



Pesticides et nitrates dans l'eau souterraine près de cultures de pommes de terre

Échantillonnage dans quelques
régions du Québec en 2008 et 2009

Avril 2011



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

- Puits près d'une résidence en milieu agricole (photo : Sylvie Legendre, MDDEP)
- Bouteilles pour l'échantillonnage des pesticides (photo : Yves Laporte, MDDEP)
- Champs de pommes de terre (photo : Yves Laporte, MDDEP)

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

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-61396-1 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2011

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteurs	Isabelle Giroux ¹ Benoît Sarrasin ²
Échantillonnage	Sylvie Legendre ¹ Michel Côté ¹
Analyses de laboratoire	Benoit Sarrasin ² Marie-Claire Grenon ² Annick-Dion Fortier ² Steeve Roberge ² Guillaume Bourque ² Céline Poulin ² Carole Veillette ² Jacques Bélanger ² Martin Duchesneau ²
Analyse statistique	François D'Auteuil-Potvin ¹
Cartographie	Yves Laporte ¹
Coordination à la diffusion	Johanne Bélanger ¹
Mise en page	Murielle Gravel ¹

-
1. MDDEP, Direction du suivi de l'état de l'environnement
 2. MDDEP, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)

Référence bibliographique :

GIROUX, I., B. SARRASIN, 2011. *Pesticides et nitrates dans l'eau souterraine près de cultures de pommes de terre - Échantillonnage dans quelques régions du Québec en 2008 et 2009*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ISBN 978-2-550-61396-1, 31 p. et 5 annexes

Mots clés :

Pesticides, eau souterraine, puits, pomme de terre, imidaclopride, métribuzine, diquat, paraquat, azoxystrobine, Québec

REMERCIEMENTS

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre plusieurs directions du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Les auteurs tiennent à remercier la Direction régionale du centre de contrôle environnemental de Montréal, de Laval, de Lanaudière et des Laurentides et la Direction régionale du centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et le Pôle d'expertise agricole pour leur contribution en budget d'heures de laboratoire. Leur collaboration a permis d'étendre le suivi à un plus grand nombre de puits en 2008.

Les auteurs tiennent aussi à remercier les partenaires du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) qui ont facilité l'adhésion de plusieurs producteurs agricoles au programme d'échantillonnage et qui, par leur expertise dans la culture de la pomme de terre et leur connaissance du milieu ont permis de mettre à jour nos connaissances sur l'utilisation des pesticides dans la culture de la pomme de terre. Remerciements particuliers à M^{me} Laure Boulet, M. Olivier Turner, M. Daniel Bergeron, M. Jean-Pierre Sénécal et M. Serge Bouchard.

Nous tenons aussi à remercier les réviseurs scientifiques dont les commentaires ont grandement bonifié le rapport. Remerciements à plusieurs collègues du MDDEP : Gaétan Roy de la Direction du secteur agricole et des pesticides, Nadine Roy, Charles Lamontagne, Hélène Tremblay et Anouka Bolduc de la Direction des politiques de l'eau. Remerciements aussi à Laure Boulet, Stéphanie Tellier et Daniel Bergeron du MAPAQ.

Sincères remerciements aussi à tous les producteurs de pommes de terre et autres citoyens qui ont accepté de collaborer au projet.

Finalement, nous désirons souligner le travail des techniciens Sylvie Legendre et Michel Côté qui, par leur professionnalisme et leur approche auprès des citoyens lors de l'échantillonnage, ont permis de mener à bien ce projet.

AVANT-PROPOS

Le présent rapport est le quatrième d'une série portant sur l'échantillonnage de l'eau souterraine dans les zones en culture de pommes de terre. Les rapports précédents (Giroux, 1993; Giroux, 1995; Giroux, 2003) sont listés dans la bibliographie.

Toutes les personnes qui ont participé à ce projet d'échantillonnage ont déjà reçu leurs résultats d'analyses individuels.

RÉSUMÉ

Depuis 1992, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs suit les pesticides dans les cours d'eau dans les régions agricoles où ces produits sont employés. Le présent rapport fait état des résultats du suivi des pesticides et des nitrates dans l'eau souterraine près de champs en culture de pommes de terre.

Pour cette étude, réalisée en 2008 et 2009, 77 puits individuels ont été échantillonnés dans 5 régions du Québec, soit les régions de la Capitale-Nationale, Lanaudière, Montérégie, Saguenay–Lac-Saint-Jean et Bas-Saint-Laurent. Ce sont des puits de producteurs agricoles (34 puits) ou de leurs voisins (43 puits). La plupart des puits échantillonnés ont moins de 10 mètres de profondeur. Au total, 42 pesticides et 7 produits de dégradation de pesticides ont été analysés.

Les résultats indiquent que 69 % des puits échantillonnés montrent la présence de faibles concentrations de pesticides. Les principaux pesticides détectés sont l'insecticide imidaclopride (ADMIRE) et ses produits de dégradation, imidaclopride-urée et imidaclopride-guanidine, ainsi que les herbicides métribuzine (SENCOR, LEXONE) diquat (REGLONE) et paraquat (GRAMOXONE) et le fongicide azoxystrobine (QUADRIS). L'imidaclopride est présent dans 61 % des puits échantillonnés, le métribuzine dans 30 %, le diquat dans 25 %, le paraquat dans 14 % et l'azoxystrobine dans 15 % des puits. Plusieurs autres pesticides ont été détectés à une fréquence moins importante. Ce sont les insecticides thiaméthoxame (ACTARA) et clothianidine (TITAN, PROSPER, CLUTCH), les herbicides atrazine (ATRAZINE), métolachlore (DUAL), diméthénamide (FRONTIER) et linuron (LOROX, AFOLAN, LINURON) et le fongicide fenamidone (REASON). Les concentrations de pesticides sont faibles et respectent les normes ou les valeurs guides établies pour la présence de ces produits dans l'eau potable.

Pour les pesticides, les concentrations sont en augmentation pour l'imidaclopride dans 17 des 25 puits investigués à la fois lors de la campagne de 1999-2001 et celle de 2008-2009. Pour les autres substances, la campagne d'échantillonnage 2008-2009 fait ressortir que plusieurs pesticides d'usage récent sont maintenant détectés en faibles concentrations dans l'eau souterraine. C'est le cas des fongicides azoxystrobine et fenamidone et des insecticides thiaméthoxame et clothianidine. L'examen des concentrations de pesticides au cours d'une année montre généralement de légères fluctuations sans grande augmentation, mais sans disparition non plus des pesticides.

Les résultats indiquent aussi que 40 % des puits ont des concentrations de nitrates supérieures à la norme d'eau potable de 10 mg/l N-NO₃. La présence de concentrations élevées de nitrates dans l'eau souterraine de ces secteurs est un problème connu depuis longtemps et déjà démontré par nos études précédentes. Cette étude nous a permis de constater que la situation des concentrations de nitrates n'a pas beaucoup changé depuis la campagne d'échantillonnage précédente couvrant la période de 1999 à 2001. Quelques puits montrent des augmentations et d'autres des diminutions, mais, pour la plupart, les concentrations de nitrates demeurent élevées. Habituellement, les personnes desservies par les puits qui présentent des teneurs élevées en nitrates n'utilisent pas l'eau pour la consommation, mais plutôt pour les autres besoins domestiques (toilette, lavage, arrosage, etc.).

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MÉTHODOLOGIE	7
1.1. Caractéristiques des puits échantillonnés	10
2. RÉSULTATS	11
2.1. Résultats généraux pour les pesticides et les nitrates.....	11
2.2. Comparaison avec les normes d'eau potable.....	15
2.3. Comparaison avec les critères pour l'irrigation des cultures	15
2.4. Présence simultanée de plusieurs pesticides.....	16
3. DISCUSSION	16
3.1. Fluctuations des concentrations de pesticides et de nitrates au cours d'une année	16
3.2. Évolution de la situation depuis 2001	26
3.3. Facteurs influençant la détection des pesticides	28
CONCLUSION	30
BIBLIOGRAPHIE.....	31

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 INVENTAIRE DES PESTICIDES UTILISÉS PAR LES PRODUCTEURS- PARTICIPANTS AU PROJET	32
ANNEXE 2 CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS ÉCHANTILLONNÉS	33
ANNEXE 3 DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ANALYSE	36
ANNEXE 4 RÉSULTATS.....	37
ANNEXE 5 COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS POUR LES PÉRIODES DE 1999 À 2001 ET 2008-2009.....	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Répartition des superficies en culture de pommes de terre au Québec	1
Tableau 2 Quelques pesticides recommandés dans la culture de la pomme de terre.....	4
Tableau 3 Caractéristiques de deux sols typiques des régions en culture de pommes de terre au Québec	5
Tableau 4 Nombre de puits échantillonnés par municipalité et par région.....	7
Tableau 5 Pesticides analysés et limites de détection	9
Tableau 6 Profondeur des puits échantillonnés	10
Tableau 7 Distance entre les puits échantillonnés et les champs traités	11
Tableau 8 Nombre de puits avec présence de pesticides et de nitrates en 2008.....	11
Tableau 9 Principaux pesticides détectés et concentrations maximales mesurées en 2008-2009.....	12

Tableau 10	Tendances des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrites-nitrates entre les périodes 1999-2001 et 2008	26
Tableau 11	Solubilité et coefficient d'adsorption (K_{oc}) pour les produits détectés	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Types de puits et d'aquifères	2
Figure 2	Répartition des municipalités où des puits individuels ont été échantillonnés	8
Figure 3	Puits où des pesticides ont été détectés dans différentes régions du Québec	13
Figure 4	Vulnérabilité de l'eau souterraine et puits où des pesticides ont été détectés dans la région de Portneuf	14
Figure 5	Nombre de pesticides détectés dans les puits échantillonnés en 2008 et 2009	16
Figure 6	Fluctuations des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrates dans 7 puits	18
Figure 7	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 1 échantillonné à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et précipitations enregistrées à la station météorologique Catherine	19
Figure 8	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 2 échantillonné à Pont-Rouge en 2009 et précipitations enregistrées à la station météorologique Catherine	20
Figure 9	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 3 échantillonné à Pont-Rouge et précipitations enregistrées à la station météorologique Catherine	21
Figure 10	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 4 échantillonné à Saint-Ubalde et précipitations enregistrées à la station météorologique Saint-Alban	22
Figure 11	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 5 échantillonné à L'Assomption et précipitations enregistrées à la station météorologique Lanoraie	23
Figure 12	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 6 échantillonné à Péribonka et précipitations enregistrées à la station météorologique Péribonka	24
Figure 13	Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 6 échantillonné à Saint-Ambroise et précipitations enregistrées à la station météorologique Saint-Ambroise	25
Figure 14	Comparaison des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrates pour la période de 1999 à 2001 et pour 2008	27
Figure 15	Détection de pesticides en fonction de la distance entre les puits et les champs et la profondeur des puits	29

INTRODUCTION

La culture de la pomme de terre

La pomme de terre est cultivée dans une centaine de pays, sous tous les climats et dans les sols les plus divers (Agriculture et agroalimentaire Canada, 2008). Le Canada produit environ 4 970 000 tonnes de pommes de terre annuellement. Avec ses 543 000 tonnes, le Québec fournit 11% de la production canadienne.



Au Québec, le nombre de producteurs de pommes de terre a beaucoup diminué depuis le début des années 1990. Alors qu'on recensait plus de 1 200 producteurs en 1993, ils ne sont plus que 583 en 2006 (Statistique Canada, 2006). Par contre, la superficie totale consacrée à la culture des pommes de terre n'a pas beaucoup changé : en 2006 elle était de 19 209 hectares. Au Québec, les principales régions où l'on cultive la pomme de terre sont celles de Lanaudière, de la Capitale-Nationale, de la Montérégie et du Saguenay–Lac-Saint-Jean (tableau 1 et figure 1).

Tableau 1 Répartition des superficies en culture de pommes de terre au Québec

Cultures	Superficies (hectares)
Lanaudière	3 923
Capitale-Nationale	3 871
Montérégie	2 899
Saguenay–Lac-Saint-Jean	2 865
Centre-du-Québec	1 289
Bas-Saint-Laurent	1 198
Mauricie	836
Chaudière-Appalaches	648
Abitibi-Témiscamingue	572
Outaouais	354
Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	274
Laurentides	274
Total	19 209

Source : Statistique Canada, 2006

Parce qu'elle s'adapte bien à ce type de sol, la culture des pommes de terre est souvent pratiquée dans des sols sableux. À l'exception de la région de la Montérégie, où les sols ont des textures plus fines, les autres régions agricoles présentent de vastes zones de sols sableux. Les sols sableux sont plus perméables à l'infiltration des contaminants que les sols à texture fine. Ainsi, les pesticides et autres intrants agricoles peuvent être facilement transportés de la surface du sol vers les couches profondes, et, ultimement, jusqu'à la nappe d'eau souterraine.

Les systèmes aquifères peuvent être complexes, mais d'une manière générale, on en distingue deux grands types : les aquifères libres et les aquifères captifs. L'aquifère libre est un aquifère le plus souvent situé dans une formation poreuse, dont le sommet est à la pression atmosphérique. Ainsi, le sommet (le niveau d'eau) d'un aquifère libre est habituellement près de la surface du sol et, par conséquent, l'eau qu'il contient est plus vulnérable à la contamination. L'aquifère captif, souvent plus profond, est un aquifère limité en surface par une formation imperméable, ou du moins peu perméable (ex.: roc ou couche argileuse) et le plus souvent dans lequel l'eau est sous pression. Bien qu'il soit généralement mieux protégé, ce type d'aquifère n'est pas complètement à l'abri d'une contamination provenant des activités de surface.

