	15,2
Fénamidone	0	0	16,6	0	0	0
Boscalide	0	0	0	0	5,9	0
Dimétomorphe	0	0	0	0	0	2,9
Nombre de pesticides détectés	21	26	20	22	19	21
% de la superficie du bassin versant						
Total en cultures	75,7	70,5	75,9	92,6	49,3	96,3
Maïs et soya	57,3	55,2	56,5	74,7	24,8	59,8

Tableau 17. Fréquence de dépassement des CVAC dans six cours d'eau de la Montérégie (%)

	CVAC (µg/l)	Salvail 2019	David 2019	Pot au Beurre 2019	Saint-Louis ² 2019	Aux Brochets 2018	Au Castor 2020
Insecticides							
Clothianidine	0,0083	91,7	75	66,7	91,7	11,7	21,2
Thiaméthoxame	0,0083	33,3	8,3	0	8,3	17,6	15,2
% global dépassement ¹		91,7	75	66,7	91,7	17,6	24,2

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.

² La station d'échantillonnage se situe dans l'affluent du ruisseau Saint-Louis.

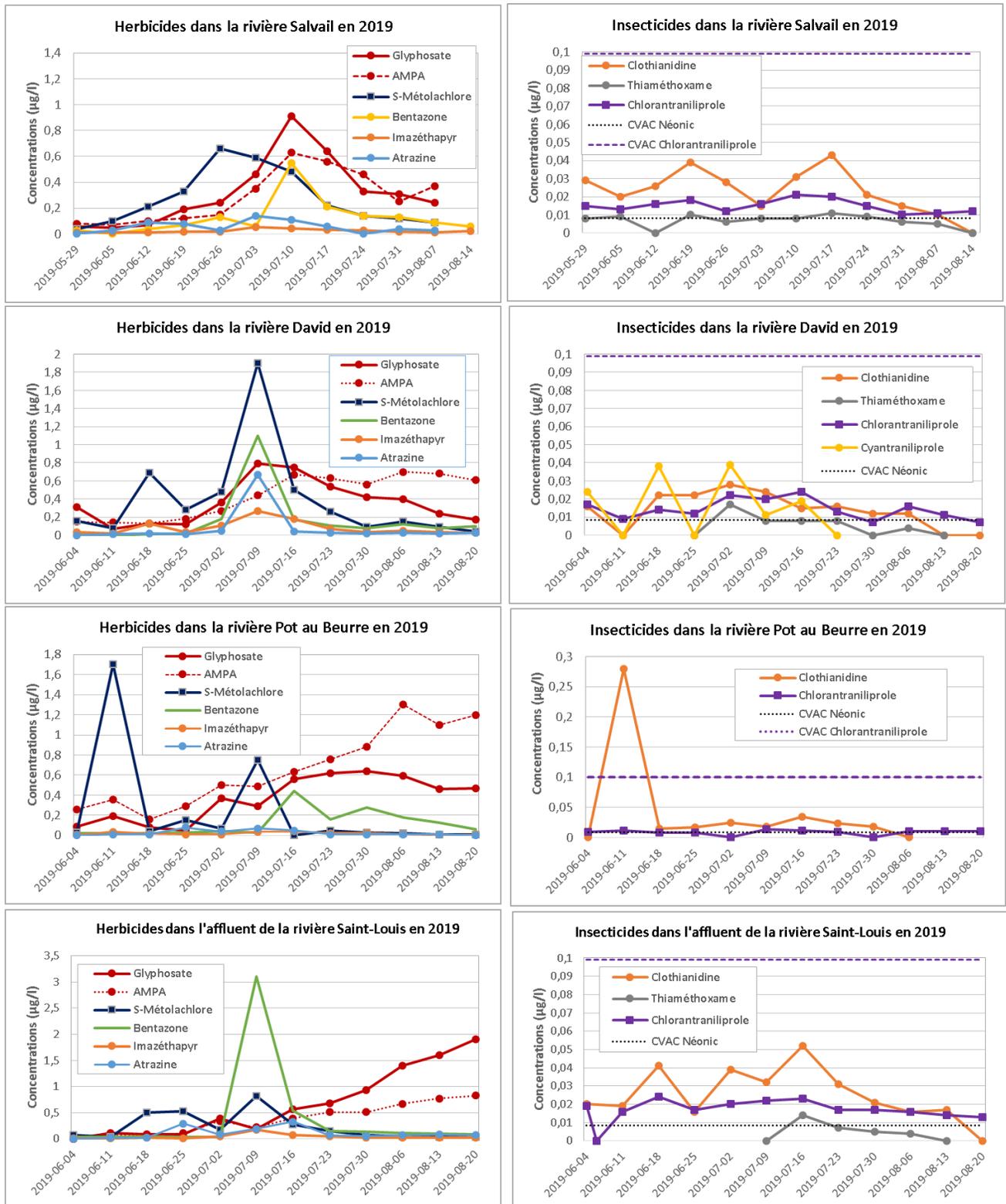


Figure 28. Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans la rivière Salvail, la rivière David et la rivière Pot au Beurre, et dans l'affluent de la rivière Saint-Louis, des tributaires de la rivière Yamaska, en Montérégie

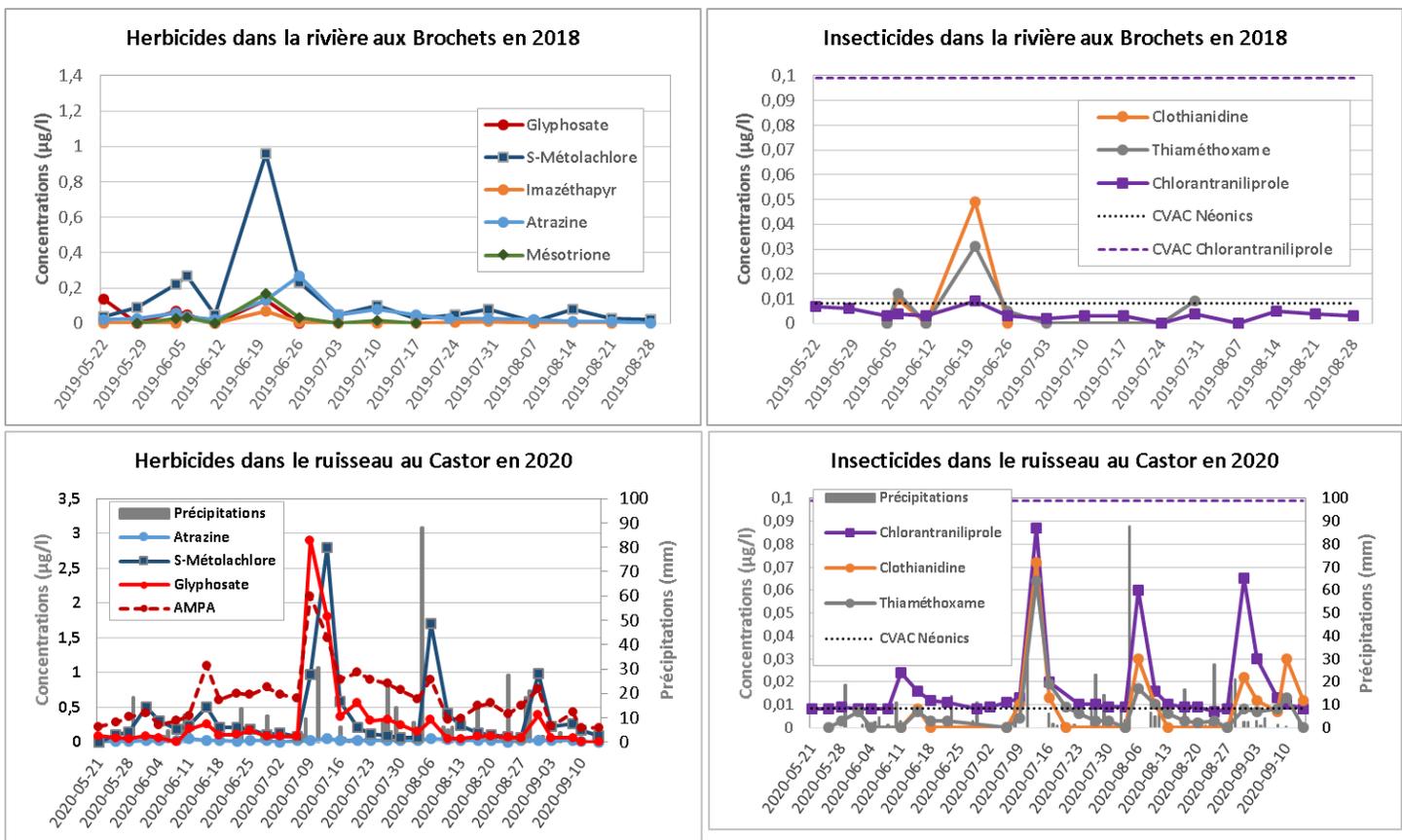


Figure 29. Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans la rivière aux Brochets et le ruisseau au Castor dans le bassin versant de la baie Missisquoi, en Montérégie

Rivières des Laurentides

Les rivières du Chicot et du Chêne se jettent dans la rivière des Mille-Îles à la hauteur de Saint-Eustache.

Le bassin de la rivière du Chicot fait 73 km². Les cultures totalisent 53 % de sa superficie, dont 22,3 % sont en soya et en maïs. Le bassin de la rivière du Chêne fait 216 km² et les cultures de soya et de maïs y occupent 26,9 % du bassin. Dans ces deux bassins versants, le soya est légèrement prépondérant par rapport au maïs, contrairement aux autres bassins versants mentionnés dans le présent rapport. Ceci peut avoir eu une influence sur la fréquence de détection de certains herbicides comme le bentazone et l'imazéthapyr. Dans le bassin de la rivière du Chicot, des cultures maraîchères sont présentes (3,2 % du bassin) et dans celui de la rivière du Chêne, on trouve un peu de cultures maraîchères (1 %) et des vergers (3 %). Ces cultures sont également susceptibles de laisser leur signature sur les pesticides présents dans les cours d'eau.

Parmi les douze herbicides détectés dans la rivière du Chicot, neuf sont détectés dans 50 % et plus des échantillons. Ce sont le bentazone (100 %), l'imazéthapyr (83,3 %), le glyphosate et le 2,4-D (83,3 %), le dicamba, l'AMPA et le mécoprop (75 %), le *s*-métolachlore (66,7 %) et le diméthénamide (50 %). Cinq insecticides ont été détectés, en particulier le chlorantranilprole qui est détecté dans tous les échantillons (tableau 18). Les autres insecticides sont détectés dans moins de 35 % des échantillons, mais ils présentent tout de même des dépassements des CVAC. Globalement, 25 % des échantillons présentent des dépassements, notamment pour l'imidaclopride (dans 16,7 % des échantillons) et ponctuellement pour la clothianidine et le thiaméthoxame (8,3 %) (tableau 19).

Dans la rivière du Chêne, un grand nombre de pesticides ou produits de dégradation ont été détectés (29), soit 19 herbicides, 6 insecticides et 4 fongicides. Parmi les herbicides, dix sont détectés dans plus de 50 % des échantillons. Le bentazone et l'imazéthapyr sont détectés dans 100 % d'entre eux, le glyphosate, le *s*-métolachlore et le diméthénamide dans 91,7 %

des échantillons, le dicamba dans 83,3 %, l'AMPA dans 75 % et le 2,4-D, la métribuzine et l'atrazine dans 66,7 %. Les profils de concentration de quelques herbicides sont illustrés à la figure 30. Parmi les herbicides, c'est le dicamba qui présente la valeur maximale la plus élevée (1,5 µg/l), mais celle-ci respecte le CVAC de 10 µg/l. Comme pour la rivière du Chicot, l'insecticide chlorantraniliprole est détecté dans tous les échantillons de la rivière du Chêne, mais sans dépasser son CVAC.

Globalement, 66,7 % des échantillons prélevés dans la rivière du Chêne dépassaient un CVAC. Les produits qui dépassent leur CVAC sont la clothianidine (58,3 %), le thiaméthoxame (25 %) et le chlorpyrifos (8,3 %). La valeur maximale mesurée de la clothianidine (0,023 µg/l) dépasse le CVAC avec une amplitude de 2,7 fois (figure 30).