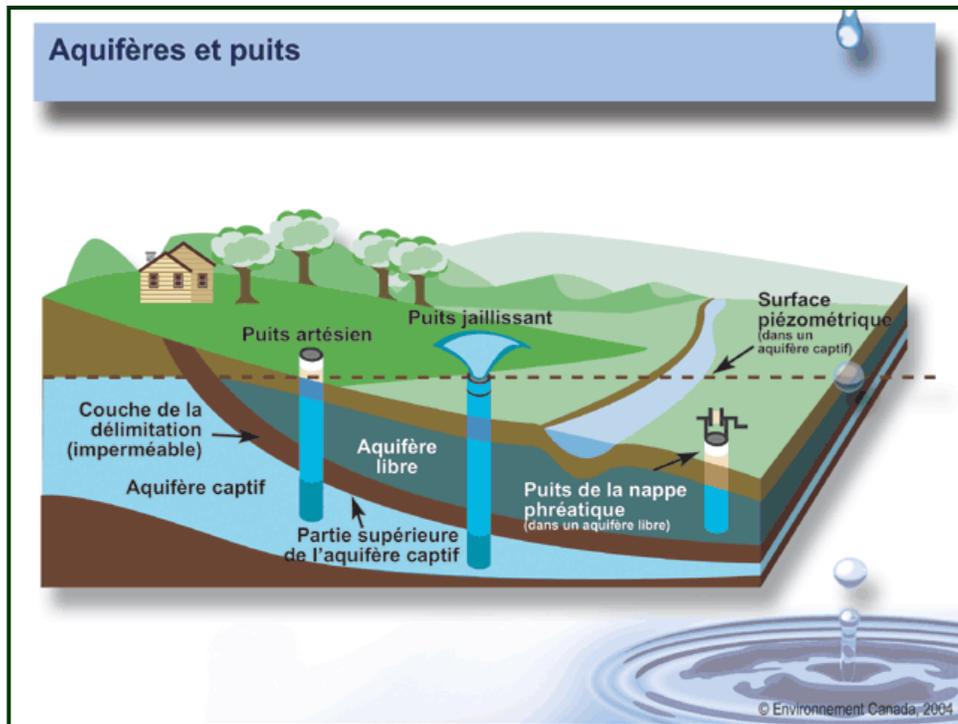


Figure 1 Types de puits et d'aquifères

Source : Environnement Canada, 2004



Photos : Sylvie Legendre, MDDEP

Les ravageurs de la culture et les pesticides utilisés

Plusieurs types de pesticides tels que des herbicides, des insecticides ou des fongicides, peuvent être utilisés dans la culture de la pomme de terre afin de contrôler différents ravageurs. Une liste non exhaustive est présentée au tableau 2. Des pesticides sont aussi employés pour le traitement des semences, le traitement des tubercules avant ou durant l'entreposage ou pour la fumigation des sols à l'automne.

Il existe plusieurs maladies de la pomme de terre : mildiou, gale, flétrissure bactérienne, flétrissure verticillienne, rhizoctonie, pourriture sèche fusarienne, etc. Le mildiou est probablement celle qui affecte le plus la production et les années 2008 et 2009 ont été deux années où la maladie a été observée de façon importante (Boulet, 2009). De façon générale, pour contrôler et éviter la propagation des maladies, des fongicides sont utilisés à plusieurs reprises au cours de la saison de production. Le mancozèbe (DITHANE, MANZATE, PENNCOZEB) et le chlorothalonil (BRAVO), des fongicides utilisés depuis très longtemps, sont encore les produits les plus utilisés. Toutefois, les producteurs ont aussi recours à plusieurs nouveaux fongicides afin de contrôler les diverses maladies fongiques qui affectent la pomme de terre. Ce sont l'azoxystrobine (QUADRI), le fénamidone (REASON), le cymoxanil (CURZATE), le fludioxonil (MAXIM), le zoaxamide (GAVEL), etc.



Parmi les insectes susceptibles d'affecter la culture, le doryphore est l'un des ravageurs les plus importants de la pomme de terre. Les larves et les adultes de l'insecte peuvent défolier complètement les plants, causant des pertes considérables de rendement. Depuis les dernières années, avec l'homologation des insecticides de la famille des Néocotinoïdes, l'efficacité pour le contrôle de l'insecte est généralement très bonne (Boulet, 2009). Toutefois, l'usage répété de produits appartenant à la même famille risque de développer, chez l'insecte, de la résistance à ces produits. De nombreuses études menées au Canada et aux États-Unis ont démontré que le doryphore a développé une résistance significative à l'imidaclopride (ADMIRE, etc.). Ce produit peut être appliqué dans le sillon ou sur le planton au moment du semis ou encore en traitement foliaire plus tard dans l'été. Le traitement dans le sillon ou sur le planton, qui est plus à risque pour le développement de la résistance (Boulet, 2009), était le mode de traitement privilégié par la majorité des producteurs (2/3) au moment de l'étude. Afin de réduire le développement de la résistance, les producteurs doivent appliquer des produits de groupes chimiques différents en traitements foliaires si ceux-ci sont requis pour le contrôle de l'insecte. Le choix des insecticides s'est d'ailleurs élargi et plusieurs nouvelles matières actives appartenant à des groupes chimiques différents sont vendues sur le marché telles que le spinosad (SUCCESS, ENTRUST), le novaluron (RIMON) et le chlorantraniliprole (CORAGEN). Toutefois, la gamme des produits appartenant à la famille des Néocotinoïdes (groupe 4) s'est aussi élargie avec l'ajout de l'acétamipride (ASSAIL), du thiaméthoxame (ACTARA) et du clothianidine (TITAN, PROSPER, CLUTCH).



Des herbicides sont aussi employés en début de saison pour contrer les mauvaises herbes et favoriser l'émergence et la croissance des plants. Le métribuzine (LEXONE, SENCOR) et le linuron (LOROX, AFOLAN, LINURON) sont les herbicides les plus utilisés, mais des produits comme le rimsulfuron (PRISM), le paraquat (GRAMOXONE) et le fluazifop-butyl (VENTURE) sont aussi employés. Peu avant la récolte, un défanant à base de diquat peut aussi être utilisé pour éliminer la partie émergente des plants et favoriser la maturation des tubercules.

NOTE : L'annexe 1 présente l'inventaire des pesticides employés par les 34 producteurs qui ont participé à l'étude. Comme il repose sur un nombre limité de producteurs, on ne peut l'utiliser comme un sondage. Toutefois, les résultats suggèrent quelques tendances générales et certaines particularités régionales. Ainsi, les herbicides linuron et métribuzine seraient les plus utilisés par tous les producteurs qui ont participé au projet. L'imidaclopride est l'insecticide le plus utilisé, quoiqu'en 2008, pour la région de Lanaudière, il aurait été un peu délaissé au profit du thiaméthoxame, du λ -cyhalothrine et du chlorantraniliprole. Le mancozèbe est le fongicide le plus utilisé dans toutes les régions investiguées. Il est suivi du chlorothalonil et de l'azoxystrobine. Mais les fongicides cymoxanil et fénamidone sont aussi fréquemment mentionnés. Plusieurs producteurs de la région de Lanaudière ont mentionné l'utilisation du fumigant métam-sodium appliqué à l'automne pour stériliser le sol et assurer un meilleur contrôle des insectes, des maladies et des mauvaises herbes. L'utilisation de ce produit n'a pas été mentionnée par les producteurs des autres régions.

Tableau 2 Quelques pesticides recommandés dans la culture de la pomme de terre

INGRÉDIENT ACTIF	NOMS COMMERCIAUX
HERBICIDES ET DÉFANANTS	
Diclofop-méthyl	HOE-GRASS
EPTC	EPTAM
Fenoxaprop-éthyl	EXCEL-SUPER
Fluazifop-butyl	VENTURE L
Linuron	LOROX, AFOLAN, LINURON
Métolachlore	DUAL
Métribuzine	LEXONE, SENCOR
Paraquat	GRAMOXONE
Prométhrine	GESAGARD
Rimsulfuron	PRISM
Séthoxydime	POAST
Diquat	REGLONE
Glufosinate	IGNITE
INSECTICIDES	
Acephate	OTHENE
Acetamipride	ASSAIL
Azinphos-méthyl	GUTHION
Bt	NOVODOR
Carbaryl	SEVIN
Chlorpyrifos	LORSBAN, PYRINEX
Clethodim	SELECT
Chlorantraniliprole	CORAGEN
Clothianidine	TITAN, PROSPER, CLUTCH
Cyperméthrine	CYMBUSH, RIPCARD
Deltaméthrine	DECIS
Diazinon	DIAZINON
Diméthoate	CYGON, LAGON
Endosulfan	ENDOSULFAN, THODAN, THIONEX
Imidaclopride	ADMIRE
Imidaclopride/mancozèbe	GENESIS
Lambda-cyhalothrine	MATADOR
Malathion	MALATHION
Méthomyl	LANNATE
Naled	DIBROM
Novaluron	RIMON
Oxamyl	VYDATE
Perméthrine	POUNCE
Phosmet	IMIDAN INSTAPAK
Pyrimicarbe	PIRIMOR
Spinosad	SUCCESS, ENTRUST
Thiamethoxame	ACTARA
FONGICIDES	
Azoxystrobine	QUADRIS
Boscalid	LANCE
Chlorothalonil	BRAVO
Cymoxanil/mancozèbe	CURZATE/MANZATE
Dimétomorphe/mancozèbe	ACROBAT
Fenamidone	REASON
Fludioxonil	MAXIM
Hydroxyde de cuivre	KOCIDE
Mancozèbe	DITHANE, MANZATE, PENNCOZEB
Métalaxyl/mancozèbe	RIDOMIL GOLD
Métalaxyl/chlorothalonil	RIDOMIL GOLD / BRAVO
Métam-sodium	VAPAM
Métirame	POLYRAM
Oxychlorure de cuivre	COPPER SPRAY
Propamocarbe/chlorothalonil	TATTOO
Pyraclostrobine/boscalid	HEADLINE
Sulfate de cuivre tribasique	CUIVRE 53M
Thiabendazole	MERTECT
Thiophanate méthyl	SENATOR
Zinèbe	ZINEB
Zoxamide/mancozèbe	GAVEL

Source : CRAAQ et MAPAQ, 2007, Inventaire auprès des producteurs participants au projet

Les sols et leurs caractéristiques

Au Québec, les sols typiques des régions en culture de pommes de terre sont des sols très poreux. Plusieurs des séries de sols utilisés pour cette production sont des sables loameux contenant plus de 80 % de sable. Ce sont par exemple des séries Morin, Uplands et Pont-Rouge dans la région de Portneuf et les sols de séries Joliette, Lanoraie et Saint-Thomas dans la région de Lanaudière. Le tableau 3 montre les principales caractéristiques de deux séries de sols typiques des régions de culture de pommes de terre.

Tableau 3 Caractéristiques de deux sols typiques des régions en culture de pommes de terre au Québec

SÉRIE	% SABLE	PH	% M.O.	CONDUCTIVITÉ HYDRAULIQUE (cm/sec)
Morin	85-90	5,7-5,8	1,2-3,8	$7,4 \times 10^{-4} - 8 \times 10^{-4}$
Lanoraie	89-94	5,0	0,7-1,5	$1,3 \times 10^{-3} - 2,9 \times 10^{-3}$

(Tabi *et al.*, 1990a et b)

Dans ces sols, la conductivité hydraulique est élevée (par exemple jusqu'à $2,9 \times 10^{-3}$ cm/sec ou 10 cm/h pour les sols de la série Lanoraie), ce qui explique que ces sols sont parmi ceux dont on peut tirer l'eau le plus facilement et qui fournissent aisément les débits requis pour l'alimentation domestique en eau. En contrepartie, cette forte conductivité hydraulique a aussi comme conséquence que le transport des eaux d'infiltration vers les couches profondes se fait très rapidement. Le temps de séjour de l'eau dans les horizons superficiels est très court ce qui réduit les possibilités de dégradation biologique des pesticides et des fertilisants qu'elle transporte. De plus, ces sols sont naturellement acides (pH 5 – 5,5) et présentent une faible teneur en matière organique souvent inférieure à 3 %. Ces facteurs réduisent l'activité biologique du sol et, par conséquent, les possibilités de dégradation des pesticides qui y sont appliqués.

Les objectifs du programme d'échantillonnage

Le MDDEP s'intéresse depuis longtemps à la qualité des eaux souterraines en milieu agricole en regard de la présence de pesticides, notamment dans les secteurs en culture de pommes de terre. Déjà dans les années 1980, l'échantillonnage avait montré la présence dans l'eau souterraine de concentrations élevées de nitrates ainsi que la présence de pesticides comme les insecticides aldicarbe (TEMIK) et carbofuran (FURADAN) (Giroux, 1993). Les programmes de suivi réalisés par la suite, de 1991 à 1993 (Giroux, 1995) et de 1999 à 2001 (Giroux, 2003), avaient confirmé la présence de pesticides dans environ 50 % des puits échantillonnés à proximité des champs en culture de pommes de terre. Les deux produits détectés le plus souvent étaient alors l'insecticide imidaclopride et l'herbicide métribuzine.

Depuis, plusieurs changements sont survenus dans les moyens techniques à la disposition des producteurs, les types de rotation de cultures et les types de pesticides utilisés. La rotation permet d'améliorer le contenu en matière organique du sol et de freiner le développement de certains ravageurs. Au début des années 2000, les principales cultures pratiquées en rotation avec celle de la pomme de terre étaient notamment les céréales, comme l'avoine et l'orge, et parfois le foin. Maintenant, on trouve aussi le millet perlé japonais, les cultures légumières et le maïs. L'utilisation des pesticides dans ces cultures de rotation peut, elle aussi, être à l'origine d'un certain apport en pesticides et en nitrates dans l'eau souterraine, en particulier dans les zones de sols sableux où l'on retrouve typiquement la pomme de terre.

Plusieurs nouveaux pesticides sont aussi offerts sur le marché depuis les dernières années et les producteurs disposent maintenant d'un éventail plus large de produits.

Les objectifs du programme d'échantillonnage sont donc d'actualiser le portrait de la présence de pesticides dans l'eau souterraine dans différentes régions où l'on cultive la pomme de terre et de vérifier l'évolution dans le temps de la contamination. Plus précisément, on souhaite répondre aux questions suivantes :

- Les nouveaux pesticides utilisés se retrouvent-ils dans les eaux souterraines ?
- Les concentrations de pesticides et de nitrates dans l'eau souterraine tendent-elles à augmenter ou à diminuer au fil des ans ?
- Lorsque des pesticides sont détectés, sont-ils présents dans l'eau du puits durant toute l'année ?

Un autre objectif est aussi d'informer et de sensibiliser les producteurs de pommes de terre et les intervenants agricoles aux conséquences des pratiques culturales sur les eaux souterraines et d'orienter la recherche de solutions pour mieux protéger les aquifères.