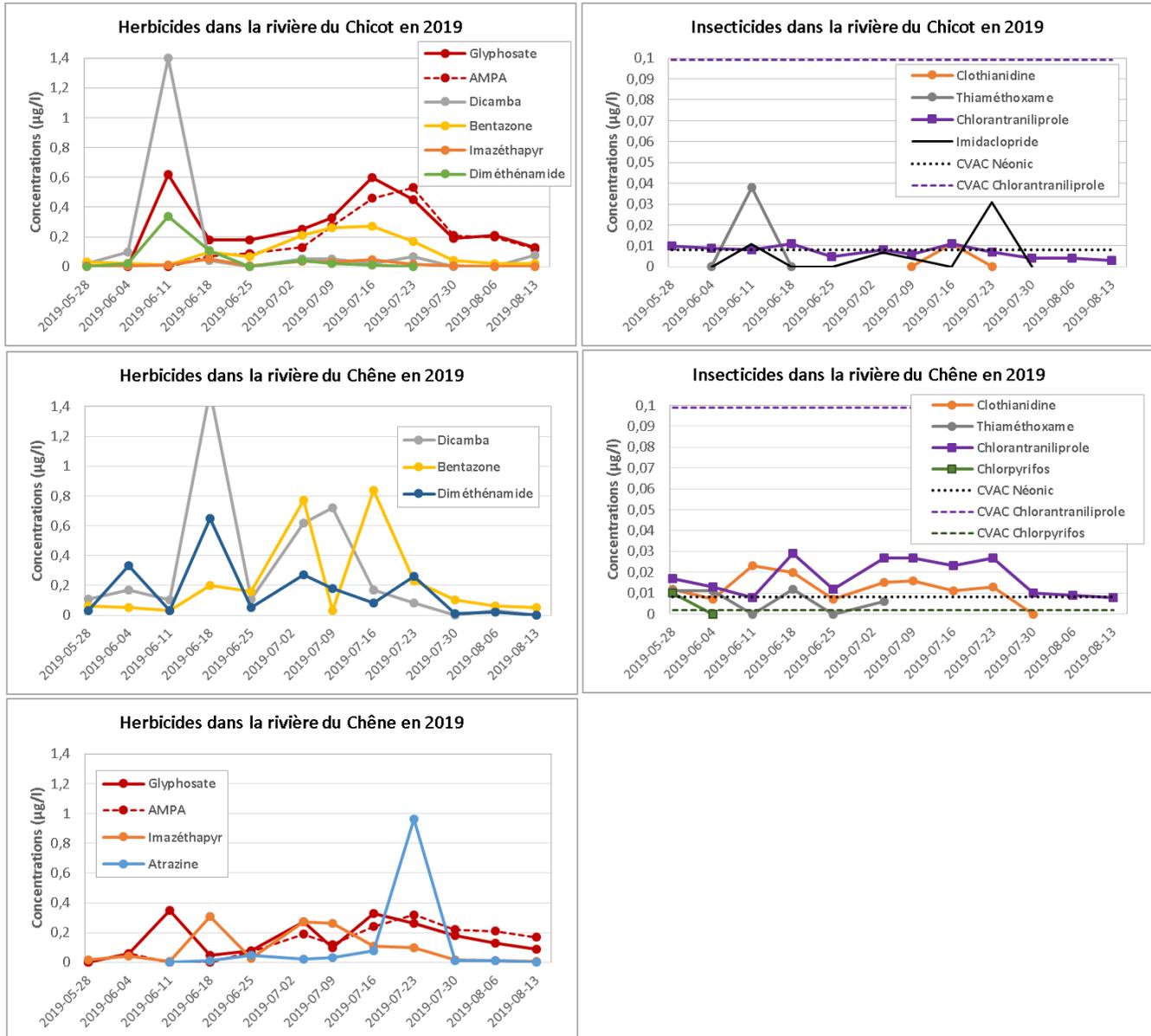
Tableau 18. Fréquence de détection des pesticides dans les rivières du Chicot et du Chêne, dans les Laurentides (%)

	Du Chicot	Du Chêne
	2019	2019
HERBICIDES		
Bentazone	100	100
Imazéthapyr	83,3	100
Glyphosate	83,3	91,7
<i>s</i> -Métolachlore	66,7	91,7
Dicamba	75	83,3
AMPA	75	75
2,4-D	83,3	66,7
Diméthénamide	50	91,7
Métribuzine	41,7	66,7
Atrazine	16,7	66,7
Mécoprop	75	8,3
<i>Déethyl-atrazine</i>	0	41,7
Flumetsulame	16,7	25
MCPA	0	41,7
Mésotrione	0	16,7
Chlorimuron-éthyl	0	16,7
Rimsulfuron	0	9,1
Nicosulfuron	0	8,3
2,6-Dichlorobenzamide	0	8,3
INSECTICIDES		
Chlorantraniliprole	100	100
Clothianidine	8,3	75
Thiaméthoxame	16,7	33,3
Cyantraniliprole	8,3	8,3
Imidaclopride	33,3	0
Flupyradifurone	0	25
Chlorpyrifos	0	16,7
FONGICIDES		
Azoxystrobine	25	100
Hydroxychlorothalonil	16,7	33,3
Pyriméthanil	0	8,3
Boscalide	0	8,3
Nombre de pesticides détectés	19	29
% de la superficie du bassin versant		
Total en cultures	53	61
Maïs et soya	22,3	26,9

Tableau 19. Fréquence de dépassement des CVAC dans les rivières du Chicot et du Chêne (%)

	CVAC (µg/l)	Du Chicot 2019	Du Chêne 2019
Insecticides			
Clothianidine	0,0083	8,3	58,3
Thiaméthoxame	0,0083	8,3	25
Imidaclopride	0,0083	16,7	0
Chlorpyrifos	0,002	0	8,3
% global dépassement ¹		25	66,7

¹ Le pourcentage global de dépassements correspond à la proportion des échantillons qui dépassent le CVAC pour un ou plusieurs pesticides.


Figure 30. Concentrations de quelques herbicides et insecticides dans les rivières du Chicot et du Chêne, dans les Laurentides

6 Discussion

Synthèse des résultats

Dans les quatre rivières du réseau de base, les dépassements du CVAC de 0,0083 µg/l pour les néonicotinoïdes sont encore fréquents. En moyenne pour la période 2018-2020, on observe des dépassements du CVAC dans 46,1 % des échantillons pour le thiaméthoxame, dans 42,2 % des échantillons pour la clothianidine et dans 28,3 % des échantillons pour l'imidaclopride. Par rapport à la période 2015-2017, la fréquence des dépassements des CVAC pour la période 2018-2020 a diminué de 19,9 % dans la rivière Chibouet, de 12,2 % dans la rivière des Hurons et de 45,6 % dans la rivière Saint-Zéphirin. Il n'y a toutefois pas eu de réduction de la fréquence des dépassements dans la rivière Saint-Régis.

Par ailleurs, on détecte le chlorantraniliprole plus souvent et la concentration est en augmentation dans les quatre rivières. En 2018-2020, les concentrations du produit dépassent rarement le CVAC de 0,1 µg/l dans les rivières Chibouet, des Hurons et Saint-Zéphirin, mais des dépassements sont observés dans 10 % des échantillons de la rivière Saint-Régis. L'évolution de la situation pour ce produit est à surveiller, d'autant plus qu'on détecte le chlorantraniliprole dans la plupart des autres rivières échantillonnées de 2018 à 2020.

La figure 31 présente la comparaison des fréquences globales de dépassement des CVAC pour les 48 cours d'eau supplémentaires échantillonnés depuis 2012, incluant les douze échantillonnés de 2018 à 2020.

Les dépassements sont généralement plus fréquents dans les petits tributaires que dans les grandes rivières, quoique certaines grandes rivières (Châteauguay, Yamaska, L'Assomption) présentent des dépassements fréquents.

Parmi les douze cours d'eau échantillonnés de 2018 à 2020, six montraient des dépassements des CVAC dans plus de 50 % des échantillons prélevés. C'est le cas des tributaires de la rivière Yamaska échantillonnés en 2019. Ce constat est concordant avec ce qui était observé dans la rivière Yamaska elle-même et dans la rivière Noire, un autre affluent de la Yamaska. C'est le cas également des rivières du Chêne et Petite du Loup.

Cinq autres cours d'eau, soit les rivières Sainte-Anne, Petite Yamachiche, du Chicot et aux Brochets ainsi que le ruisseau au Castor, montrent aussi des dépassements, mais dans moins de 50 % des échantillons.

La figure 32 montre une représentation spatiale des résultats. De manière générale, on constate que plus les superficies en maïs et soya dans le bassin versant sont importantes (plus de 25 % de la superficie du bassin), plus le nombre de pesticides et la fréquence des dépassements des CVAC sont élevés. Ainsi, la plupart des cours d'eau échantillonnés en Montérégie et dans les régions des Laurentides et de Lanaudière sont plus affectés par la présence de pesticides. Ils présentent souvent plus de 20 pesticides au cours de la saison de production et les dépassements des CVAC sont observés dans plus de 50 % des échantillons prélevés. Les autres régions agricoles étudiées (Saguenay–Lac-Saint-Jean, Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches, Capitale-Nationale) sont généralement moins affectées, avec moins de 20 pesticides détectés et des dépassements des CVAC dans 50 % et moins des échantillons. La rivière Batiscan est la seule où aucun pesticide n'a été décelé. Plusieurs rivières du Saguenay–Lac-Saint-Jean ne présentaient que quelques pesticides, mais sans dépassement des CVAC (Giroux, 2019).

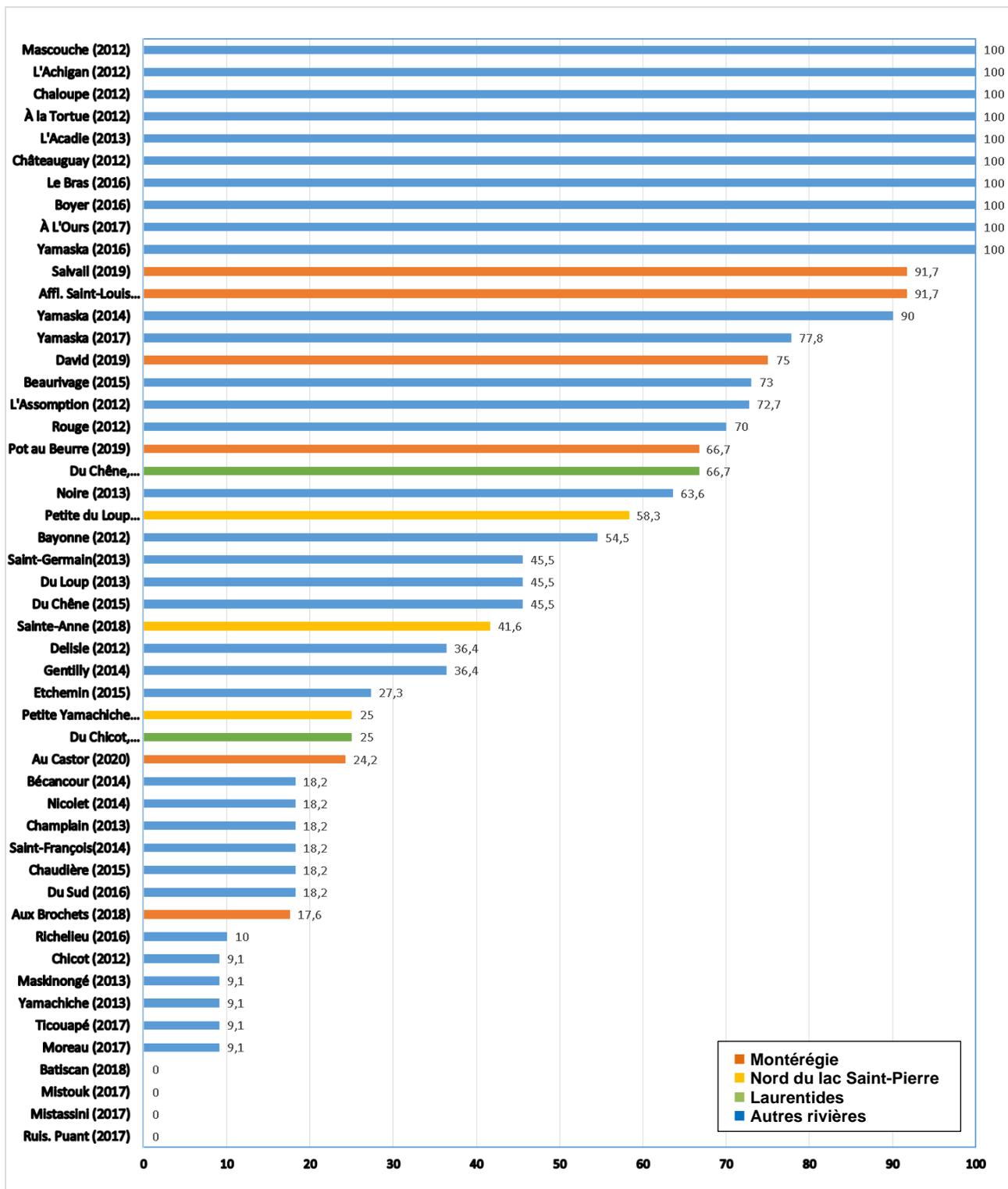


Figure 31. Fréquence globale de dépassement des CVAC dans les 12 rivières échantillonnées de 2018 à 2020 comparée aux rivières échantillonnées de 2012 à 2017 (%)

Comparaison des constats avec d'autres nations

Plusieurs constats du suivi réalisé au Québec sont concordants avec ceux d'autres nations dans le monde.

- *Omniprésence des herbicides β -métochlorure, atrazine et glyphosate et des insecticides néonicotinoïdes dans les zones en culture de maïs et de soya*

Les résultats observés au cours de la période d'étude concernant l'**atrazine** et le **β -métochlorure** concordent avec ce qui est observé ailleurs dans le monde. Aux États-Unis, des chercheurs de l'United States Geological Survey (USGS) soulignent une forte prévalence de l'atrazine dans les 38 rivières échantillonnées, laquelle est cohérente avec l'usage du produit (Ryberg et Gilliom, 2015). Les auteurs notent cependant une diminution significative des concentrations d'environ 15 % entre 2004 et 2010, en particulier dans le bassin de la rivière Mississippi et dans le bassin des Grands Lacs, région dite du « Corn Belt ». Dans la même étude, les auteurs signalent une hausse du β -métochlorure dans certaines rivières et une baisse pour d'autres.

En ce qui concerne le **β -métochlorure**, l'analyse statistique de nos résultats des dix et quinze dernières années, incluant les années 2018 à 2020, montre qu'il n'y a pas de tendance dans les concentrations du produit. Aux États-Unis, parmi les 38 rivières étudiées, Ryberg et Gilliom (2015) ont noté que certaines rivières présentent une hausse du β -métochlorure, alors que d'autres affichent une baisse. Dans 24 rivières du Midwest américain (zone du Corn Belt) échantillonnées par l'USGS de 2013 à 2017, le β -métochlorure et l'atrazine sont détectés respectivement dans plus de 80 % et dans 100 % des échantillons (Stackpole *et al* 2021).

Le **glyphosate** a aussi été détecté dans les cours d'eau ailleurs dans le monde. Ainsi, en Ontario, Struger *et al* (2008) rapportaient les résultats du suivi du glyphosate en 2004 et 2005. Cependant, les limites de détection et de quantification plus élevées que les nôtres ne permettent pas vraiment la comparaison des résultats. Par ailleurs, aux États-Unis, les chercheurs de l'USGS (2017) ont étudié les données de suivi du glyphosate effectué à 470 sites répartis dans 38 États de 2001 à 2010. Le glyphosate et l'AMPA étaient alors détectés dans 59 % des sites. De plus, les données d'un suivi répété à neuf sites montraient que la

fréquence de détection, les concentrations médianes et la charge de glyphosate et d'AMPA avaient augmenté au cours de la période de 2006 à 2010, comparativement à la période d'échantillonnage précédente de 2001-2005 (Battaglin *et al* 2014). Dans une étude plus récente, l'USGS indique que le glyphosate et l'AMPA sont détectés dans presque tous les 70 cours d'eau échantillonnés de 2015 à 2017 (Medalie *et al*, 2020). Dans les rivières de la région du Midwest américain, la fréquence de détection du glyphosate est de plus de 80 % et de 100 % pour l'AMPA. Ces auteurs suggèrent qu'un ratio des concentrations glyphosate/AMPA élevé (plus de glyphosate que d'AMPA) traduit un transport rapide vers le cours d'eau, alors qu'un ratio faible (plus d'AMPA que de glyphosate) indiquerait un transport lent. Ceci est cohérent avec les observations dans certaines rivières du Québec où le temps plutôt sec en début de saison de production au cours des dernières années a donné lieu à une fréquence de détection plus élevée de l'AMPA que du glyphosate.

Dans le cas des **néonicotinoïdes**, les résultats des suivis réalisés par Environnement et Changement climatique Canada, en Ontario, de 2012 à 2014 (Struger *et al*, 2017), montraient l'omniprésence de ces produits dans 15 rivières du sud de l'Ontario. Dans plus de la moitié des rivières étudiées de 2012 à 2014, la clothianidine, le thiaméthoxame et l'imidaclopride étaient détectés dans plus de 90 % des échantillons.

Aux États-Unis, une étude réalisée par l'USGS en 2013 montrait la prévalence des néonicotinoïdes dans neuf cours d'eau d'une région agricole du Midwest principalement cultivée en maïs et en soya (Hladik *et al*, 2014). Les mêmes auteurs mentionnent que les profils des concentrations avec des pointes plus élevées durant la période des semis suggèrent un lien entre les concentrations et l'usage de semences traitées. La clothianidine était détectée dans 75 % des échantillons, le thiaméthoxame, dans 47 %, et l'imidaclopride, dans 23 %.

Dans le cas des néonicotinoïdes, nos données récentes sont plus difficilement comparables puisqu'ici, ces produits sont visés par un resserrement réglementaire, ce qui n'est pas nécessairement le cas ailleurs.

Pour le moment, il y a peu d'information disponible dans la documentation scientifique sur la présence et les teneurs du chlorantraniliprole dans les rivières.

- *Rémanence de l'atrazine*

En France, l'atrazine a été retiré du marché en 2003. Sa rémanence dans l'environnement y a cependant été signalée puisque le produit était toujours détecté dans l'eau même en 2014, soit onze ans après son retrait (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2017). Au Québec, l'atrazine n'a pas été retiré, mais l'herbicide est visé par une justification et une prescription agronomiques. Nos résultats montraient déjà une tendance à la baisse des concentrations du produit avant l'entrée en vigueur de la réglementation (Giroux, 2019) et les données 2018-2020 montrent que cette tendance s'est maintenue. Toutefois, des teneurs près des limites de détection sont encore observées dans une majorité des échantillons prélevés.

- *Les pointes de concentrations élevées sont généralement consécutives à des événements de pluie qui suivent l'application des produits*

Ces constats ont déjà été décrits dans des rapports antérieurs (Giroux, 2015; Giroux et Pelletier, 2012) et sont abondamment démontrés dans la documentation scientifique (USGS, 1997; Struger *et al*, 2017; Perez *et al*, 2017). Ainsi, l'USGS (1997) indiquait que dans les rivières de zones agricoles du Midwest américain, le patron dans les cours d'eau des herbicides de préémergence est bien connu. Il montre des pics au printemps et en début d'été qui peuvent se produire quelques jours à quelques mois après l'application, selon le moment, le nombre et l'importance des événements de pluie, et en fonction de la taille du bassin versant. Au milieu de l'été, le transport des herbicides vers les eaux de

surface diminue et, par conséquent, les concentrations dans l'eau diminuent.

Nos résultats montrent également que les pointes de concentrations des pesticides dans les cours d'eau surviennent généralement durant ou peu après des événements de pluie importants, notamment en période printanière ou en début d'été. La figure 32, qui présente l'exemple de quelques pesticides mesurés dans la rivière Chibouet en 2018, illustre bien ce propos. Dans le cas présent, les résultats montrent des pointes de concentrations de β -métolachlore (21 $\mu\text{g/l}$) et de glyphosate (4,1 $\mu\text{g/l}$) à la suite de deux journées consécutives de pluie, les 3 et 4 juin (6,2 mm et 10,1 mm). Le constat est similaire pour l'insecticide clothianidine qui, peu après la période des semis, montre des pointes de concentrations après les épisodes de pluie du 21 mai (14,8 mm), des 3 et 4 juin (6,2 mm et 10,1 mm) et des 17 et 18 juin (17 mm et 17,8 mm).

À l'aide d'une analyse en composante principale sur des données recueillies de 2012 à 2014, Struger *et al* (2017) ont d'ailleurs montré que l'occurrence des néonicotinoïdes était fortement corrélée avec l'importance des précipitations survenues le jour qui précède l'échantillonnage et avec le débit du cours d'eau.

Plus tard en saison, le développement de la culture, le recouvrement du sol et l'absorption de l'eau par les cultures font en sorte que les pluies sont moins susceptibles d'occasionner du ruissellement ou du transport par le drainage souterrain, et donc le transport des pesticides vers les cours d'eau.

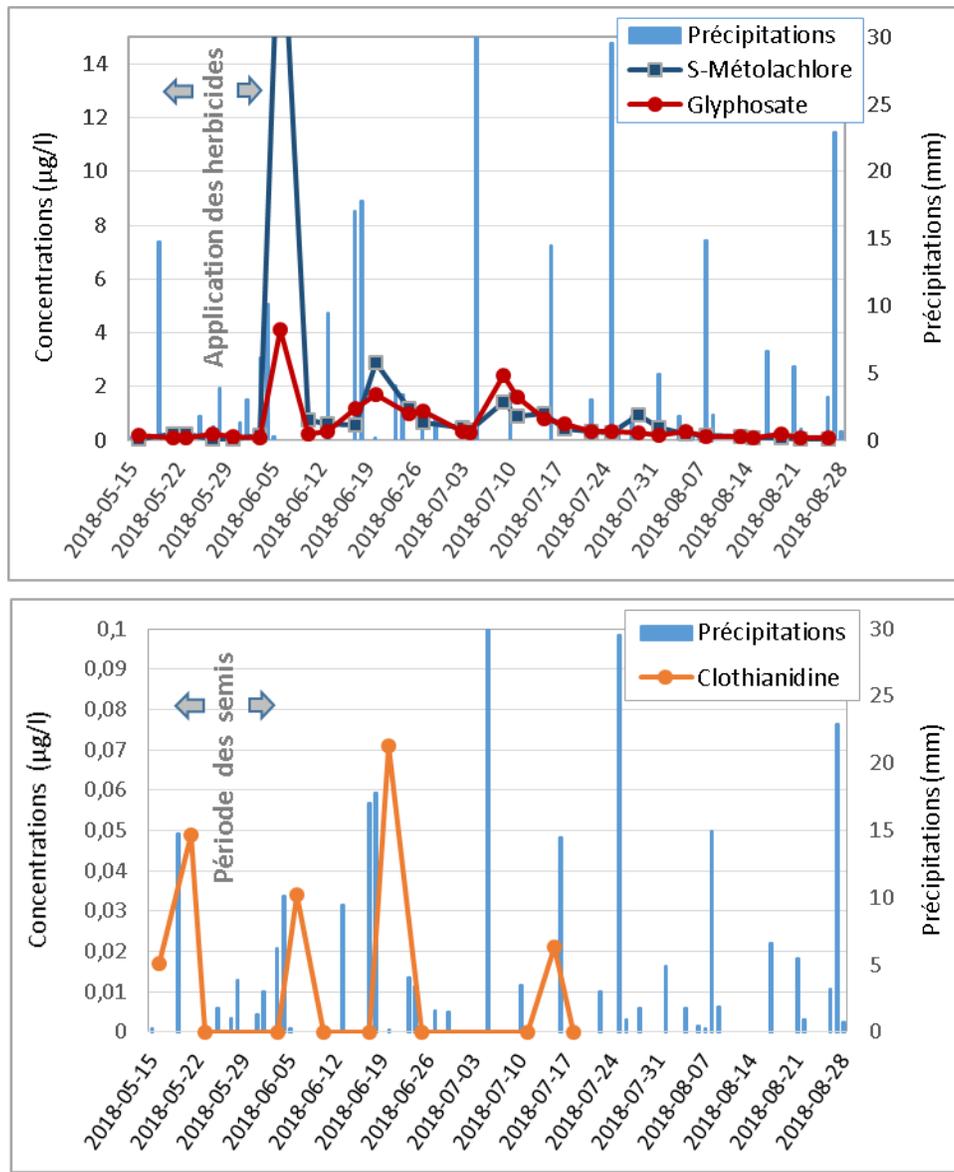


Figure 33. Exemples de pointes de concentrations de pesticides consécutives à des épisodes de pluie dans la rivière Chibouet en 2018

États des communautés de macroinvertébrés benthiques à deux stations du réseau de base

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

types de perturbations du milieu, que ce soit les perturbations physiques, biologiques ou chimiques des cours d'eau. Autrement dit, ils permettent d'évaluer à la fois les répercussions des altérations de l'habitat riverain et aquatique, ainsi que celles liées à la pollution de l'eau (MDDEFP, 2012a, 2012b).