Yves Laporte, MDDEP

1. MÉTHODOLOGIE

Des puits domestiques individuels situés à proximité des champs en culture de pommes de terre sont utilisés comme points d'échantillonnage de l'eau souterraine. Ce sont des puits qui appartiennent à des producteurs de pommes de terre ou à des citoyens dont la résidence est située tout près de champs en culture de pommes de terre. Parmi les 77 puits échantillonnés, 34 (44 %) étaient des puits de producteurs de pommes de terre et 43 (56 %) des puits de résidents. Différentes profondeurs de nappe d'eau et différents types de puits ont été échantillonnés.

Le tableau 4 indique le nombre de puits échantillonnés par région et par municipalité et la figure 2 illustre la répartition au Québec des municipalités où ces puits individuels ont été échantillonnés.

Tableau 4 Nombre de puits échantillonnés par municipalité et par région

Région et période d'échantillonnage en 2008	Municipalité	2008		2009
		N	Total	N
Capitale-Nationale 8 novembre au 4 décembre 2008	Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	4	33	1
	Pont-Rouge	6		2
	Saint-Basile	2		
	Saint-Ubalde	8		1
	Saint-Alban	3		
	Saint-Raymond	2		
	Saint-Léonard	2		
	Saint-Jean-de-l'Île-d'Orléans	3		
	Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans	2		
	Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans	1		
Lanaudière 27 octobre 2008 au 21 janvier 2009	Lavaltrie	7	21	
	L'Assomption	3		1
	Lanoraie	2		
	Crabtree	1		
	Saint-Paul	3		
	Mascouche	2		
	Saint-Roch-de-l'Achigan	2		
	Rawdon	1		
Montérégie Janvier 2009	Saint-Michel	1	5	
	Saint-Rémi	2		
	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	2		
Saguenay-Lac-Saint-Jean 20 au 23 octobre 2008	Saint-Ambroise	6	15	1
	Bégin	1		
	Péribonka	5		1
	Dolbeau-Mistassini	2		
	Saint-Fulgence	1		
Bas-Saint-Laurent 22 octobre 2008	Saint-Éloi	1	3	
	Trois-Pistoles	1		
	Saint-Arsène	1		
TOTAL			77	7

Pour chaque puits, les échantillons ont été prélevés une seule fois au cours de l'automne 2008, ou jusqu'à janvier 2009, pour quelques puits. Pour l'échantillonnage de 2009, sept puits parmi les plus contaminés en 2008 ont été échantillonnés à six reprises afin de vérifier l'évolution des concentrations de pesticides au cours de l'année.

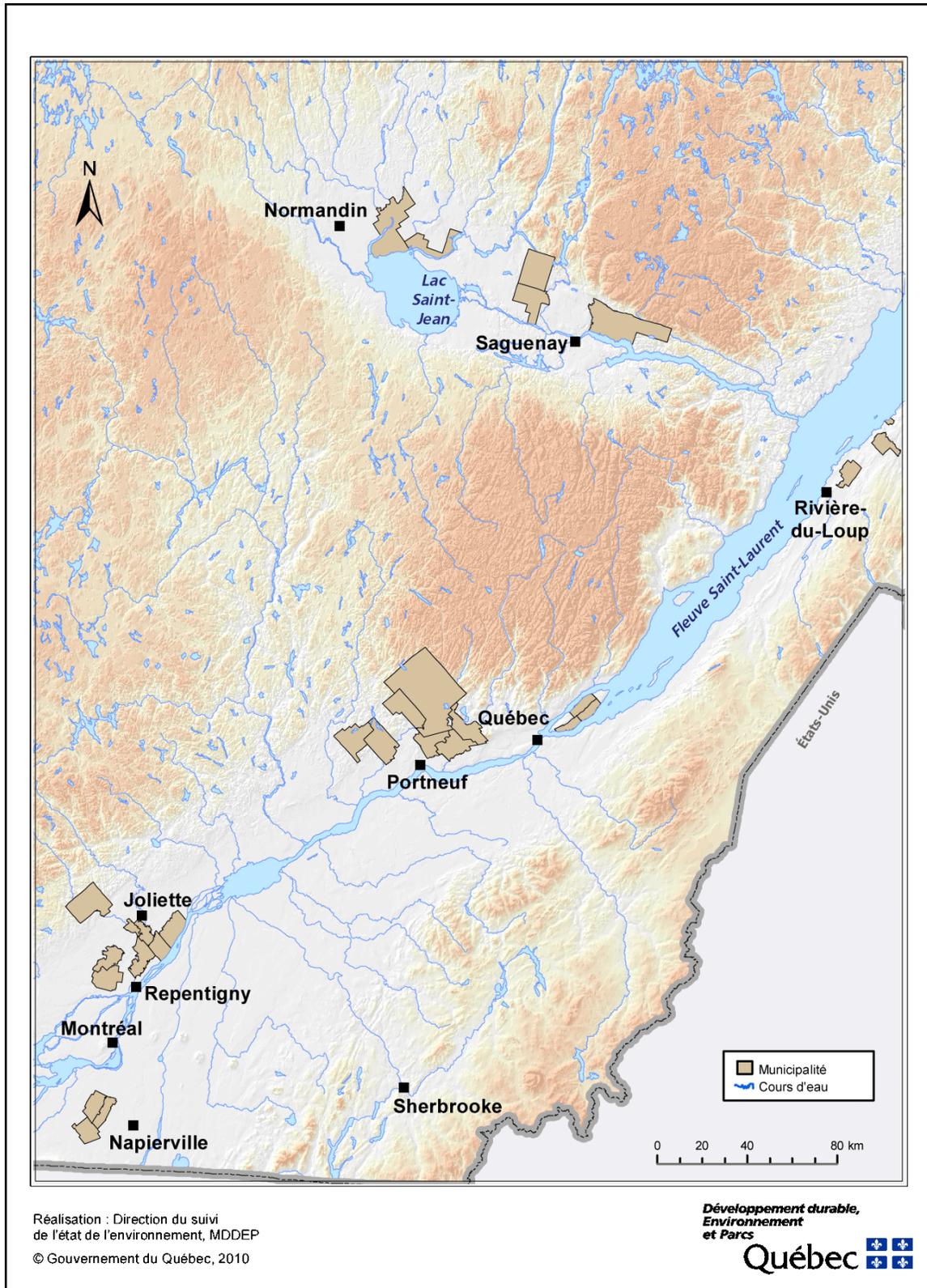


Figure 2 Répartition des municipalités où des puits individuels ont été échantillonnés

En 2008, des échantillons ont été prélevés pour effectuer quatre analyses : une analyse pour les nitrites-nitrates et trois balayages ou groupes de pesticides : OPS, imidaclopride et autres, diquat et paraquat (tableau 5). En 2008, à la suite d'un développement analytique effectué par le CEAEQ, pour les besoins du programme d'échantillonnage, cinq nouvelles substances ont été ajoutées au balayage pour l'imidaclopride. Il s'agit des insecticides thiaméthoxame et acétamipride et des fongicides azoxystrobine et fénamidone, de même qu'un métabolite du fénamidone. La description des méthodes d'analyse est présentée à l'annexe 3. Des bouteilles de verre de 500 ml sont utilisées pour l'analyse OPS, une bouteille de verre de 250 ml est utilisée pour l'imidaclopride et autres produits et une bouteille de plastique de 250 ml est employée pour le diquat et le paraquat. Une bouteille de plastique de 50 ml contenant une petite quantité d'acide sulfurique est utilisée pour l'analyse des nitrites-nitrates. En 2009, les mêmes analyses ont été faites à nouveau, à l'exception du diquat et du paraquat. Les analyses ont été réalisées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ).

Tableau 5 Pesticides analysés et limites de détection

Pesticides		Limite de détection µg/l	Pesticides		Limite de détection µg/l
Nom	Type		Nom	Type	
OPS			AUTRES PESTICIDES		
Atrazine	H	0,02	Imidaclopride	I	0,001
<i>Dééthyl-atrazine</i>	M	0,03	<i>l-urée</i>	M	0,0009
<i>Désisopropyle-atrazine</i>	M	0,03	<i>l-guanidine</i>	M	0,00097
Azinphos-méthyl	I	0,2	<i>l-oléfine</i>	M	0,00085
Bendiocarbe	I	0,05	Thiamethoxame	I	0,001
Butilate	H	0,02	Acetamiprid	I	0,001
Carbaryl	I	0,07	Fenamidone	F	0,001
<i>1-naphtol</i>	M	0,03	<i>Fenamidone metabolite</i>	M	0,001
Carbofuran	I	0,09	Azoxystrobine	F	0,001
Chlorfenvinphos	I	0,05	Diquat	H	0,13
Chlorothalonil	F	0,05	Paraquat	H	0,1
Chloroxuron	H	0,13			
Chlorpyrifos	I	0,03			
Cyanazine	H	0,05			
Diazinon	I	0,02			
Dichlorvos	I	0,03			
Diméthénamide	H	0,03	AUTRES PARAMÈTRES		
Diméthoate	I	0,04			
Disulfoton	I	0,03	Nitrites-nitrates		0,02 mg/l N
Diuron	H	0,24			
EPTC	H	0,02			
Fénitrothion	I	0,03			
Fonofos	I	0,02			
Linuron	H	0,07			
Malathion	I	0,02			
Méthidathion	I	0,02			
Métolachlore	H	0,01			
Métribuzine	H	0,02			
Mévinphos	I	0,03			
Myclobutanil	F	0,05			
Parathion	I	0,02			
Parathion-méthyl	I	0,03			
Phorate	I	0,03			
Phosalone	I	0,04			
Simazine	H	0,02			
Tébutiuron	H	0,29			
Terbufos	I	0,05			
Trifluraline	H	0,02			

H : herbicide I : insecticide F : fongicide B : biocide M : métabolite

Les échantillons sont prélevés au robinet d'eau froide de la résidence desservie par le puits. Avant de prélever l'échantillon, on laisse couler l'eau pendant 5 minutes de façon à prélever de l'eau fraîchement pompée et non de l'eau qui aurait séjourné dans les tuyaux.

Pour chaque puits échantillonné, on recueille les informations concernant l'emplacement, les caractéristiques du puits, et, pour les puits de producteurs, certains renseignements agronomiques (pesticides utilisés dans les champs voisins du puits, culture de rotation, pourcentage de matière organique du sol). Ces informations sont présentées à l'annexe 2.

1.1. Caractéristiques des puits échantillonnés

Les informations recueillies pour chaque puits sont présentées à l'annexe 2. Parmi les 77 puits échantillonnés, 36 (47 %) sont des puits de type citerne de large diamètre en béton ou en ciment; et 32 (41 %) sont des puits tubulaires de faible diamètre (15 cm ou moins) faits d'un tuyau métallique souvent en acier galvanisé avec une crépine en profondeur. Deux puits étaient des tuyaux depolychlorure de vinyle (PVC). Pour les 7 autres, le propriétaire n'était pas en mesure de préciser le type d'installation. La plupart des puits, soit 51 (66 %), ont une profondeur de 9 mètres ou moins (tableau 6).



Tableau 6 Profondeur des puits échantillonnés

Profondeur	Nombre de puits
0 à 9 mètres	51
10 à 50 mètres	12
51 mètres et plus	7
Profondeur inconnue	7
Total	77

La plupart des puits échantillonnés servent pour l'alimentation en eau domestique. Toutefois, plusieurs des puits déjà investigués dans le passé, qui indiquaient la présence de concentrations élevées de nitrates, ne sont pas utilisés pour l'alimentation en eau potable. En plus d'être utilisés pour l'approvisionnement domestique, certains d'entre eux servent aussi à des usages agricoles, tels que le lavage des pommes de terre (4 puits), le remplissage des pulvérisateurs lors de la préparation des mélanges de pesticides (7 puits), l'irrigation (1 puits) ou l'abreuvement des animaux de ferme (3 puits).

La plupart des puits échantillonnés (61 puits) n'ont pas de système de traitement d'eau. Seulement 15 puits disposaient d'un système de traitement. Mais ces systèmes ne sont pas nécessairement efficaces pour retenir les pesticides ou les nitrates.

Sans qu'une distance précise ait été établie au préalable, le critère de base pour sélectionner un puits pour l'échantillonnage était que celui-ci devait être situé relativement près de champs de pommes de terre. L'inventaire des informations recueillies auprès des participants montre que 36 puits sur 77, soit 47 % des puits échantillonnés, sont situés à 30,5 mètres et moins des champs de pommes de terre (tableau 7).

Tableau 7 Distance entre les puits échantillonnés et les champs traités

Distance ¹	Nombre de puits
0 à 30,5 mètres	36
31 à 50 mètres	15
51 à 100 mètres	13
101 mètres et plus	12
Pas d'information	1
Total	77



Photos : Sylvie Legendre, MDDEP

¹ L'information sur la distance entre les puits et les champs de pommes de terre est présentée à titre indicatif seulement et comporte une certaine imprécision. En effet, la culture de la pomme de terre est pratiquée en rotation avec d'autres cultures comme l'avoine, l'orge ou le maïs. À cause de ces rotations, la pomme de terre n'était pas nécessairement la culture la plus proche du puits en 2008.

2. RÉSULTATS

2.1. Résultats généraux pour les pesticides et les nitrates

Les résultats indiquent que des pesticides sont détectés à de faibles concentrations dans 53 des 77 puits échantillonnés, soit dans 69 % des puits échantillonnés. Les concentrations de nitrates sont supérieures à 5 mg/l dans 72 % des puits échantillonnés et supérieures à la norme de 10 mg/l dans 40 % des cas. Les résultats complets pour chacun des puits sont présentés à l'annexe 4.