L'état de santé des communautés benthiques est évalué à partir d'un indice basé sur la composition de la communauté, elle-même déterminée par l'identification et le dénombrement des différents taxons recueillis dans le cours d'eau. L'indice, appelé indice de santé du benthos (ISB), varie selon une échelle de 1 à 100, la valeur de 100 étant le meilleur état de santé. L'indice est calculé

au moyen de six variables qui permettent de caractériser la richesse taxonomique, la composition taxonomique et la tolérance à la pollution (MDDEFP, 2012a, 2012b).

Un suivi des macroinvertébrés benthiques est réalisé chaque année pour deux des quatre rivières du réseau de base où l'on dispose aussi de données sur la présence de pesticides. Ce sont les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin.

Les dernières données publiées ([Atlas de l'eau](#)) sur l'état de santé des communautés de macroinvertébrés montrent des fluctuations de l'indice d'une année à l'autre, mais, globalement, les résultats indiquent que les communautés de macroinvertébrés benthiques aux stations de ces deux rivières demeurent sous le seuil de bon état (classe de qualité précaire) (figure 33).

Ainsi, en 2018, la valeur obtenue de l'ISB₉ (pour les cours d'eau à substrat grossier) est de 65,5 à la station de la rivière Chibouet, et de 71,7 à la station de la rivière Saint-Zéphirin (figure 33). Dans le cas des deux rivières, quoiqu'elles demeurent dans la classe précaire, les valeurs de l'indice ont légèrement augmenté entre 2016 et 2018. En 2018, celle de la rivière Saint-Zéphirin s'approche même du seuil de bon état de 72,7.

Lorsque l'agriculture occupe une forte proportion du territoire comme dans le cas de ces deux rivières (plus de 55 %), plusieurs composantes de l'écosystème sont modifiées en même temps et sont susceptibles d'avoir des effets sur les communautés benthiques. Ainsi, des modifications sont observées tant sur le plan de la qualité de l'eau, particulièrement avec l'augmentation des concentrations en éléments nutritifs (azote et phosphore), de la conductivité et de la turbidité, que sur celui de la qualité des habitats, en particulier avec la diminution et la perte d'habitats aquatiques et riverains. Certains rejets urbains, notamment pour la rivière Chibouet, pourraient également participer aux effets sur les macroinvertébrés benthiques ([Atlas de l'eau](#)). À toutes ces pressions d'origine anthropique s'ajoute la présence des nombreux pesticides.

Des quatre rivières du réseau de base, c'est dans la rivière Saint-Zéphirin qu'on a observé la diminution la plus importante des dépassements des CVAC de 2015-2017 à 2018-2020. La poursuite des suivis de pesticides et des communautés benthiques nous permettra de voir si ces améliorations de l'état de santé des communautés de macroinvertébrés se maintiendront dans le temps.

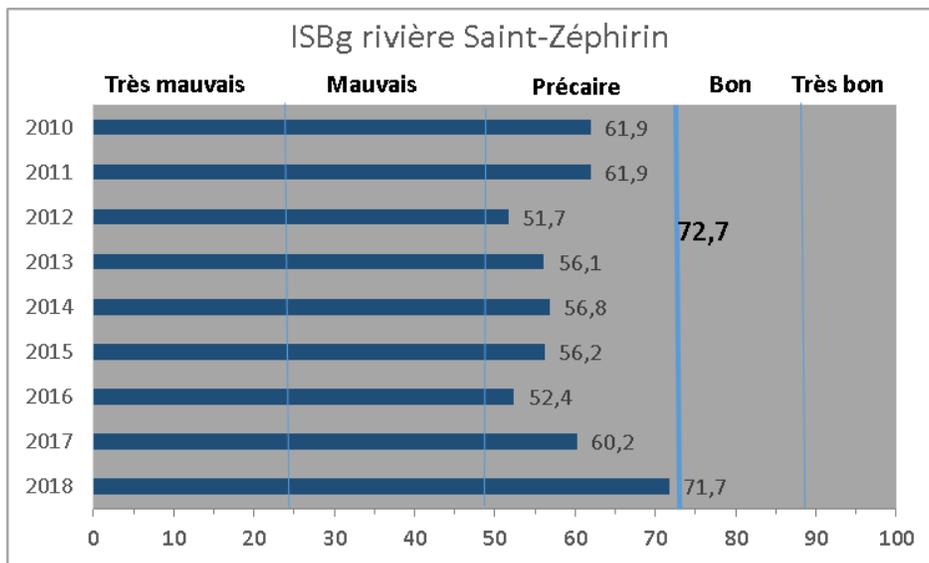
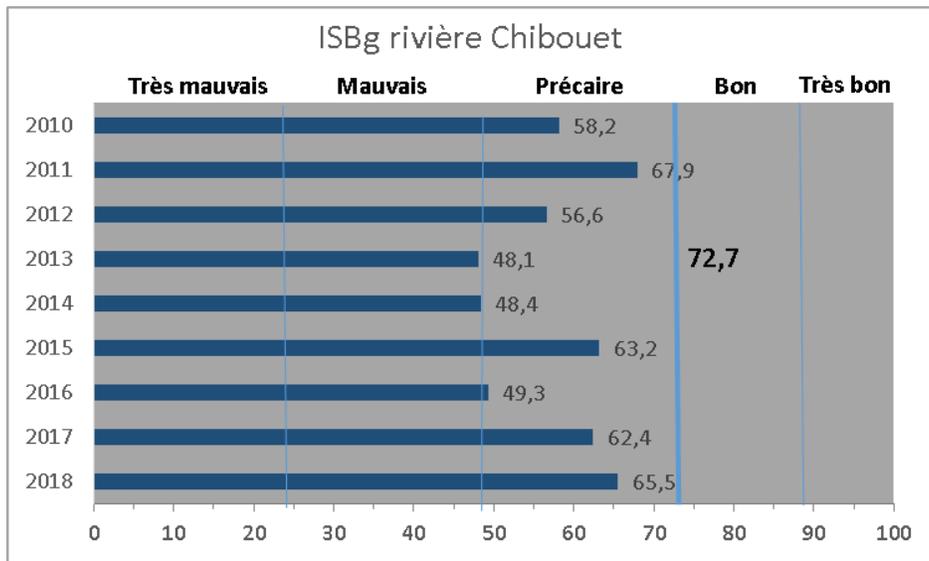


Figure 34. Indice de santé du benthos (ISB pour substrat grossier) dans les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin

Conclusion

Au regard des objectifs, l'étude a permis de tracer un portrait de la situation de la contamination par les pesticides dans les secteurs agricoles à dominance de cultures de maïs et de soya. Comme dans les rapports précédents, le présent rapport montre que plusieurs pesticides sont présents en même temps dans l'eau des rivières durant la période de mai à août. Les pesticides associés aux cultures de maïs et de soya sont omniprésents dans l'eau des rivières du sud du Québec.

Mise à jour du portrait et des changements temporels

Les résultats obtenus aux quatre stations du réseau de base montrent qu'entre 19 et 43 pesticides ou produits de dégradation de pesticides y ont été détectés au cours de la période 2018-2020. La comparaison aux résultats de la période 2015-2017 met en évidence les changements suivants :

- Quoiqu'il soit détecté encore très souvent, la fréquence de détection de l'herbicide atrazine et ses concentrations médianes ont diminué, celles-ci étant maintenant près des limites de détection.
- En moyenne, la fréquence de détection des néonicotinoïdes a diminué. Les concentrations de clothianidine et de thiaméthoxame sont à la baisse dans les quatre rivières, et on note une baisse de la fréquence des dépassements du CVAC dans les rivières Chibouet (diminution de 19,9 %), des Hurons (diminution de 13,2 %) et Saint-Zéphirin (diminution de 45,6 %) par rapport à la période 2015-2017. Ces produits demeurent toutefois responsables de la plupart des dépassements des CVAC, lesquels sont encore constatés dans 77,8 % des échantillons de la rivière Chibouet, dans 82,2 % de ceux de la rivière des Hurons, dans 98,9 % des échantillons de la rivière Saint-Régis et dans 54,4 % de ceux de la rivière Saint-Zéphirin.
- Cette baisse des concentrations et de la fréquence des dépassements des CVAC pour les néonicotinoïdes peut s'expliquer à la fois par la nouvelle réglementation, qui a pu donner lieu à une diminution de l'usage à ces produits, mais aussi par les conditions climatiques particulièrement sèches qui ont prévalu en début de saison de production au cours des dernières années.

- Le chlorantraniliprole, un autre insecticide utilisé en traitement de semences, est maintenant détecté dans plus de 99 % des échantillons et les concentrations sont à la hausse dans les quatre rivières. Les dépassements du CVAC de 0,1 µg/l sont peu fréquents, mais ont été constatés dans trois des quatre rivières, notamment dans la rivière Saint-Régis où la fréquence des dépassements atteint 13 % en 2020.
- Les concentrations de glyphosate ont augmenté de façon significative entre 2005 et 2020. Cette augmentation est surtout survenue de 2005 à 2010 et il semble y avoir une stabilisation pour la période de 2010 à 2020. Toutefois, les concentrations de l'AMPA sont à la hausse dans les quatre rivières. La documentation scientifique suggère qu'un ratio des concentrations glyphosate/AMPA élevé (plus de glyphosate que d'AMPA) traduit un transport rapide vers le cours d'eau et un ratio faible (plus d'AMPA que de glyphosate) indiquerait un transport lent.

Estimer le risque pour les espèces aquatiques

- Ajoutée à l'omniprésence des herbicides, et aux multiples pesticides présents en même temps dans l'eau, la détection des insecticides néonicotinoïdes et leurs dépassements encore assez fréquents du CVAC continuent à poser un risque pour les espèces aquatiques de ces cours d'eau.
- L'indicateur biologique ISB₉ calculé pour les rivières Chibouet et Saint-Zéphirin, qui traduit l'ensemble des perturbations du milieu aquatique, indique que les communautés de macroinvertébrés benthiques sont sous le seuil de bon état (classe de qualité précaire).
- Les valeurs de l'ISB₉ ont légèrement augmenté pour ces deux rivières en 2018, ce qui suggère une certaine amélioration. La poursuite du suivi biologique permettra de voir si les mesures (gestion des pesticides et mesures agroenvironnementales) mises en place dans les bassins versants des rivières Chibouet et Saint-Zéphirin se répercutent sur la santé des organismes aquatiques.

Améliorer la couverture spatiale

Le présent rapport a aussi permis de documenter la présence de pesticides dans douze nouvelles rivières, dont quatre au nord du Saint-Laurent, six dans la région de la Montérégie, et deux affluents de la rivière des Mille-Îles dans la région des Laurentides. Au total, cela porte à 48 le nombre de rivières documentées depuis 2012.

Dans l'ensemble, les constats faits dans les quatre cours d'eau du réseau de base sont représentatifs de ce que l'on observe dans les autres cours d'eau dont le bassin versant montre une forte présence de maïs et de soya.

Le suivi réalisé aux stations du réseau de base a permis de mettre en évidence certaines améliorations, comme la baisse des concentrations de néonicotinoïdes et la diminution des fréquences de dépassement des CVAC pour trois des quatre rivières échantillonnées.

Ces résultats sont encourageants, mais les efforts doivent se poursuivre, car les gains sont encore fragiles. Les modifications réglementaires ont certainement eu une influence positive, mais

les conditions sèches des dernières années ont pu aussi limiter le transport des pesticides des champs vers les cours d'eau.

De plus, la tendance à la hausse des concentrations pour le chlorantraniliprole, utilisé en traitement de semences en remplacement des néonicotinoïdes, et l'absence de diminution des dépassements des CVAC dans la rivière Saint-Régis, nous incitent à la prudence afin d'éviter le transfert d'un problème à un autre. Ainsi, parmi les actions prévues dans son Cadre d'intervention annoncé en octobre 2020, le Ministère entend évaluer l'encadrement de toutes les semences enrobées de pesticides. Il prévoit aussi évaluer l'élargissement de la justification et de la prescription agronomiques à un plus grand nombre de pesticides.

Le suivi environnemental des pesticides se poursuivra dans les prochaines années et continuera d'être adapté aux éventuels changements dans l'utilisation des pesticides afin d'évaluer les gains réalisés.