Tableau 8 Nombre de puits avec présence de pesticides et de nitrates en 2008

Région	Total puits échantillonnés	Puits de producteurs	Puits avec présence de pesticides	Nitrates de 5 à 9 mg/L	Nitrates ≥ 10 mg/L
Bas-Saint-Laurent	3	3	1	2	0
Saguenay-Lac-Saint-Jean	15	9	14	9	4
Capitale-Nationale	33	7	26	9	19
Lanaudière	21	13	10	5	8
Montérégie	5	4	2	0	0
Total	77	34 (44 %)	53 (69 %)	25 (32 %)	31 (40 %)

Tableau 9 Principaux pesticides détectés et concentrations maximales mesurées en 2008-2009

Pesticides	Nombre de puits	Proportion (%)	Concentration maximale (µg/l)	Norme eau potable (µg/l)
INSECTICIDES				
Imidaclopride et/ou métab.	47	61	-	-
Imidaclopride	44	57	6,1	-
<i>I-urée</i>	31	40	0,065	.
<i>I-guanidine</i>	40	52	0,13	.
<i>I-oléfine</i>	3	4	0,004	.
Thiaméthoxame	6	8	0,83	-
Clothianidine	3	4	0,059	-
HERBICIDES OU DÉFANANTS				
Métribuzine	23	30	2,5	80
Diquat	19	25	3,1	70
Paraquat	11	14	2,3	10
Atrazine	8	10	0,08	5*
DEA	5	6	0,14	-
Métolachlore	4	4	1,4	50
Diméthénamide	3	4	0,08	-
Linuron	2	2	1,1	-
FONGICIDES				
Azoxystrobine	12	15	0,018	-
Fenamidone	3	4	0,024	-

* La norme est pour la somme de l'atrazine et ses produits de dégradation.

Parmi les 77 puits échantillonnés, 61 % ont montré la présence de l'insecticide imidaclopride ou de l'un de ses produits de dégradation, 30 % ont montré la présence de l'herbicide métribuzine. Le quart des puits échantillonnés montraient la présence de diquat. Plusieurs autres produits comme les herbicides paraquat, atrazine, métolachlore et diméthénamide, l'insecticide thiaméthoxame et les fongicides azoxystrobine et fenamidone, ont aussi été détectés, mais à une fréquence moindre. L'atrazine, le métolachlore et le diméthénamide sont probablement associés à la culture du maïs pratiquée soit dans le voisinage, soit en rotation avec la pomme de terre.

D'après l'inventaire effectué auprès des producteurs qui ont participé au projet, le linuron serait l'un des herbicides les plus utilisés. Mais ce produit n'a été détecté que dans deux puits seulement. Les propriétés du linuron expliquent qu'il est peut-être davantage retenu dans les couches superficielles du sol. Ainsi la constante d'adsorption (K_{oc}) du linuron est de 496 ce qui le classe comme un produit modérément adsorbé aux particules du sol. En comparaison, l'herbicide métribuzine, avec une valeur de K_{oc} de 52, se classe parmi les produits faiblement adsorbés, donc plus susceptibles d'être lessivés vers les couches profondes du sol. Les deux puits où le linuron a été détecté sont d'ailleurs des puits utilisés entre autres pour le remplissage du pulvérisateur.

La figure 3 montre l'emplacement général des puits où des pesticides ont été détectés dans différentes régions du Québec et la figure 4 montre plus spécifiquement la région de Portneuf, seule région, parmi celles qui ont été échantillonnées, pour laquelle on dispose d'une représentation de la vulnérabilité des eaux souterraines évaluée à l'aide de l'indice DRASTIC. La figure montre que les puits échantillonnés sont situés dans des zones où la vulnérabilité est relativement élevée (indice DRASTIC entre 160 et 179).

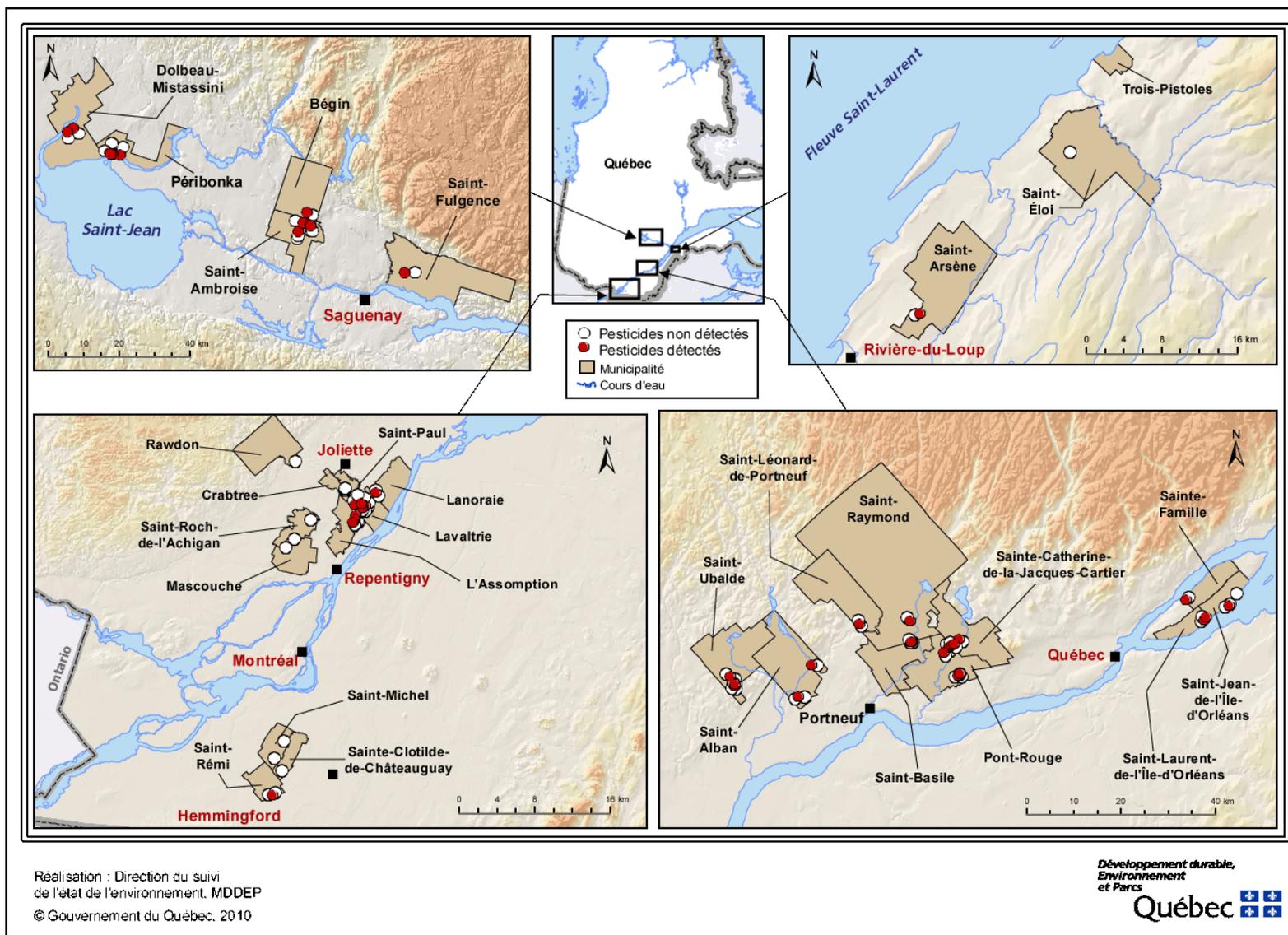


Figure 3 Puits où des pesticides ont été détectés dans différentes régions du Québec

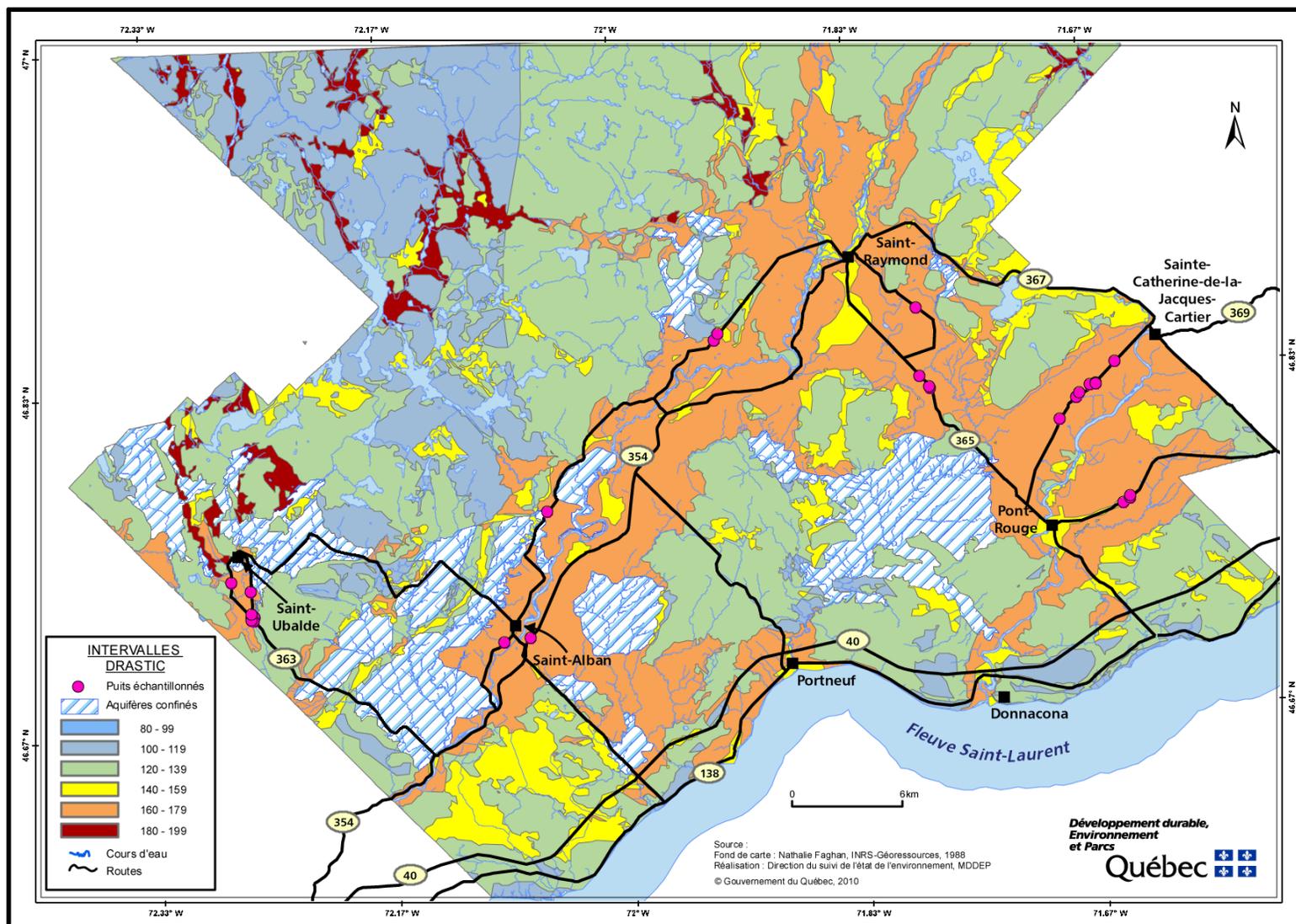


Figure 4 Vulnérabilité de l'eau souterraine et puits où des pesticides ont été détectés dans la région de Portneuf

2.2. Comparaison avec les normes d'eau potable

Pesticides

Aucun des pesticides détectés ne dépasse les normes d'eau potable. On ne dispose pas à l'heure actuelle de norme officielle canadienne pour la présence de l'imidaclopride dans l'eau potable. Toutefois, certaines valeurs guides ont été publiées ailleurs et nous donnent une idée de l'ordre de grandeur des concentrations d'imidaclopride qui pourraient présenter un risque. Ainsi, le Vermont propose une valeur de 93 µg/l (Vermont Health Advisory). De son côté, la United States Environmental Protection Agency (USEPA) propose une valeur de 399 µg/l pour l'imidaclopride (Health Advisory Level - HAL). Dans la présente étude, même la concentration maximale mesurée de 6,1 µg/l est largement en deçà de ces valeurs guides.

Les valeurs maximales pour le métribuzine et le diquat, respectent largement les normes établies pour ces deux produits. Il n'y a pas de norme d'eau potable ou de valeur guide pour le linuron, l'azoxystrobine, le thiaméthoxame et le fénamidone.

Nitrates

Parmi les 77 puits échantillonnés, 31 (40 %) montrent des concentrations de nitrates supérieures à la norme de 10 mg/l N-NO₃ pour l'eau potable. La présence de concentrations élevées de nitrates dans l'eau souterraine de ces secteurs est un problème connu depuis longtemps et déjà démontré par nos études précédentes. Cette étude nous a permis de constater que la situation des concentrations de nitrates n'a pas beaucoup changé depuis la campagne d'échantillonnage précédente où les résultats indiquaient une proportion de 42 % des puits avec des concentrations supérieures à 10 mg/l N-NO₃. Quelques puits montrent des augmentations et d'autres des diminutions, mais, pour la plupart, les concentrations de nitrates demeurent élevées. Habituellement, les personnes desservies par les puits qui présentent des teneurs élevées en nitrates n'utilisent pas l'eau pour la consommation, mais plutôt pour les autres besoins domestiques (toilette, lavage, arrosage, etc.).

La présence de concentrations élevées de nitrates dans l'eau potable peut causer l'apparition de la méthémoglobinémie (Phaneuf *et al*, 2004). La norme québécoise pour les nitrates-nitrites dans l'eau potable est fixée à 10 mg/l N-NO₃. Cette norme vise tout particulièrement à protéger les nourrissons de moins de trois mois. Les nourrissons sont particulièrement sensibles à l'action des nitrates. Les nitrates peuvent se transformer en nitrites dans l'organisme. Les nitrites ainsi formés peuvent, en se fixant au fer de l'hémoglobine, réduire la capacité de celle-ci à transporter l'oxygène, des poumons à la circulation sanguine; il est alors question de méthémoglobinémie. Des problèmes respiratoires et neurologiques peuvent alors se manifester et entraîner la mort dans les cas sévères. Les femmes enceintes sont aussi sensibles à l'action des nitrates. La norme pour les nitrates dans l'eau potable s'applique également à la population en général compte tenu des incertitudes associées aux autres effets potentiels des nitrates sur la santé, par exemple le développement de certains types de cancer (Groupe scientifique sur l'eau, 2003).