Bibliographie

- ARLA (2021a). *Décision d'examen spécial SRD2021-03, Décision d'examen spécial concernant les risques posés par la clothianidine pour les invertébrés aquatiques*, [En ligne], Ottawa, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, [<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/decisions-mises-jour/decision-examen-special/2021/clothianidine.html>].
- ARLA (2021b). *Décision d'examen spécial SRD2021-04, Décision d'examen spécial concernant les risques posés par le thiaméthoxame pour les invertébrés aquatiques*, [En ligne], Ottawa, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, [<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/decisions-mises-jour/decision-examen-special/2021/thiamethoxame.html>].
- ARLA (2021c). *Imidaclopride et préparations commerciales connexes*, [En ligne], Ottawa, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, [https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/sc-hc/h113-28/H113-28-2021-5-fra.pdf].
- BATTAGLIN, W.A., M.T. MEYER, K.M. KUIVILA et J.E. DIETZE (2014). « Glyphosate and its degradation product AMPA occur frequently and widely in U.S. soils, surface water, groundwater and precipitation », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 50, n° 2, p. 275-290.
- GIROUX, I. (2019). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya – 2015 à 2017*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 64 p. + 6 annexes.
- GIROUX, I. (2015). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Portrait et tendances dans les zones de maïs et de soya – 2011 à 2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 47 p. + 5 annexes.
- GIROUX, I., et L. PELLETIER (2012). *Présence de pesticides dans l'eau au Québec : Bilan dans quatre cours d'eau de zones en culture de maïs et de soya en 2008, 2009 et 2010*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 46 p. + 3 annexes.
- 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 les réseaux de distribution d'eau potable*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 78 p.
- GIROUX, I., C. LAVERDIÈRE et M. C. GRENON (2013). *Suivi environnemental des pesticides près des terrains de golf*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Direction du secteur agricole et des pesticides, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 27 p. + 4 annexes.
- HLADIK, M.L., et D.W. KOLPIN (2015). « First national-scale reconnaissance of neonicotinoid insecticides in streams across the USA », United States Geological Survey, *Environmental Chemistry*, vol. 13, n° 1.
- ISQ (2021). « Superficies des grandes cultures, rendement à l'hectare et production, par région administrative, Québec, 2007-2020 », [En ligne], Institut de la statistique du Québec, [<https://statistique.quebec.ca/fr/document/superficie-des-grandes-cultures-rendement-a-lhectare-et-production-par-regroupement-de-regions-administratives>].
- KONTIOKARI, V., et L. MATTSOFF (2011). *Proposal of environmental quality standards for plant protection products*, Finnish Environment Institute, ISBN 978-952-11-3870-629 p. + annexes.
- MAPAQ (2020). *Portrait diagnostique sectoriel de l'industrie des grains au Québec*, [En ligne], Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, [<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographiegrain.pdf>].

- MEDALIE, L., N.T. BAKER, M.E. SHODA, W.W. STONE, M.T.MEYER, E.G. STETS, M. WILSON, (2020). « Influence of land use and region on glyphosate and aminomethylphosphonic acid in streams in the USA », United States Geological Survey, *Science of the Total Environment*, vol. 707.
- MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (2017). *Les pesticides dans les eaux*, [En (Atlas de l'eau)ligne], Paris, [<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/datalab-essentiel-32-pesticides-cours-deau-septembre2016.pdf>].
- MELCC (2021a). « Bilan des ventes de pesticides au Québec – Année 2019 », [En ligne], Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/pesticides/bilan-ventes-pesticides-quebec-2019.pdf>].
- MELCC (2021b). « Critères de qualité de l'eau de surface ». [En ligne], Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres-eau/index.asp>].
- MDDELCC (2020). « Données du Programme de surveillance du climat », Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement.
- MDDEFP (2012a). *Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. + 10 annexes.
- MDDEFP (2012b). *Indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et son application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 72 p. + 7 annexes.
- OAQ (2020). *Grille de référence et ligne directrice concernant la recommandation sur l'utilisation des traitements de semences insecticides dans le maïs et le soya*, [En ligne], Ordre des agronomes du Québec, 38 p. [https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2020/10/Grille-de-référence_Traitement-de-semences-insecticides_FINAL.pdf].
- OURANOS (2019). *Impacts actuels et appréhendés pour 2050 des fleurs d'eau de cyanobactéries et de cyanotoxines sur différents organismes fauniques de la Baie Missisquoi et de la Réserve écologique de la rivière-aux-Brochets*, [En ligne], [https://www.ouranos.ca/wp-content/uploads/FicheJuneau2019_FR.pdf].
- PEREZ, D.J., E. OKADA, E. DE GERONIMO, M.L. MENONE, V.C. APARICIO, J.L. COSTA, (2017). « Spatial and temporal trends and flow dynamics of glyphosate and other pesticides within an agricultural watershed in Argentina ». *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 36, n° 12, p. 3206–3216.
- RAP (2020). « Portrait de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides au Québec (2011-2019) », Réseau d'avertissement phytosanitaire, *Bulletin d'information-Malherbologie*, n° 7, 7 p.
- RYBERG, K.R., et R.G. GILLIOM (2015). « Trends in pesticide concentrations and use for major rivers of the United States », *Science of the Total Environment*, vol. 538, p. 431-444.
- SAS INSTITUTE INC. (2014). *SAS/STAT 13.2 User's Guide*, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- STACKPOOLE, S.M., M.E. SHODA, L. MEDALIE et W.W. STONE (2021). « Pesticides in US Rivers: Regional differences in use, occurrence, and environmental toxicity, 2013 to 2017 », U.S. Geological Survey, *Science of the Total Environment*, vol. 787.
- STUGER, J., D. THOMPSON, B. STAZNIK, P. MARTIN, T. MCDANIEL, C.MARVIN, (2008). « Occurrence of glyphosate in surface waters of Southern Ontario », *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 80, n° 4, p. 378-384.
- STRUGER, J., J. GRABUSKI, S. CAGAMPAN, E. SVERKO, , D. MCGOLDRICK, C.H. MARVIN, (2017). « Factors influencing the occurrence and distribution of neonicotinoids insecticides in surface waters of southern Ontario, Canada », *Chemosphere*, vol. 69, p. 516-523.
- UPA (2021). *Bassin versant de la rivière des Hurons, Bulletin annuel – Mars 2021*, [En ligne], Union des producteurs agricoles, 12 p. [<https://www.upamonteregie.ca/projet-bv-riviere-des-hurons/>].
- USGS (1997). *Seasonality of Pesticides in surface waters*, [En ligne], United States Geological Survey, Fact sheet FS-039-97, [<https://water.usgs.gov/nawqa/pnsp/pubs/fs97039/sw5.html>].

Annexes

Annexe 1 Principaux pesticides homologués dans les cultures de maïs et de soya

Principaux pesticides homologués dans le maïs

	Ingrédients actifs	Noms commerciaux ¹
HERBICIDES	Atrazine	AATREX 480, CONVERGE 480
	Atrazine/dicamba	MARKSMAN, PROPERO
	Atrazine/mésotrione	LUMAX EZ, LUMAX SE
	Bentazone	BASAGRAN, BASAGRAN FORTE
	Bentazone/atrazine	LADDOK
	Bromoxynil	PARDNER, KORIL 235
	Bromoxynil/MCPA	BUCTRIL, BADGE, BROMOX
	Carfentrazone-éthyl	AIM EC
	Clopyralide/flumetsulame	FIELDSTAR
	2,4-DB	EMBUTOX, CALIBER, COBUTOX
	Dicamba	BANVEL
	Dicamba/primisulfuron méthyle	SUMMIT
	Diflufenzopyr/dicamba	DISTINCT
	Diméthénamide	FRONTIER
	Diméthénamide/saflufenacil	INTEGRITY
	EPTC	ERADICANE, EPTAM
	Flufenacet/métribuzine	AXIOM
	Flumetsulame	FLUMETSULAME
	Foramsulfuron	OPTION
	Foramsulfuron/iodosulfuron-méthyl	TRIBUTE
	Glufosinate d'ammonium	LIBERTY
	Glyphosate	ROUNDUP, GLYPHOS, CREDIT, TOUCHDOWN
	Glyphosate/s-métolachlore/mésotrione	HALEX
	Isoxafflutole	CONVERGE 75 WDG, CONVERGE PRO, CONVERGE FLEXX
	Linuron	LOROX, LINURON
	Mésotrione	CALLISTO, ENGARDE
	γ-Métolachlore	DUAL II MAGNUM
	γ-Métolachlore/atrazine	PRIMEXTRA II MAGNUM
	Métribuzine	SENCOR, LEXONE
	Nicosulfuron	ACCENT, ULTIM 37,4 DF
	Paraquat	GRAMOXONE
	Pendiméthaline	PROWL
	Primisulfuron-méthyl	BEACON
	Prosulfuron	PEAK
Rimsulfuron	ELIM	
Rimsulfuron/nicosulfuron	ULTIM	
Saflufenacil	ERAGON	
Simazine	SIMAZINE, PRINCEP NINE-T	
Temboctriane/thiencarbazone	VIOS G3	
Topramezone	IMPACT	
INSECTICIDES	<i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	DIPEL, BIOPROTEC
	Bt transgénique	-
	Carbaryl	SEVIN
	Chlorantraniliprole	CORAGEN
	Chlorpyrifos	LORSBAN, PYRIFOS
	Cyperméthrine	RIPCORD, UP-CYDE
	Deltaméthrine	DECIS
	Endosulfan	THONEX
	Lambda-cyhalothrine	MATADOR, SILENCER
	Malathion	MALATHION, FYFANON
	Perméthrine	AMBUSH, POUNCE, PERM-UP
	Spiromesifen	OBERON
	Tefluthrine	FORCE
	Trichlorfon	DYLOX
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Clothianidine	PONCHO, NIPSIT INSIDE
	Chlorantraniliprole	LUMVIA
INSECTICIDES	Cyantraniliprole	FORTENZA, FORTENZA ROUGE
	Imidaclopride	GAUCHO
	Thiaméthoxame	CRUISER
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Azoxystrobine	DYNASTY, DYNASTY 100FS
	Carbathiine/thiram	VITAFLO
FONGICIDES	Fludioxonil	MAXIM
	Fluoxastrobine/prothioconazole/métalaxyl	ACCELERON
	Métalaxyl	ALLEGIANCE, AFRON
	Pyraclostrobin	BAS 500 F ST.
FUMIGANTS	1,3-Dichloropropène/Chloropicrine	TELONE C-17
	Métam-sodium	BUSAN, METAM-SODIUM, VAPAM, ENGAGE

¹ Non exhaustif

Annexe 1 Principaux pesticides homologués dans les cultures de maïs et de soya (suite)

Principaux pesticides homologués dans le soya

	Ingrédients actifs	Noms commerciaux ¹
HERBICIDES	Acifluorène	BLAZER
	Bentazone	BASAGRAN, BASAGRAN FORTE
	Bentazone/imazamox	VIPER
	Carfentrazone-éthyl	AIM EC
	Chlorimuron-éthyl	CLASSIC
	Chlorimuron-éthyl, thifensulfuron-méthyl	RELIANCE
	Chloransulame-méthyl	FIRSTRATE
	Cléthodime	SELECT
	Clomazone	COMMAND 360 ME
	Diclofop-méthyl	HOE-GRASS E 284
	Diméthénamide	FRONTIER
	Diquat	REGLONE
	Éthalfuraline	EDGE DC
	Fénoxaprop-éthyl	EXCELL
	Fluazifop-butyl	VENTURE
	Flufenacet, métribuzine	AXIOM
	Flumetsulame	FLUMETSULAM
	Flumetsulame/ s-métolachlore	BROADSTRIKE DUAL MAGNUM
	Fomesafène	REFLEX
	Flumioxazine	VALTERA, CHÂTEAU
	Glufosinate	LIBERTY
	Glyphosate	ROUNDUP, GLYPHOS, CREDIT, TOUCHDOWN
	Imazéthapyr	PURSUIT
	Imazéthapyr/pendiméthaline	VALOR
Linuron	LOROX, LINURON	
s-Métolachlore	DUAL MAGNUM	
Métribuzine	METRIBUZINE, LEXONE, SENCOR	
Paraquat	GRAMOXONE	
Quizalofop-p-éthyle	ASSURE	
Saflufenacil	ERAGON	
Thifensulfuron-méthyle	PINNACLE	
Trifluraline	TREFLAN, RIVAL, BONANZA	
INSECTICIDES	Chlorantraniliprole	CORAGEN
	Diméthoate	CYGON, LAGON
	Lambda-cyhalothrine	MATADOR, SILENCER
	Spirotetramate	MOVENTO
FONGICIDES	Azoxystrobine	QUILT
	Bacillus subtilis	SERENADE
	Metconazole	CARAMBA
	Propiconazole	TILT
	Propiconazole/trifloxystrobine	STRATEGO
	Pyraclostrobine	HEADLINE
	Tebuconazole	FOLICUR
	Thiabendazole	MERTECT
Thirame	THIRAM	
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Cyantraniliprole	FORTENZA
	Imidaclopride	STRESS SHIELD, ACCELERON IX 409
INSECTICIDES	Thiaméthoxame	CRUISER
TRAITEMENTS DE SEMENCES	Azoxystrobine	DYNASTY, DYNASTY 100FS
	Carbathiine/thiram	VITAVAX, VITAFLO
FONGICIDES	Fludioxonil	MAXIM
	Fludioxonil/métalaxyl	APRON
	Fludioxonil/métalaxyl/thiaméthoxame (F/I)	CRUISER MAX, APRON MAX
	Métalaxyl/trifloxystrobine	TRILEX
FUMIGANT	Métam-sodium	BUSAN, METAM-SODIUM, VAPAM, ENGAGE

¹ Non exhaustif

Source : Santé Canada, 2014. Disponible en ligne au <http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/pest/registrant-titulaire/tools-outils/label-etiq-fra.php>.

Annexe 2 Méthodologie

Coordonnées des stations d'échantillonnage et nombre de prélèvements par station

Rivière	Numéro BQMA ¹	Coordonnées ²	Nombre de prélèvements
Réseau de base			
Chibouet	03030038	45,789980 ; -72,853274	30 X 3 années
Des Hurons	03040007	45,490770 ; -73,185790	30 X 3 années
Saint-Régis	03080001	45,399310 ; -73,563918	30 X 3 années
Saint-Zéphirin	03010046	46,131070 ; -72,599049	30 X 3 années
Réseau -rivières			
2018			
Petite Yamachiche	05290001	46,2795410; -72,8363220	12
Petite du Loup	05280064	46,2546060; -72,9491210	12
Batiscan	05030001	46,5274740; -72,3394090	12
Sainte-Anne	05040007	46,5715630; -72,2068660	12
Aux Brochets	03040015	45,1233780; -73,0687960	16
2019			
Salvail	03030037	45,824087; -72,961691	12
David	03030319	45,97602; -72,89581	12
Pot au Beurre (branche3)	03030493	46,00882; -72,98987	12
Saint-Louis (tributaire)	03030513	46,02564; -72,9362	12
Du Chicot	04660002	45,582113; -73,856607	12
Du Chêne	04670004	45,55770; -73,8961830	12
2020			
Ruisseau au Castor	03040333	45,1153083; -73,0645766	34

¹ Base de données sur la qualité des milieux aquatiques

² NAD 83, degrés décimaux

Méthodes d'analyse des pesticides et limites de détection

Organophosphorés et autres familles de pesticides, OPS+ (MA. 400 – PEST 1.0 à partir de l'année 2012)

Les pesticides sont extraits de l'échantillon avec du dichlorométhane. L'extrait est réduit à un petit volume et est ensuite concentré sous jet d'argon. Les pesticides sont séparés sur une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'étalons d'extraction (malathion-D10 et atrazine-D5) et d'étalons d'injection (trifluraline-D14 et chlorpyrifos-D10).

Phénoxyacides ou aryloxyacides (PESARY) (MA. 400-P.Chlp 1.0)

Année 2018

L'échantillon est acidifié à l'aide de H₂SO₄ (5 ml de H₂SO₄ 10N par litre d'eau) pour obtenir un pH < 2 afin de favoriser la forme non ionisée des acides. Les aryloxyacides sont extraits sur une cartouche de type octadécyle (C-18) et sont élués à l'aide d'un mélange de dichlorométhane et de méthanol. L'éluat recueilli est évaporé presque à sec sous atmosphère d'argon et estérifié avec une solution de diazométhane.

Les pesticides dérivés sont ensuite purifiés sur une colonne de gel de silice et transférés dans l'acétate d'éthyle. Ils sont analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse en mode balayage d'ions. Le temps de rétention ainsi qu'un groupe d'ions caractéristiques permettent l'identification de chacun des composés présents. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité est effectué sur chaque échantillon à l'aide de marqueurs isotopiques (dicamba-D3 et 2,4-D-D3) utilisés comme étalons d'extraction, de deux étalons d'injection (1,3,5-tribromobenzène et 2,3,3',4,6-pentachlorobiphényle) et d'un étalon de dérivation (2,3-D).

Phénoxyacides ou aryloxyacides (PESARY) (MA. 400-P.Chlp 1.0)

À partir de l'année 2019

L'échantillon est acidifié à l'aide de CH₃COOH (acide acétique) pour obtenir un pH d'environ 3. L'échantillon d'eau est analysé par injection directe par chromatographie liquide couplée avec un spectromètre de masse en tandem (LC-MS/MS). La séparation chromatographique est réalisée sur une colonne de type C-18. La concentration des produits trouvés dans l'échantillon est calculée en comparant la surface du pic de l'échantillon aux pics obtenus à l'aide de solutions étalons. Le dicamba-D3 et 2,4-D-D3 sont utilisés comme étalons d'injection.

Glyphosate et AMPA (MA. 400 – Glyphosate)

Un volume de 80 ml de l'échantillon est acidifié à pH 1. Après 15 minutes, l'échantillon est neutralisé et mélangé avec le Fmoc-Cl et un tampon de borate. Après une heure, on élimine le surplus de Fmoc par extraction avec le dichlorométhane. L'échantillon est ensuite passé sur une cartouche SPE Oasis HLB, puis élué avec du méthanol basique. Finalement, on injecte l'éluat dans un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem (MS-MS).

Les concentrations de glyphosate, d'AMPA et de glufosinate contenues dans l'échantillon sont calculées à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire obtenue à partir de solutions extraites.

Pesticides émergents (MA. 403 – Pest_émergents)

On effectue une extraction liquide-solide sur l'échantillon à l'aide d'un système d'extraction en ligne avec une cartouche de type HLB. La séparation chromatographique est réalisée sur une colonne de type C-18. Le système de chromatographie liquide est couplé avec un spectromètre de masse en tandem (LC-MS/MS). La concentration des produits trouvés dans l'échantillon est calculée en comparant la surface du pic de l'échantillon aux pics obtenus à l'aide de solutions étalons. Le clothianidine-D3, l'imidaclopride-D4, le pyrimethanil-D5 et le nicosulfuron-D6 sont utilisés comme étalon d'extraction et l'atrazine-D5 comme étalon d'injection.

Contrôles de qualité en laboratoire

Dans chaque série d'analyses, un blanc de méthode et un matériau de référence sont

systématiquement analysés. Chaque certificat d'analyse reçu porte une mention relativement au pourcentage de recouvrement (ou de récupération) des substances étalons utilisées au moment de l'analyse. Cela permet de vérifier l'efficacité de l'analyse. Lorsque le pourcentage de recouvrement n'est pas satisfaisant, le certificat porte une mention spéciale indiquant ce faible recouvrement. Ces échantillons représentent habituellement moins de 5 % des résultats.

Un échantillon (rivière Chibouet, 17 juin 2020) a présenté une préservation non conforme. L'analyse a tout de même montré des résultats cohérents avec les échantillons précédents et suivants de la séquence pour cette rivière.

Un échantillon de la rivière Saint-Zéphirin a montré un faible taux de récupération pour l'analyse Pesticides émergents. Ici aussi, l'analyse effectuée a tout de même montré des résultats cohérents avec ceux des échantillons suivants et précédents dans la séquence pour cette rivière.

Contrôles de qualité terrain

Pour les stations du réseau de base, 16 blancs de terrain ont été effectués chaque année pour un total de 48 blancs pour l'ensemble de la période 2018-2020 (4 rivières x 4 analyses x 3 années). Pour chacune des rivières, tous les paramètres ont été analysés dans les blancs. Ces blancs de terrain permettent de voir si un polluant est introduit dans la procédure d'une autre façon que par l'eau (p. ex., présence dans l'air lors de l'échantillonnage ou du transport).

Le glyphosate a été détecté en concentration plutôt faible (0,04 µg/l) dans deux blancs, soit un pour la rivière des Hurons le 17 juillet 2019 et l'autre pour la rivière Saint-Régis le 19 juin 2019. Rappelons que dans la campagne 2015-2017, on avait aussi observé une faible concentration de glyphosate (0,08 µg/l) dans un blanc (prélèvement du 15 juillet 2015 dans la rivière Chibouet). Pour le moment, on ignore ce qui a pu causer ce problème. Cependant, notons que les valeurs sont très près des limites de détection. Tous les autres blancs ne montrent aucune trace des produits analysés.

Limites de détection des pesticides analysés de 2018 à 2020 (µg/l)

OPS+	2018	2019	2020	OPS+	2018	2019	2020
Aldrine	0,01	0,01	0,01	Fluazinam	0,08	0,08	0,08
Atrazine	0,01	0,01	0,01	Fludioxonil	0,06	0,06	0,06
Dééthyl-atrazine	0,01	0,01	0,01	Fonofos	0,01	0,01	0,01
Déisopropyl-atrazine	0,01	0,01	0,01	Iprodion	0,07	0,07	0,07
Azinphos-méthyl	0,05	0,05	0,05	Linuron	0,07	0,07	0,07
Azoxystrobine	0,05	0,05	0,05	Malathion	0,01	0,01	0,01
Bendiocarbe	0,01	0,01	0,01	Métalaxyl	0,11	0,11	0,11
Boscalide	0,02	0,02	0,02	Méthidathion	0,01	0,01	0,01
Bromacil	0,03	0,03	0,03	Méthoxychlore	0,01	0,01	0,01
Busan	0,06	0,06	0,06	Méthyl-parathion	0,02	0,01	0,01
Butilate	0,01	0,01	0,01	s-Métolachlore	0,01	0,01	0,01
Captafol	0,03	0,03	0,03	Métribuzine	0,01	0,01	0,01
Captane	0,02	0,02	0,02	Mévinphos	0,01	0,01	0,01
Carbaryl	0,02	0,02	0,02	Myclobutanil	0,03	0,03	0,03
Carbofuran	0,01	0,01	0,01	1-Naphtol	0,03	0,03	0,03
Carfentrazone-éthyl	0,02	0,02	0,02	Napropamide	0,01	0,01	0,01
Chlorfenvinfos	0,02	0,02	0,02	Parathion	0,01	0,01	0,01
Chloronébe	0,04	0,04	0,04	Pendiméthaline	0,02	0,02	0,02
Chlorothalonil	0,01	0,01	0,01	Perméthrine	0,04	0,04	0,04
Chloroxuron	0,04	0,04	0,04	Phorate	0,03	0,03	0,03
Chlorprophame	0,03	0,03	0,03	Phosalone	0,01	0,01	0,01
Chlorpyrifos	0,01	0,01	0,01	Phosmet	0,02	0,02	0,02
Cyanazine	0,01	0,03	0,03	Pirimicarbe	0,1	0,1	0,1
Cyhalothrine	0,01	0,01	0,01	Propiconazole	0,18	0,18	0,18
Cyperméthrine	0,06	0,06	0,06	Propoxur	0,01	0,01	0,01
Deltaméthrine	0,04	0,04	0,04	Propyzamide	0,03	0,03	0,03
Diazinon	0,01	0,01	0,01	Pyraclostrobine	0,18	0,18	0,18
Dichlobénil	0,01	0,01	0,01	Quintozène	0,03	0,03	0,03
2,6-Dichlorobenzamide (BAM)	0,02	0,02	0,02	Simazine	0,01	0,01	0,01
Dichlorvos	0,02	0,02	0,02	Tébuconazole	NA	NA	0,1
Dieldrine	0,01	0,01	0,01	Tébutiuron	0,22	0,22	0,22
Diméthazone	0,02	0,02	0,02	Terbacil	NA	0,01	0,01
Diméthénamide	0,01	0,01	0,01	Terbufos	0,02	0,02	0,02
Diméthoate	0,01	0,01	0,01	Tétraconazole	NA	NA	0,12
Diméthomorphe	0,09	0,09	0,09	Trifloxystrobine	0,03	0,03	0,03
Disulfoton	0,02	0,02	0,02	Trifluraline	0,02	0,02	0,02
Diuron	0,1	0,1	0,1	Trinexapac-éthyl	0,61	0,61	0,61
EPTC	0,01	0,01	0,01	Triticonazole	0,43	0,43	0,43
Fénitrothion	0,02	0,02	0,02				
PESARY	2018	2019	2020	PESTICIDES ÉMERGENTS	2018	2019	2020
2,4-D	0,02	0,02	0,02	Acétamipride	0,002	0,002	0,002
2,4-DB	0,02	0,01	0,01	Azoxystrobine	0,001	0,001	0,001
2,4-DP	0,03	0,01	0,01	Chlorantraniliprole	0,002	0,002	0,002
2,4,5-T	0,01	0,01	0,01	Chlorimuron éthyl	0,01	0,01	0,006
Bentazone	0,04	0,01	0,01	Clothianidine	0,005	0,005	0,005
Bromoxynil	0,02	0,02	0,02	Cyantraniliprole	0,01	0,01	0,006
Clopyralide	0,03	0,02	0,02	Fénamidone	0,001	0,001	0,001
Dicamba	0,03	0,02	0,02	Fénamidone métabolite	0,004	0,004	0,007
Diclofop-méthyl	0,02	NA	NA	Flumetsulame	0,001	0,001	0,004
Dinosébe	0,04	0,02	0,02	Flupyradifurone	0,003	0,003	0,005
Fénoprop	0,01	0,01	0,01	Imazapyr	0,004	0,004	0,01
Hydroxychlorothalonil	NA	0,02	0,02	Imazéthapyr	0,003	0,003	0,007
MCPA	0,01	0,01	0,01	Imidaclopride	0,004	0,004	0,004
MCPB	0,01	0,01	0,01	Imidaclopride-guanidine	0,003	0,003	0,006
Mécoprop	0,01	0,01	0,01	Imidaclopride-oléfine	0,002	0,002	0,004
Piclorame	0,02	0,02	0,02	Imidaclopride-urée	0,003	0,003	0,006
Triclopyr	0,02	0,01	0,01	Isoxaflutole	0,01	0,01	0,005
				Mésotrione	0,01	0,01	0,01
				Nicosulfuron	0,002	0,002	0,005
				Pyriméthanyl	0,001	0,001	0,003
				Rimsulfuron	0,003	0,003	0,003
				Sulfosulfuron	0,001	0,001	0,007
				Thiaclopride	0,002	0,002	0,002
				Thiaméthoxame	0,002	0,002	0,002