2.3. Comparaison avec les critères pour l'irrigation des cultures

Des critères ont été établis par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2010) concernant la présence de pesticides dans les eaux d'irrigation. Ces critères sont disponibles pour quelques produits seulement. Tous les pesticides détectés lors de notre étude n'ont pas fait l'objet de tels critères. Parmi les échantillons prélevés, 8 % (6 échantillons sur 77) dépassent le critère d'irrigation des cultures en raison de concentrations de métribuzine supérieures à 0,5 µg/l. Si l'eau de ces quelques puits était utilisée pour l'irrigation, certaines cultures sensibles pourraient en être affectées. Toutefois, de tels usages n'ont pas été rapportés pour les puits en question. Par ailleurs, les concentrations de nitrates, même les plus élevées, respectent le critère de 200 µg/l fixé pour les eaux d'irrigation.

2.4. Présence simultanée de plusieurs pesticides

En plus de la présence de nitrates, les puits sont souvent exposés à la présence de plus d'un pesticide à la fois. En effet, parmi les 77 puits échantillonnés en 2008, la moitié (39 puits) montrent la présence de deux pesticides ou plus en même temps. Par contre, dans près du tiers des puits, aucun pesticide n'a été détecté.

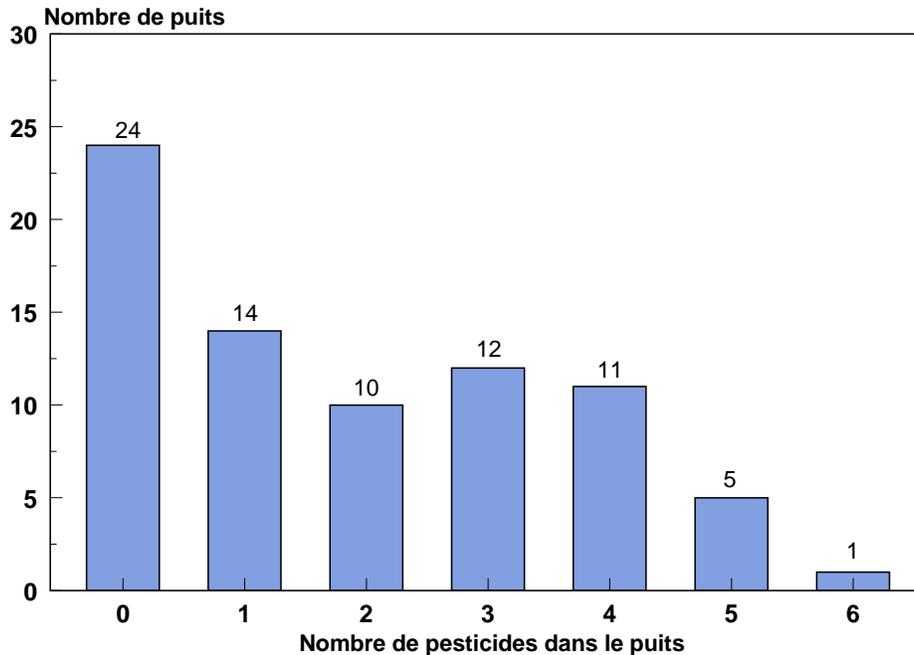


Figure 5 Nombre de pesticides détectés dans les puits échantillonnés en 2008 et 2009

3. DISCUSSION

3.1. Fluctuations des concentrations de pesticides et de nitrates au cours d'une année

Parmi les puits échantillonnés en 2008 et où des pesticides avaient été détectés, sept puits ont été sélectionnés pour être échantillonnés à six reprises en 2009. L'objectif était de vérifier si les concentrations des pesticides détectés fluctuaient durant l'année.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations de pesticides ne disparaissent pas et persistent tout au long de l'année. On note toutefois des fluctuations, attribuables aux processus qui régissent le transport des pesticides de la surface du sol vers les couches profondes (ex. : lessivage, adsorption aux particules du sol) ou encore à la dilution liée à l'apport en eau vers l'aquifère lors des périodes de recharge (pluies, fontes de neige). Les profils de concentrations de pesticides dans l'eau souterraine sont différents d'un pesticide à l'autre et ne suivent pas nécessairement la courbe de concentrations des nitrates.

La figure 6 montre les fluctuations des concentrations de l'imidaclopride, du métribuzine et des nitrates pour les sept puits échantillonnés. Les concentrations d'imidaclopride fluctuent peu pour cinq des sept puits (écart-type variant de 0,07 à 0,29 µg/l). Pour les deux autres puits, l'écart-type est un peu plus élevé, soit d'environ 2 µg/l. Pour le métribuzine l'écart-type varie de 0,03 à 0,23 µg/l. Pour les nitrates, l'écart-type varie de 1,1 à 5,9 mg/l N-NO₃.

Les figures 7 à 13 montrent les concentrations mesurées en 2008 et l'évolution des concentrations de pesticides et de nitrates au cours de l'année 2009 pour ces sept puits. Les deux puits échantillonnés au Saguenay-Lac-Saint-Jean montrent un profil qui diffère des cinq autres puits. En effet, les concentrations mesurées en novembre 2008 sont les plus élevées parmi toutes les concentrations mesurées ailleurs au Québec et présentent une variation relativement élevée par rapport aux concentrations mesurées par la suite en 2009. Les causes de ces valeurs élevées sont probablement multiples et n'ont pas pu être précisées.

Considérations sur le moment propice pour l'échantillonnage

Vu le coût élevé des analyses de pesticides, un seul ou parfois deux échantillons par année sont habituellement prélevés pour chaque puits à l'étude afin de documenter la présence de pesticides. Historiquement, les échantillons étaient prélevés à l'automne sur la base de l'hypothèse qu'à cette période de l'année les concentrations étaient susceptibles d'être plus élevées. Bien sûr, les pesticides sont appliqués dans les champs pendant l'été, mais au cours de l'automne, les pluies reçues ne sont plus retenues par les cultures qui ont été récoltées et sont donc plus susceptibles de migrer vers les eaux souterraines, entraînant avec elles les résidus de pesticides encore présents dans les couches superficielles du sol. Un des objectifs de l'étude était de vérifier la période de l'année où les concentrations de pesticides sont les plus élevées.

Sur la base des résultats obtenus pour la série de prélèvements effectués en 2009 dans les sept puits sélectionnés, aucune tendance précise ne se dessine ni pour l'imidaclopride, le métribuzine ou les autres pesticides, ni pour les nitrates, les valeurs maximales étant observées à divers moments de l'année. Les pointes les plus élevées varient d'un produit à l'autre et d'un puits à l'autre. Toutefois, pour six de ces sept puits échantillonnés en 2008 et en 2009, notons que la valeur la plus élevée mesurée pour l'imidaclopride a été enregistrée en novembre 2008.

La comparaison des courbes de concentrations de pesticides avec l'histogramme des événements de pluie ne permet pas non plus de faire ressortir de tendance claire. Bien que l'on sache qu'un lien existe, chaque pesticide et chaque puits semblent réagir différemment et aucune tendance claire ou de lien direct n'apparaît entre le total mensuel des pluies et l'importance des concentrations de pesticides mesurées le même mois ou durant les mois consécutifs aux épisodes de pluie. À partir des résultats obtenus pour les divers pesticides décelés, il est donc difficile de statuer sur la période idéale pour que l'échantillonnage nous permette de faire ressortir les plus fortes concentrations. Toutefois, les profils relativement stables des concentrations pour la plupart des puits les plus à risque confirment que les pesticides devraient être décelables, quel que soit le moment de l'année.

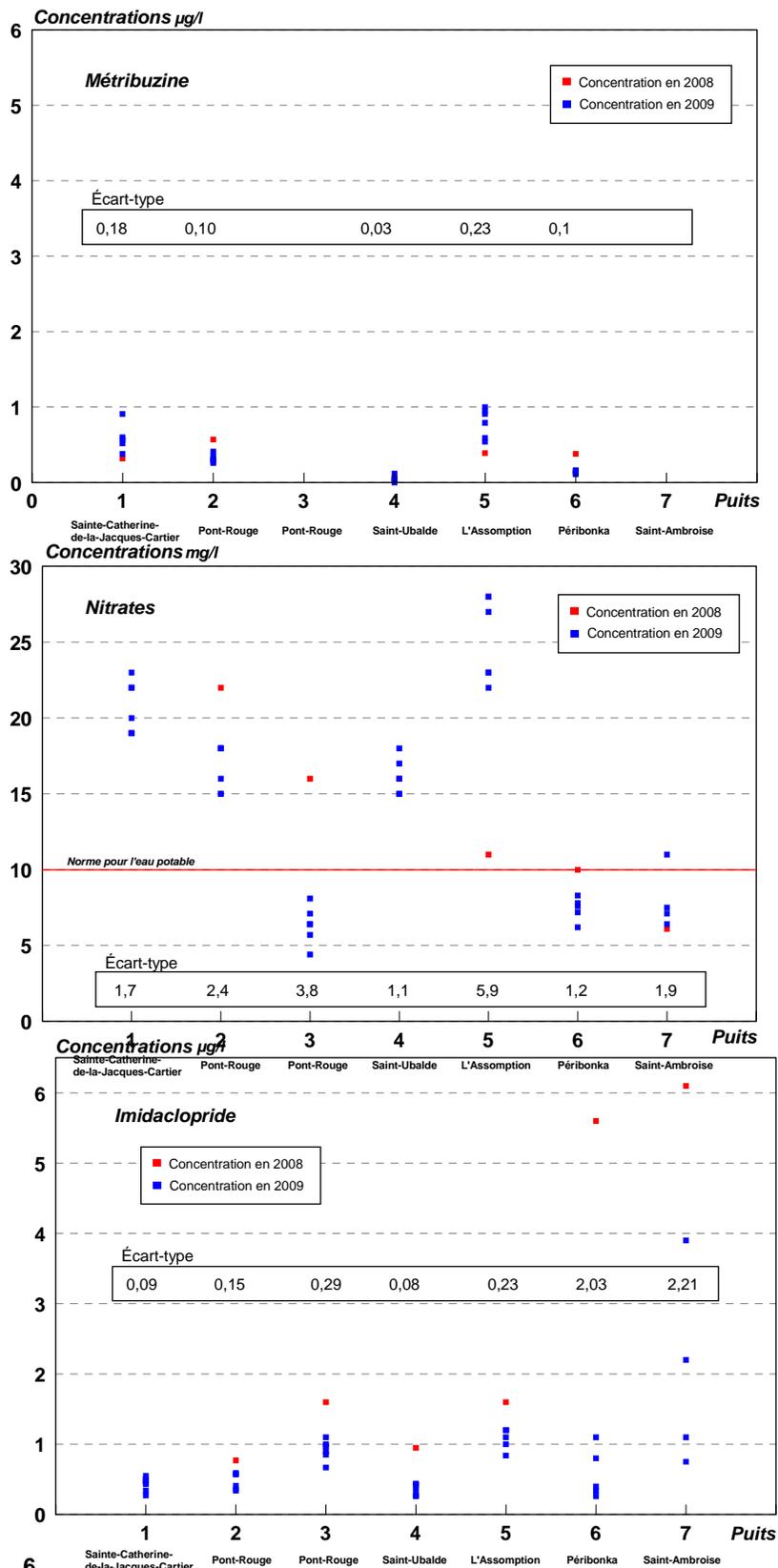


Figure 6 Fluctuations des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrates dans 7 puits

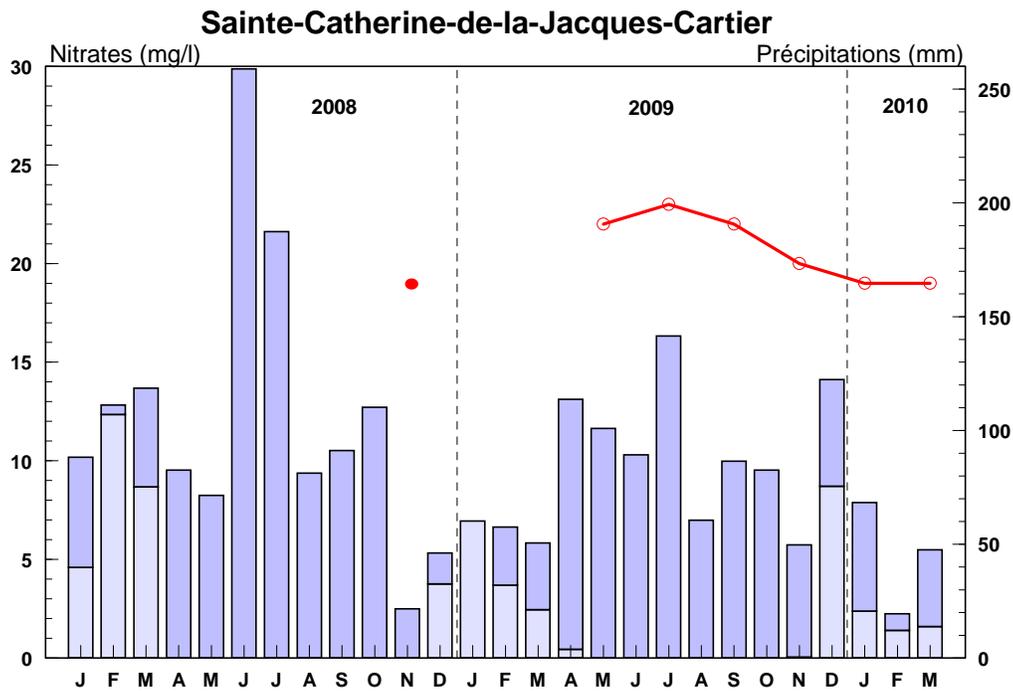
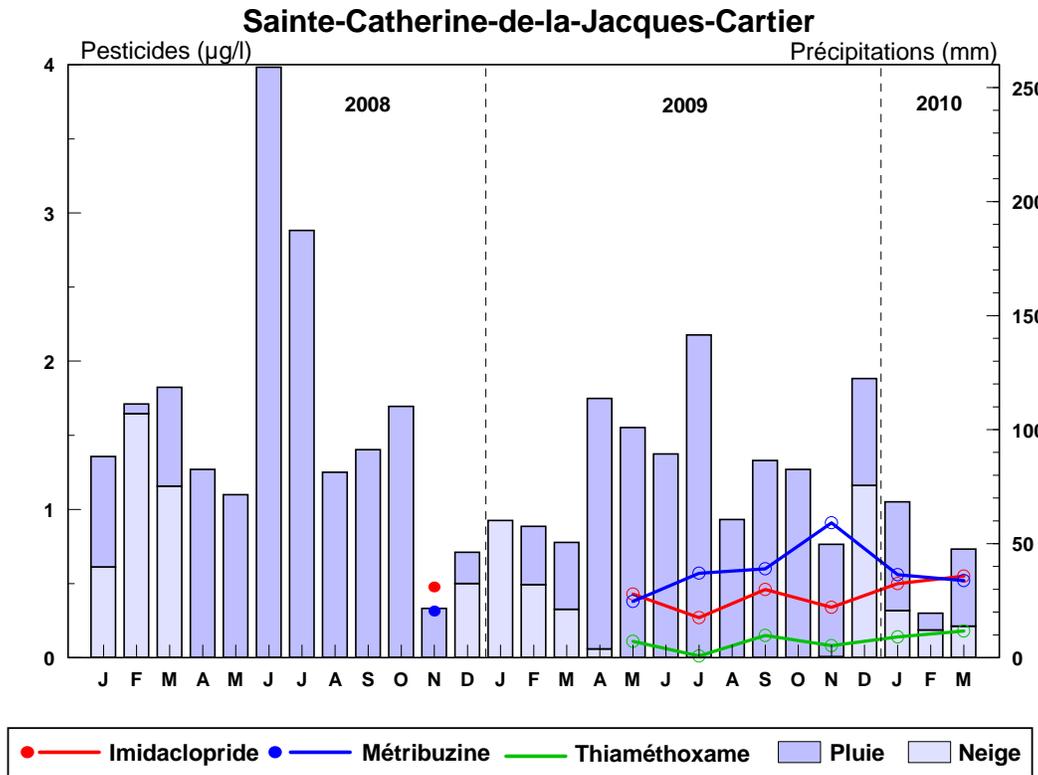