Annexe 3 Proportion des superficies en culture dans les bassins versants des 12 rivières supplémentaires échantillonnées en 2018-2020

Rivières	Superficie bassin (km ²)	Total en cultures (%)	Maïs (%)	Soya (%)	Céréales (%)	Fourrages (%)	Cultures maraîchères (%)	Pomme de terre (%)	Petits fruits (%)	Vergers et vignes (%)	Autres cultures (%)	Forêt (%)	Milieu anthropique (%)
Petite Yamachiche	102	78	22	21,9	7,9	12,1	1,4	0	0	0,1	12,5	15,9	6
Petite du Loup	82	56,3	14,4	14,3	5,2	13,4	0	1	0	0	7,9	31,7	11,1
Sainte-Anne	2713	8,4	0,9	2,4	1,2	2,2	0	0,4	0	0	1,2	79	1,9
Batiscan	4624	4,6	0,3	1,3	0,7	1,6	0	0	0	0	0,8	79,6	1,6
Salvail	197	75,7	38,6	18,7	2,5	4,7	1,6	0	0	0	9,6	18,6	4,5
David	339	70,5	34,1	21,1	5,1	4,4	1,6	0	0	0	4,1	22,6	5,3
Pot au Beurre	34	75,9	38,2	18,3	4,5	5,8	1,8	0	0	0	0	18,4	5,5
Saint-Louis	52	92,6	49,6	25,1	6,2	3,5	2,9	0	0	0	5,4	4,2	3,1
Aux Brochets	485 ¹	49,3	15,8	9	1,7	10,8	0,6	0,1	0	1,2	10	42,4	4,3
Ruiss. au Castor	14,3	96,3	30,1	29,7	9,4	8,7	0	0	0	0	19,9	-	-
Du Chêne	216	61	10,4	16,5	4,9	12,9	1	0	0,1	3	12,3	22,2	15,9
Du Chicot	73	53	8,2	14,1	2,5	12,3	3,2	0,1	0,4	0	12,3	21,9	24

1 Superficie de la partie québécoise du bassin versant (superficie totale 586 km²)

- Pas d'information

Annexe 4 Analyse statistique des tendances temporelles

Les statistiques descriptives par rivière (nombre d'observations, pourcentage de détection, concentrations moyenne, médiane et maximale) des pesticides détectés ont été calculées. Dans ces calculs, les valeurs « non détectées » ont été remplacées par zéro.

Une analyse de covariance (ANCOVA) à l'aide de la procédure MIXED du logiciel SAS (version 9.4) et du module SAS/STAT (version 13.2 pour Windows) (SAS Institute Inc., 2014) a été utilisée pour vérifier les tendances temporelles pour les pesticides détectés dans plus de 50 % des échantillons. L'analyse a été appliquée à l'ensemble de la période de 1992 à 2017 (25 ans), ainsi qu'à la période de 2007 à 2017 (10 ans) pour quelques-uns de ces produits.

La procédure MIXED de SAS permet de tenir compte à la fois des effets fixes, des effets aléatoires et des mesures répétées. Cette procédure est une généralisation de la procédure GLM, qui traite uniquement les modèles linéaires à effets fixes. La procédure MIXED est plus souple, car elle permet de modéliser les effets aléatoires selon diverses structures prédéterminées de covariance entre les données. Elle est particulièrement intéressante dans le cas présent puisqu'elle permet de tenir compte d'une corrélation qui diminue dans le temps. En effet, les mesures de pesticides risquent plus d'être corrélées si elles sont rapprochées dans le temps que si elles sont éloignées. La procédure permet aussi de faire des analyses avec un pas d'échantillonnage qui varie dans le temps. L'ANCOVA effectuée à l'aide de cette procédure permet de tenir compte de cet effet dans l'estimation des différences entre les rivières.

En outre, la procédure MIXED offre la possibilité de traiter un ensemble de données qui comporte des valeurs manquantes. Il s'agit d'un avantage important dans la présente étude puisque les dates d'échantillonnage ne sont pas les mêmes pour toutes les rivières et les années.

L'analyse statistique a été effectuée sur les données brutes ayant subi une transformation mathématique, soit le logarithme népérien, afin d'obtenir la normalité de la distribution des résidus. Une analyse a aussi été réalisée sur les médianes. Étant donné que les tailles d'échantillon peuvent varier d'une année ou d'une station à l'autre, les médianes annuelles sont pondérées par le nombre annuel d'observations. Ainsi, un poids plus important est accordé aux années et/ou aux stations ayant un nombre plus élevé de données.

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

Annexe 5 Sommaire climatologique

Écart des précipitations (mm) totales mensuelles par rapport à la moyenne pour les mois échantillonnés

Année	Mai à juillet	% de la M + -	Mai à août	% de la M + -
Rivière Chibouet - Station météorologique de Saint-Simon				
2011	299,8	+ 15,6	491,1	+ 32
2012	251,4	- 3	293	- 22
2013	305,4	+ 18	459,8	+ 24
2014	309,8	+19	371,3	=
2015	323,7	+25	429	+ 15
2016	260,5	=	434,5	+ 17
2017	219,7	- 15	297,2	- 20
2018	207,4	- 20	271,4	- 27
2019	210,9	- 18,7	261,1	- 30
2020	204,8	- 21	407	+ 9,5
Moyenne	259,34		371,42	
Rivière des Hurons - Station météorologique de Marieville				
2011	335,5	+ 14	429	+ 10
2012	290	- 2	336,5	- 14
2013	309,8	+ 5	407,5	+ 4,5
2014	400	+ 35,7	464	+ 19
2015	346	+ 17,4	449,3	+ 15
2016	218,9	- 26	391,4	=
2017	313,5	+ 6	397	+ 2
2018	216	- 27	284	- 27
2019	263,5	- 11	322	- 17,5
2020	253,8	- 14	418,9	+7,4
Moyenne	294,7			
Rivière Saint-Régis - Station météorologique de Laprairie				
2011	278,2	+ 5	454,4	+ 23,4
2012	244,9	-7,5	300,7	- 18,3
2013	292,5	+ 10,5	426,8	+ 16
2014	336	+ 27	406,2	+ 10,3
2015	367	+ 38,7	441,6	+ 20
2016	243,3	- 8	391,4	+ 6,3
2017	279,4	+ 5,6	410,8	+11,6
2018	200,9	- 24	243,9	- 33,7
2019	245,4	- 7	310,6	-15,6
2020	158,9	- 40	294,2	- 20
Moyenne	264,65		368	
Rivière Saint-Zéphirin - Station météorologique de Saint-Zéphirin-de-Courval				
2011	282,1	+ 13	452,7	+ 25
2012	215,4	- 14	310	- 15
2013	322,8	+ 29	458,6	+26
2014	272,1	+ 9	334,4	- 8
2015	284	+ 13,6	368,5	+ 1
2016	302	+ 21	467	+28,6
2017	303,3	+21,3	367,3	+ 1
2018	154,5	- 38	237,7	- 34,5
2019	240,8	- 4	304,5	- 16
2020	124,5	- 50	330	- 9
Moyenne	250		363	

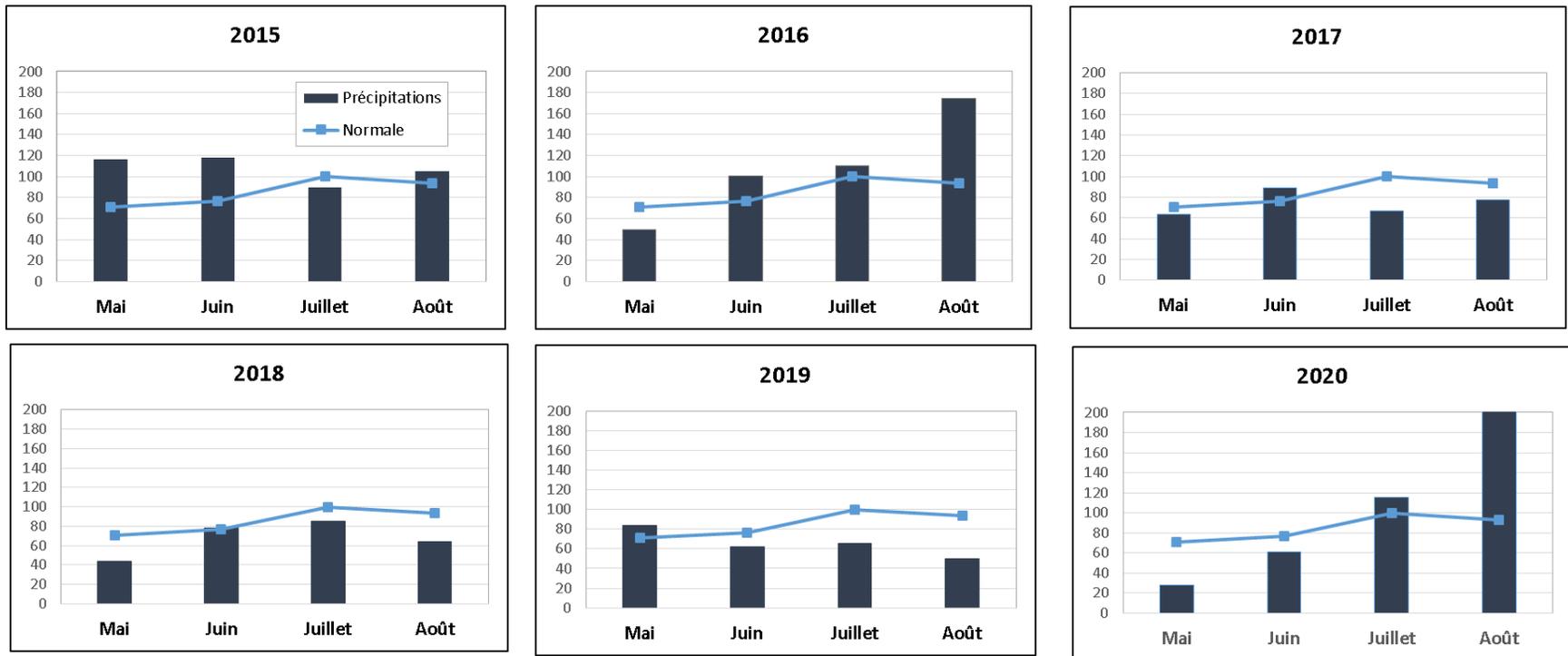
Source : MDDELCC, 2017

Proportion des échantillons prélevés en temps de pluie

Année	Nombre de prélèvements	Temps de pluie	
		Nombre	%
Rivière Chibouet - Station météorologiques Saint-Simon			
2015	29	13	45
2016	30	10	33
2017	29	7	24
2018	30	10	33
2019	30	10	33
2020	30	12	40
Rivière Des Hurons - Station météorologique Marieville			
2015	30	16	53
2016	29	10	35
2017	30	8	27
2018	30	12	40
2019	30	13	43
2020	30	15	50
Rivière Saint-Régis - Station météorologique Laprairie			
2015	30	14	47
2016	30	9	30
2017	29	10	35
2018	30	12	40
2019	30	11	37
2020	30	14	47
Rivière Saint-Zéphirin - Station météorologique Zéphirin			
2015	30	13	43
2016	30	11	37
2017	29	7	24
2018	30	10	33
2019	30	16	53
2020	30	12	40

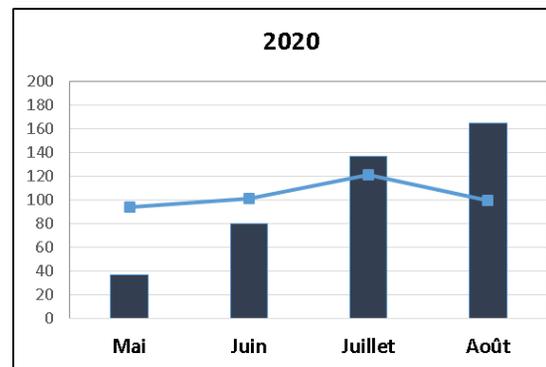
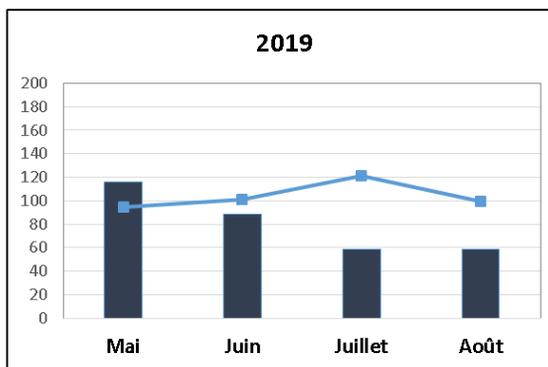
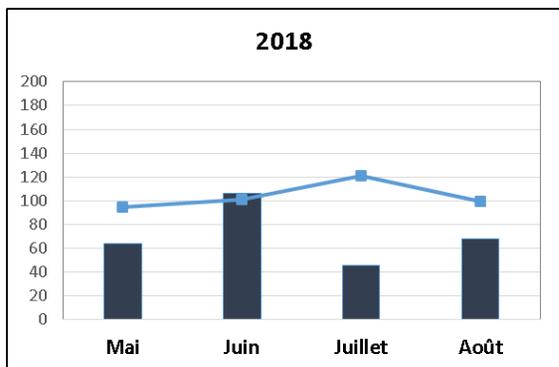
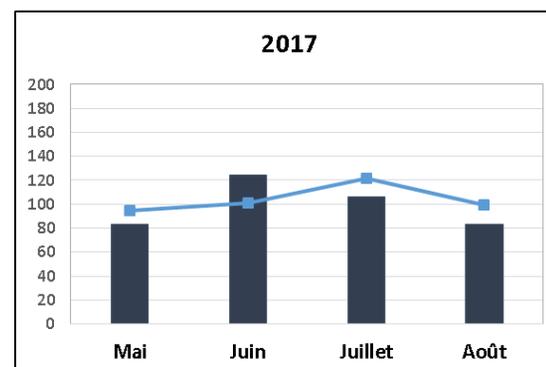
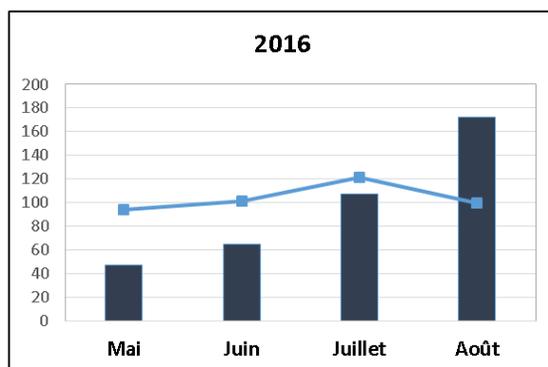
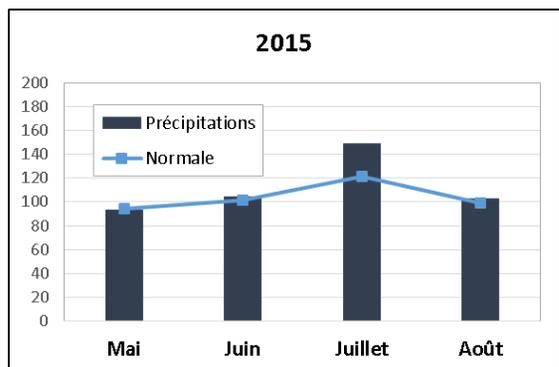
Précipitations (mm) totales mensuelles et écart à la normale

Rivière Chibouet – Station météorologique Saint-Simon



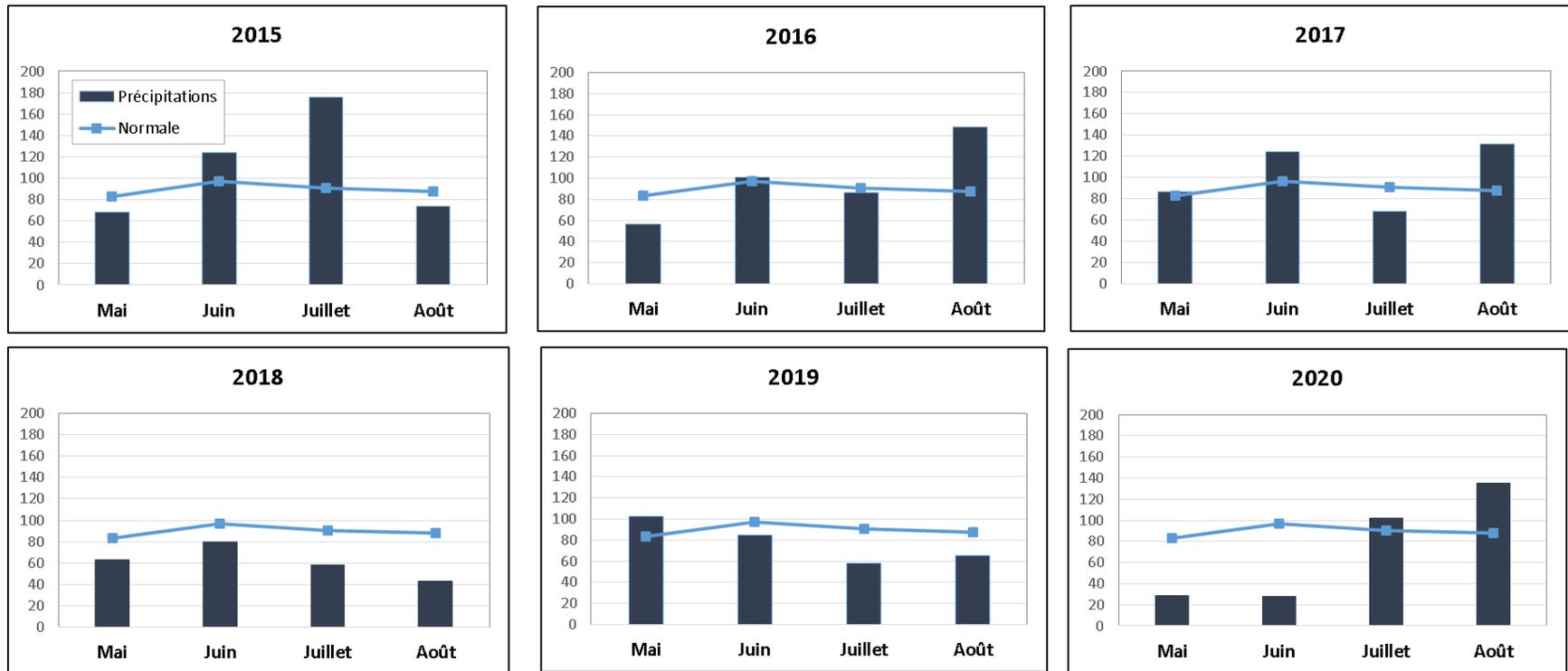
Précipitations (mm) totales mensuelles et écart à la normale (suite)

Rivière des Hurons – Station météorologique Marieville



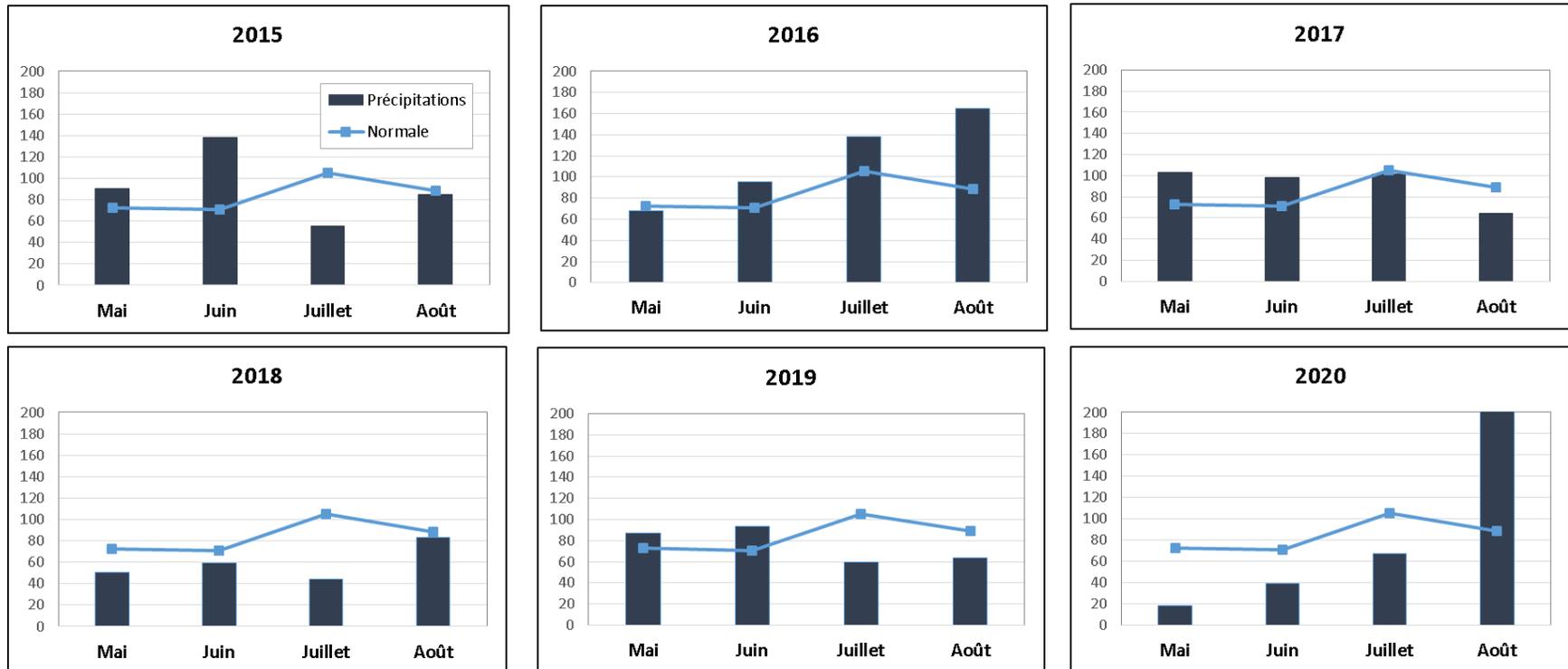
Précipitations (mm) totales mensuelles et écart à la normale (suite)

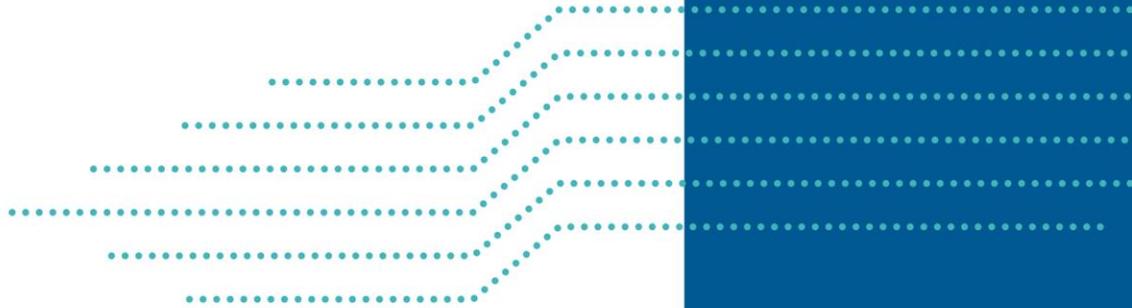
Rivière Saint-Régis – Station météorologique Laprairie



Précipitations (mm) totales mensuelles et écart à la normale (suite)

Rivière Saint-Zéphirin – Station météorologique Zéphirin





*Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques*

Québec 