Figure 7 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 1 échantillonné à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et précipitations enregistrées à la station météorologique Catherine

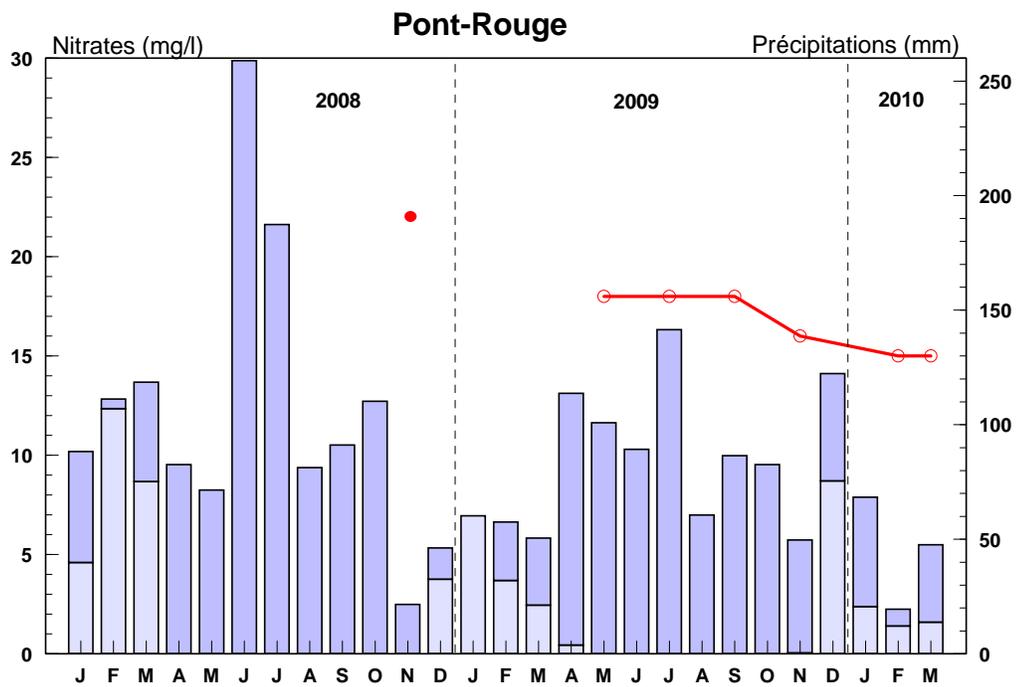
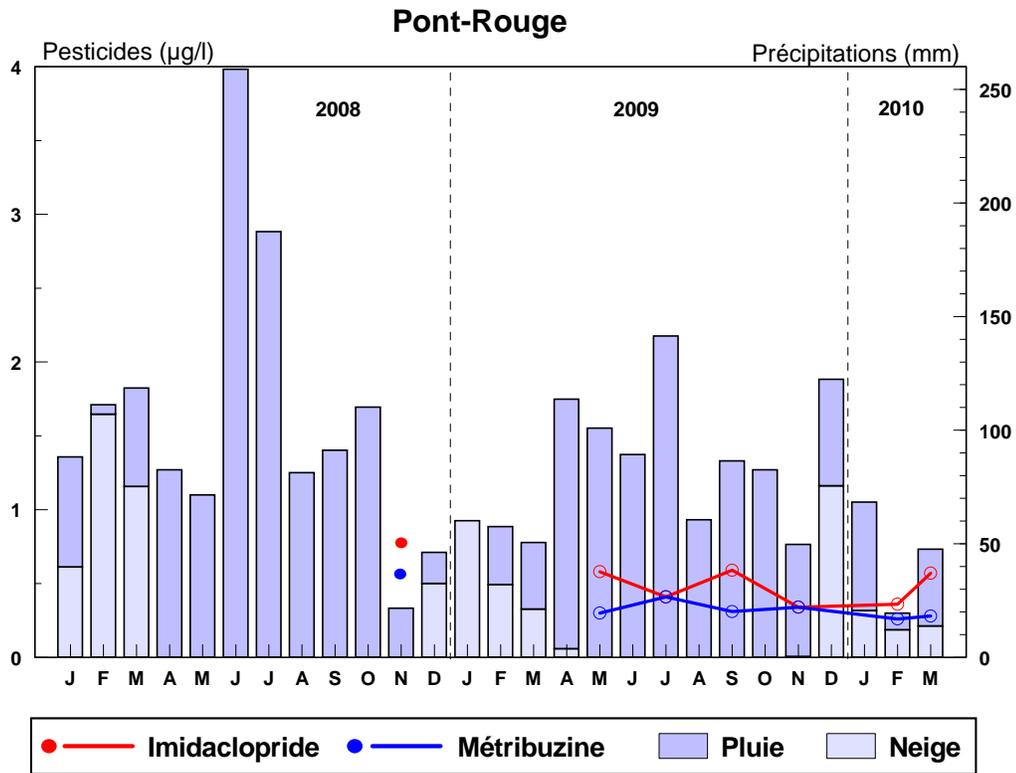


Figure 8 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 2 échantillonné à Pont-Rouge en 2009 et précipitations enregistrées à la station météorologique Catherine

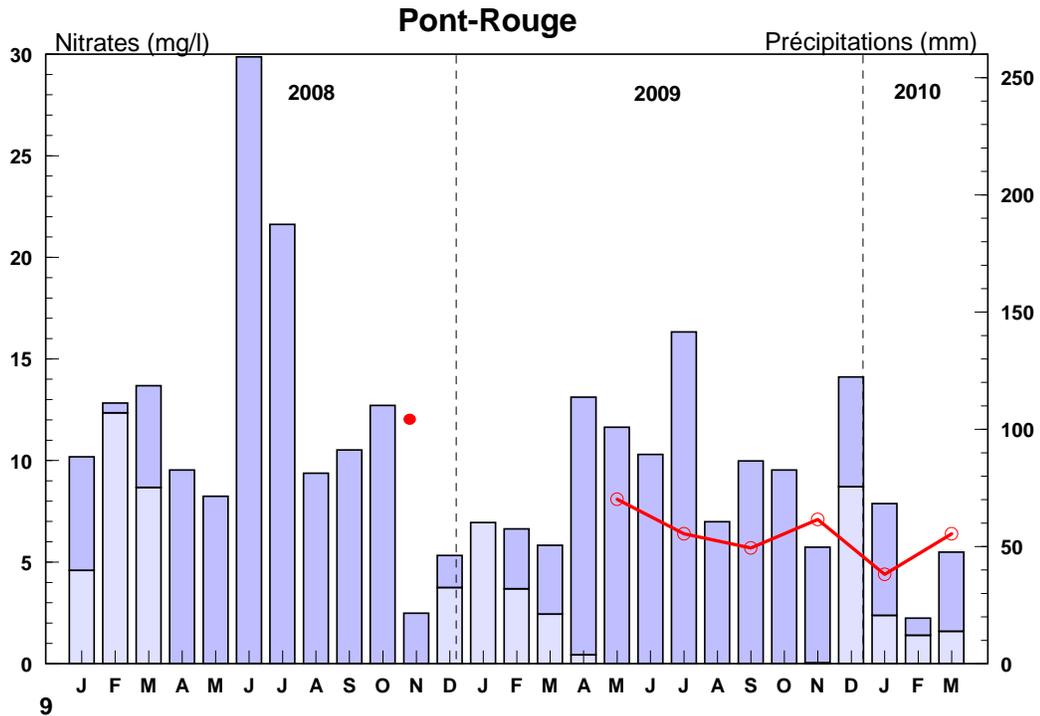
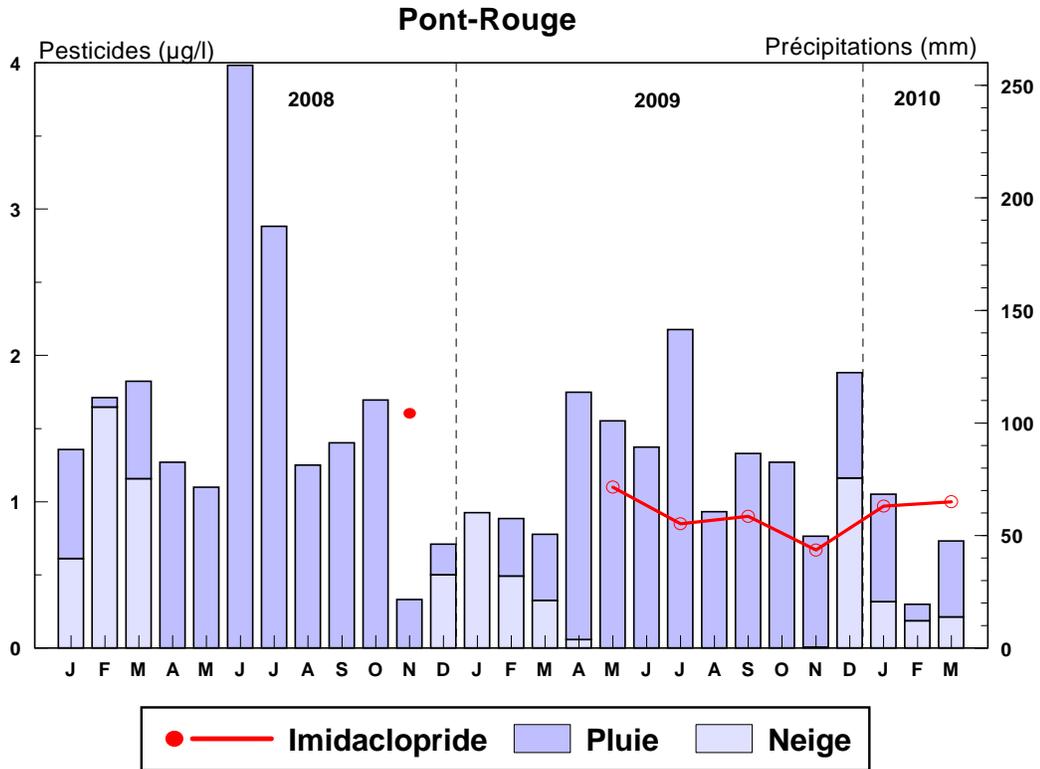


Figure 9

Concentrations c

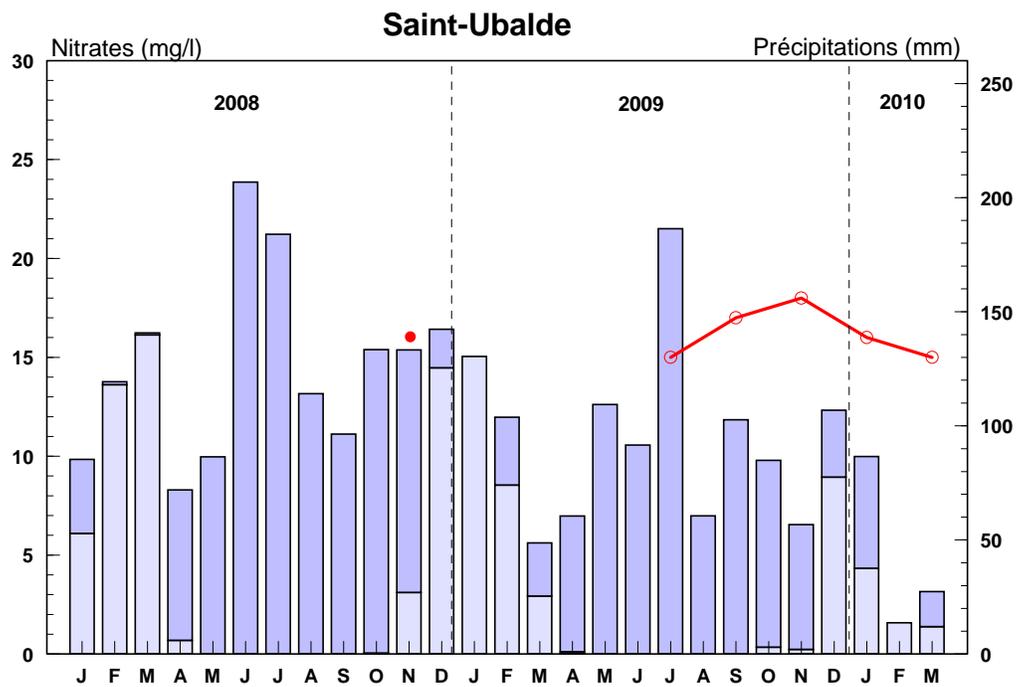
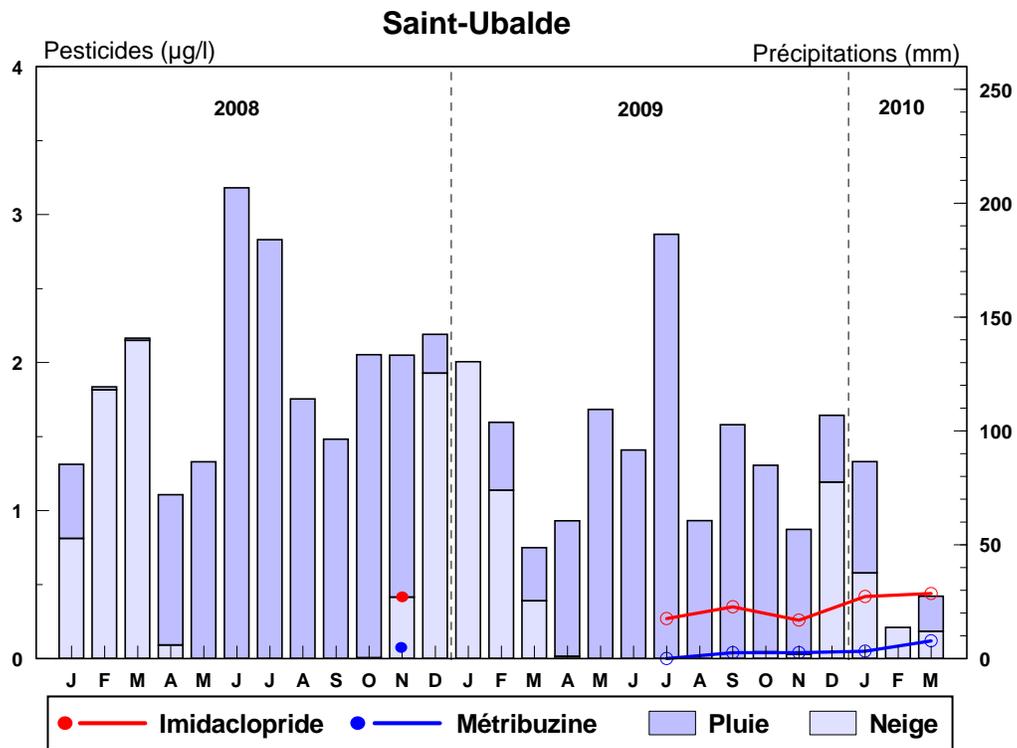


Figure 10 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 4 échantillonné à Saint-Ubalde et précipitations enregistrées à la station météorologique Saint-Alban

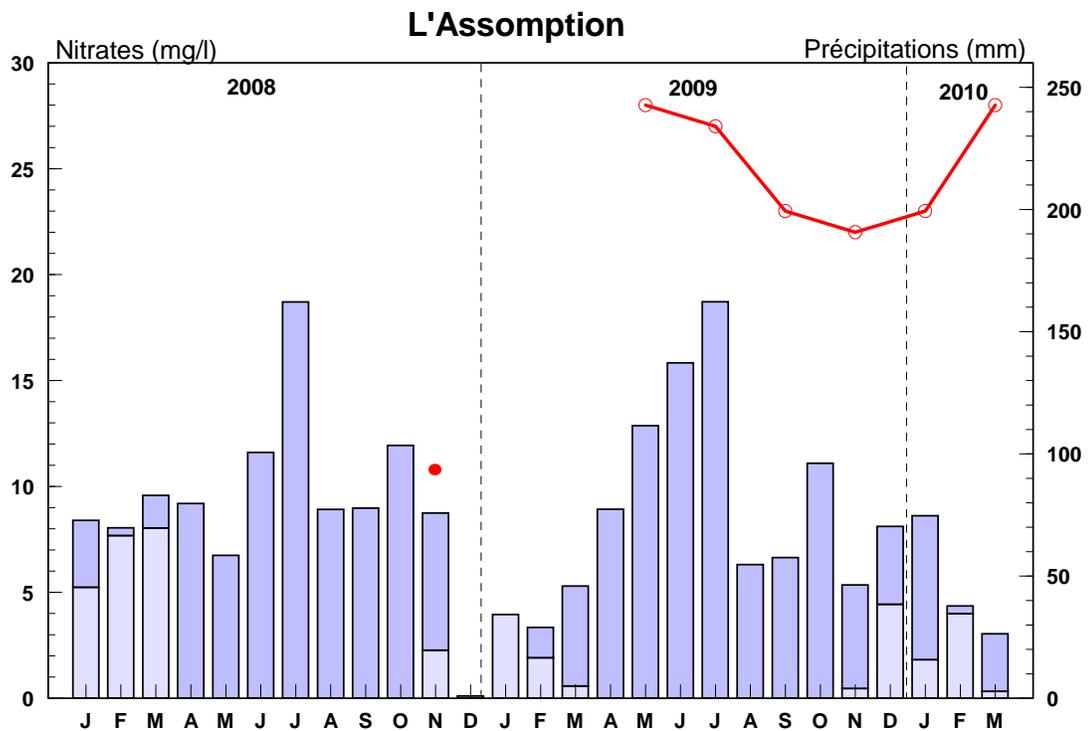
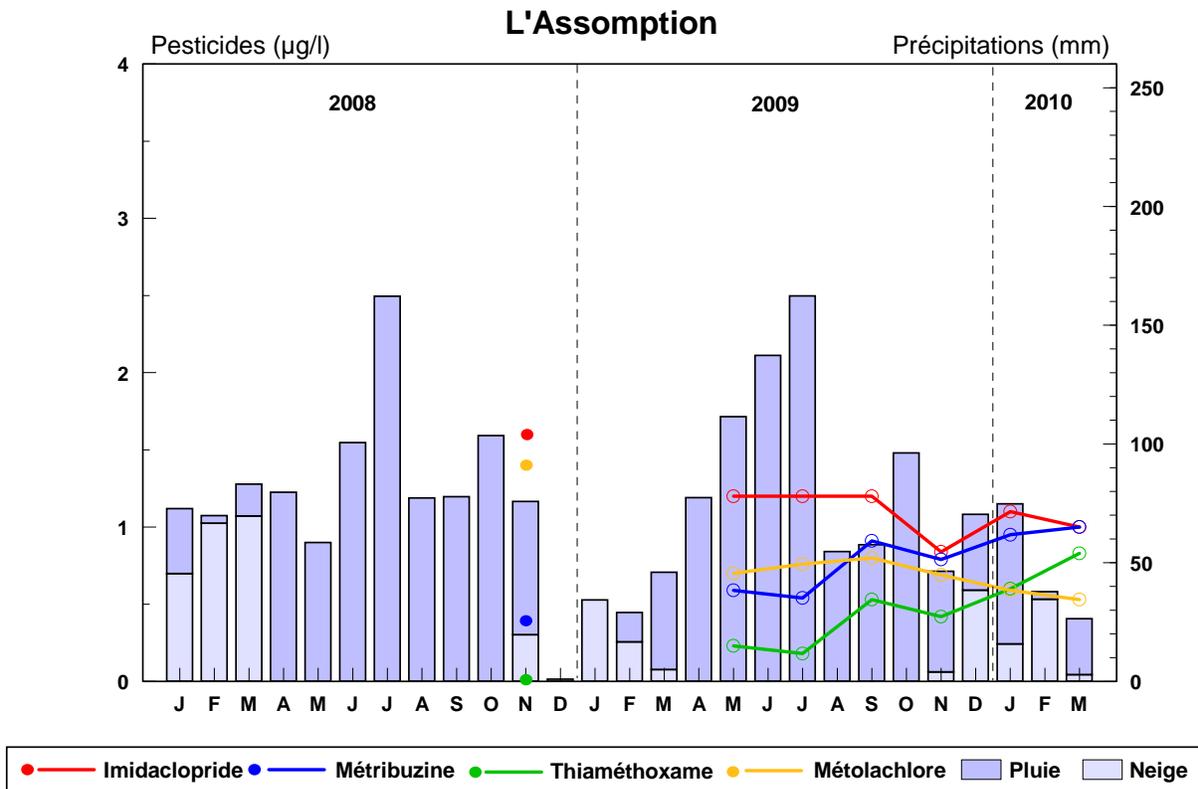


Figure 11 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 5 échantillonné à L'Assomption et précipitations enregistrées à la station météorologique Lanoraie

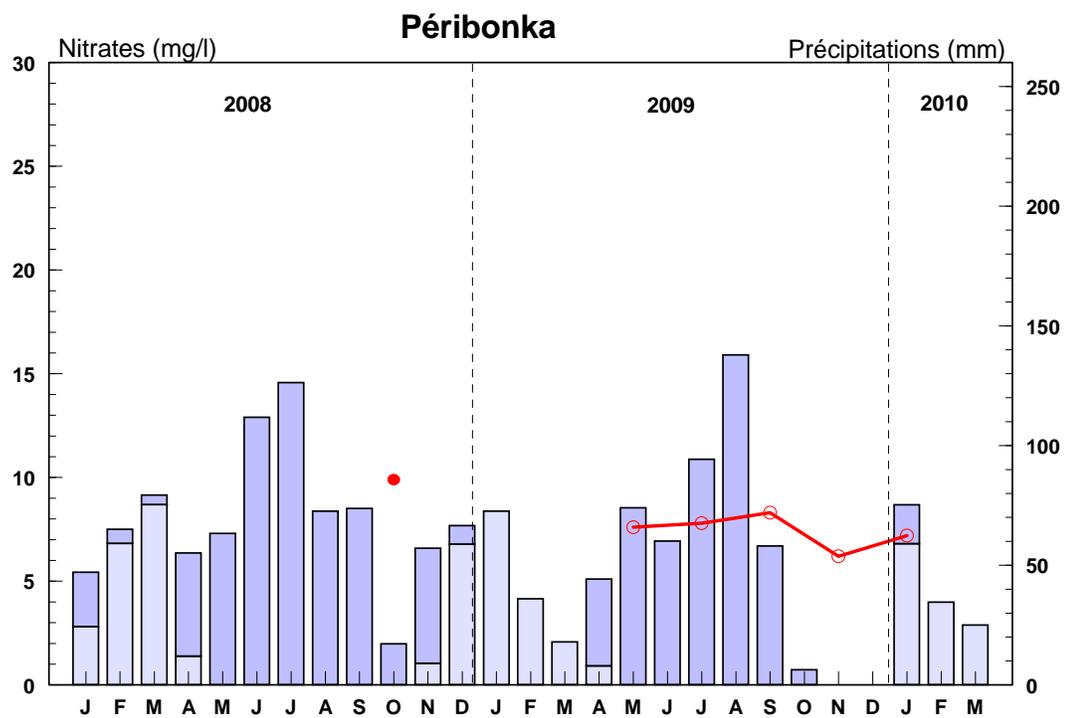
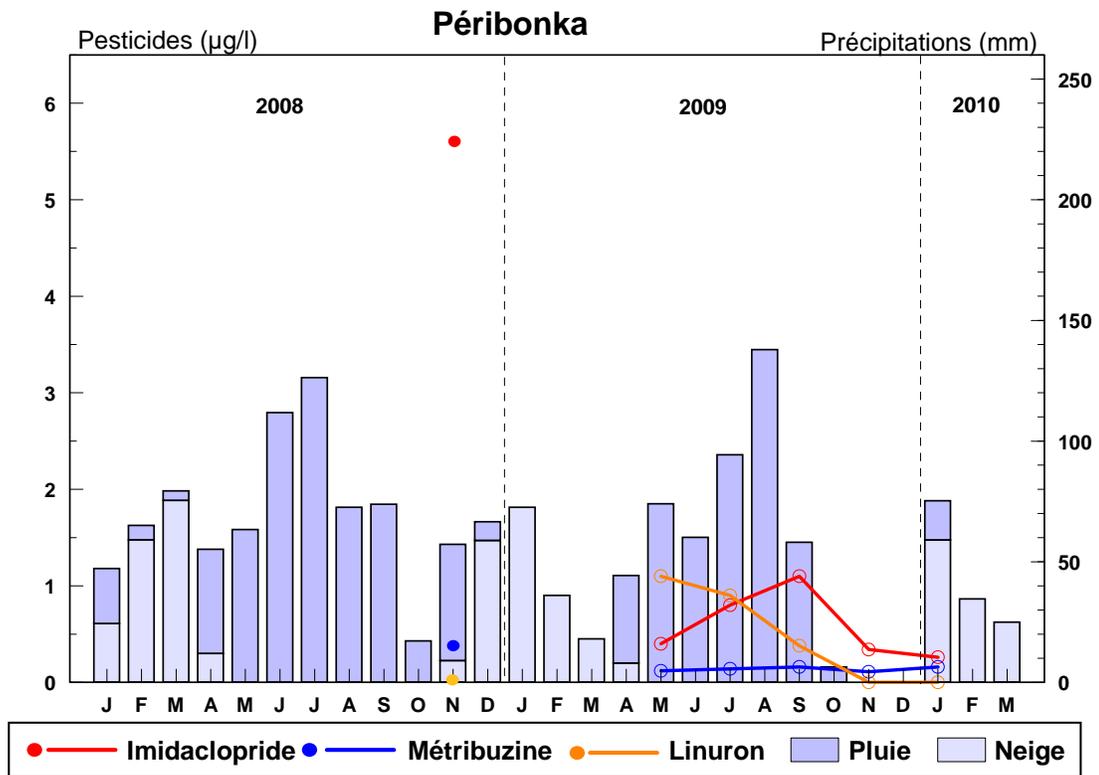


Figure 12 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 6 échantillonné à Péribonka et précipitations enregistrées à la station météorologique Péribonka

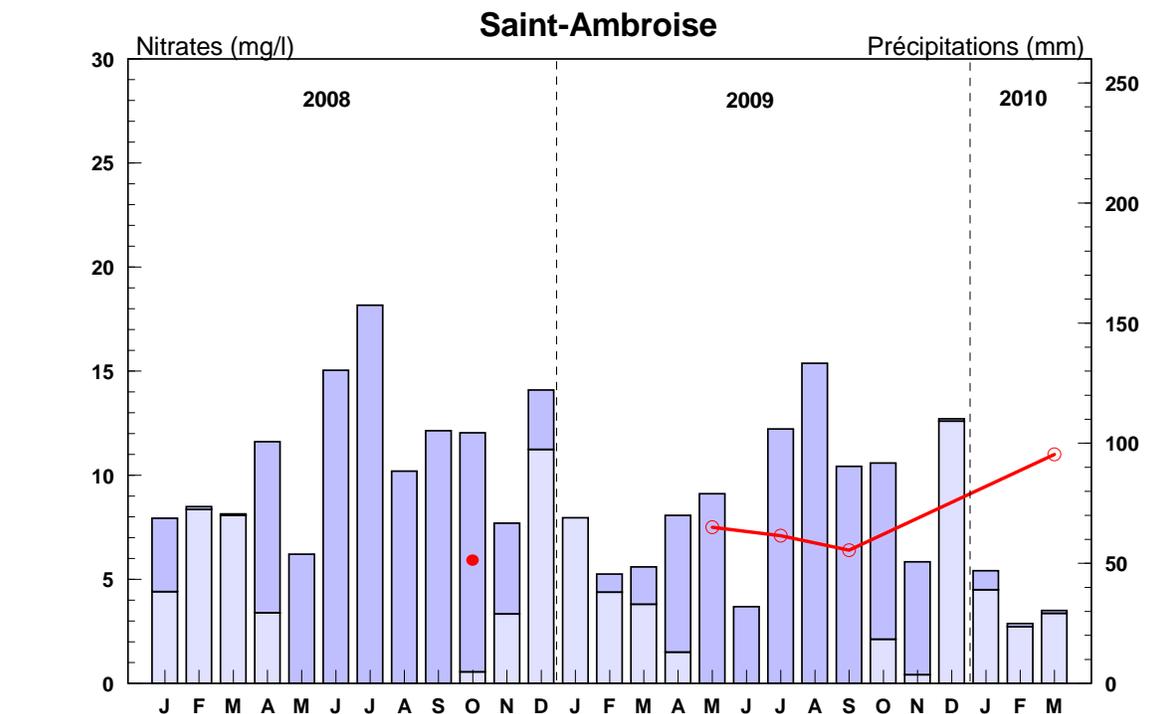
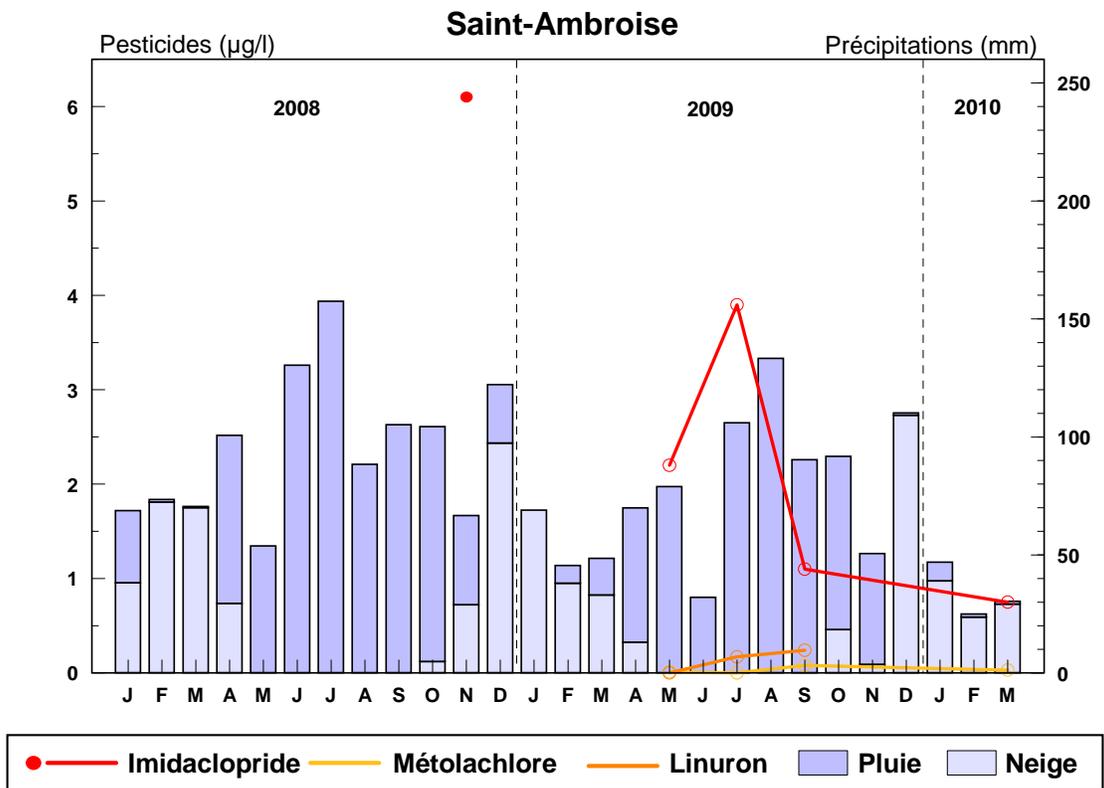


Figure 13 Concentrations de pesticides et de nitrates dans le puits 6 échantillonné à Saint-Ambroise et précipitations enregistrées à la station météorologique Saint-Ambroise

3.2. Évolution de la situation depuis 2001

De façon générale, la proportion du nombre de puits avec pesticides (69 %) a augmenté par rapport à la campagne d'échantillonnage 1999-2001 où cette proportion était de 49 %. Cette situation s'explique probablement par l'augmentation des cas de détection de l'imidaclopride, par l'ajout de plusieurs paramètres analysés (thiaméthoxame, clothianidine, azoxystrobine, fenamidone) et par l'amélioration des limites de détection pour l'analyse du diquat et du paraquat. Il est peu probable que le ratio puits de surface/puits profonds ait joué un rôle dans les cas plus nombreux de détection de pesticides en 2008-2009. En effet, pour les deux campagnes d'échantillonnage (1999 à 2001 et 2008-2009), la majorité des puits échantillonnés étaient des puits de surface de moins de 10 mètres de profondeur; ceux-ci représentaient 75 % des puits échantillonnés de 1999 à 2001 et plus de 61 % des puits échantillonnés en 2008-2009.

On détecte encore l'herbicide métribuzine dans 30 % des puits, ce qui est relativement similaire à la proportion observée au cours de la campagne 1999 à 2001 (33 %). Par contre, on note une augmentation de la proportion des puits affectés par la présence de l'insecticide imidaclopride. En effet, le produit qui était détecté dans 35 % des puits lors de la campagne précédente est maintenant détecté dans 57 % d'entre eux (ou dans 61 % si l'on tient compte de la présence de ses produits de dégradation). Comme la limite de détection de l'analyse est similaire à celle qui avait été utilisée lors de la campagne d'échantillonnage précédente, la forte augmentation des ventes du produit de 2003 à 2007 (Gorse et Rivard, 2011) pourrait expliquer cette augmentation de la fréquence de détection.

Le tableau 10 et la figure 14 montrent les tendances des concentrations pour les 25 puits échantillonnés à la fois lors de la campagne d'échantillonnage précédente (1999 à 2001) et lors de la campagne de 2008. Trente pour cent (25/77) des puits échantillonnés en 2008 avaient aussi été échantillonnés durant la période de 1999 à 2001. Pour la majorité de ceux-ci, les concentrations sont plus élevées en 2008 que pour la période 1999-2001 pour l'imidaclopride (tableau 10 et figure 14). Pour le métribuzine et les nitrates, la situation est moins claire. Dans le cas du métribuzine, le nombre de puits dont la concentration augmente est équivalent au total des puits dont la concentration diminue ou reste stable.

Pour les nitrates, les concentrations dans l'eau de plusieurs puits (8) semblent stables ou en diminution (10) par rapport à 2001. La présence d'un adoucisseur d'eau a pu contribuer à diminuer les concentrations de nitrates pour deux de ces puits (voir les résultats encadrés dans la figure 14). Malgré ces quelques améliorations, 16 des 25 puits sont encore au-dessus de la norme de 10 mg/l N-NO₃ et, pour 7 puits, les concentrations ont augmenté.

Tableau 10 Tendances des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrites-nitrates entre les périodes 1999-2001 et 2008

Nombre total puits échantillonnés en 1999-2001 et en 2008		25
Imidaclopride	Nombre de puits avec détection	20
	Apparition ou augmentation	↗ 17
	Disparition ou diminution	↘ 2
	Stable	1
Métribuzine	Nombre de puits avec détection	18
	Apparition ou augmentation	↗ 9
	Disparition ou diminution	↘ 5
	Stable	4
NO₂-NO₃	Nombre de puits avec détection	25
	Augmentation	↗ 7
	Diminution	↘ 10
	Stable	8

La campagne d'échantillonnage 2008-2009 fait aussi ressortir que plusieurs pesticides d'usage plus récent, utilisés depuis le milieu des années 2000, sont maintenant détectés en faibles concentrations dans l'eau souterraine. C'est le cas des fongicides azoxystrobine (QUADRIS) et fenamidone (REASON) et des insecticides thiaméthoxame (ACTARA) et clothianidine (TITAN,

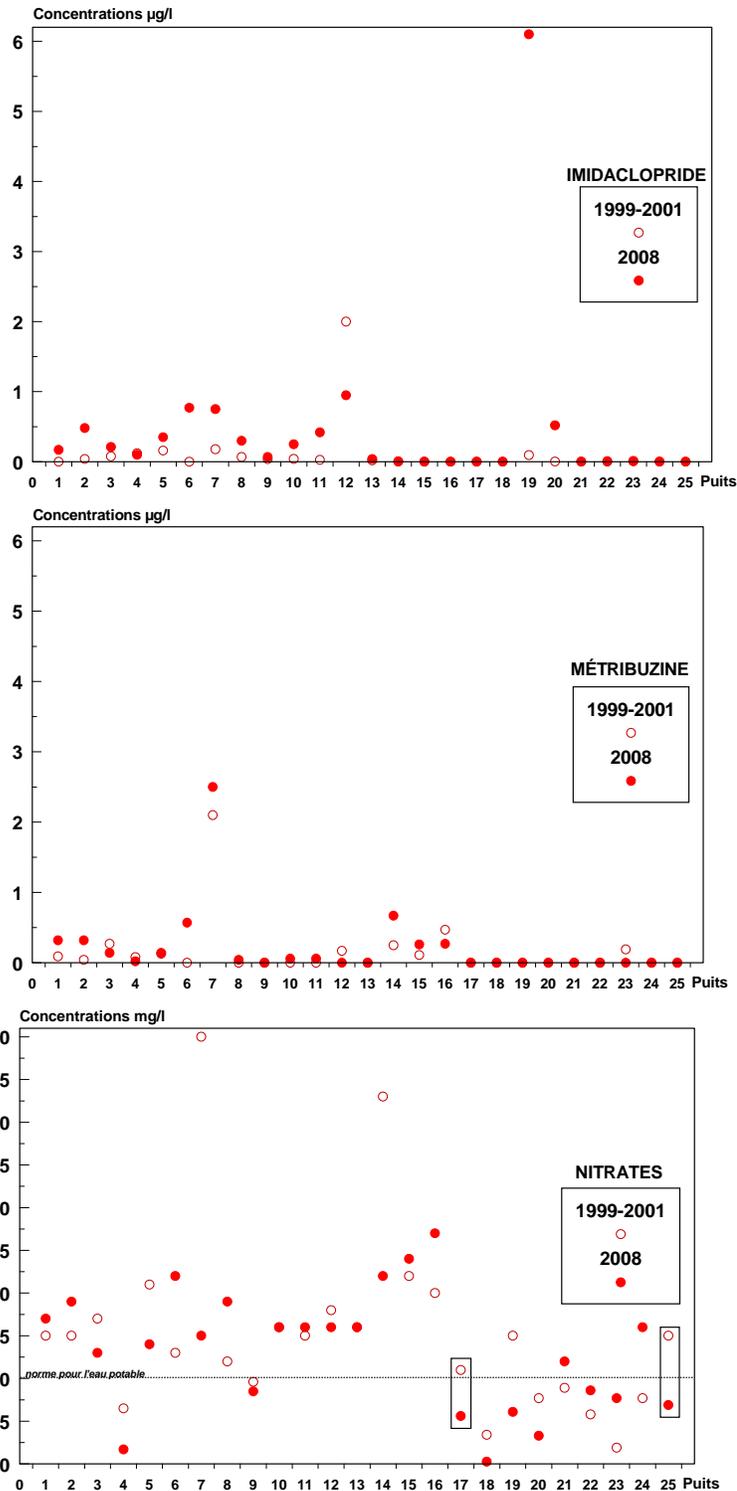


Figure 14 Comparaison des concentrations d'imidaclopride, de métribuzine et de nitrates pour la période de 1999 à 2001 et pour 2008

PROSPER, CLUTCH). Quelques années (moins de 5 ans) suffisent donc pour voir apparaître ces produits dans l'eau souterraine.

Le diquat et le paraquat apparaissent respectivement dans des proportions de 25 % et 14 % des puits alors qu'ils n'avaient pas été détectés dans la campagne de 2001. Cela s'explique en partie par l'abaissement de la limite de détection de l'analyse, qui est passée de 0,4 µg/l pour les deux produits en 2001, à 0,13 µg/l pour le diquat et 0,1 µg/l pour le paraquat en 2008. Ce changement de limite de détection explique 14 % des détections supplémentaires de diquat et 3 % des détections de paraquat en 2008. Pour le diquat, l'augmentation des ventes du produit entre les deux périodes à l'étude peut aussi expliquer l'augmentation de la détection (Gorse et Rivard, 2011).

Les précipitations peuvent aussi expliquer en partie l'augmentation des concentrations dans certains puits. La comparaison des précipitations pour les deux périodes à l'étude, soit les périodes de 1999 à 2001 et 2008-2009 (annexe 5) montre que les précipitations totales annuelles ont été un peu plus élevées au cours de l'année 2008 pour les stations météorologiques Catherine, Saint-Alban, Joliette et Saint-Ambroise. Cette situation a pu favoriser le transport des pesticides vers l'eau souterraine et contribuer à l'augmentation des concentrations en certains endroits. C'est la station météorologique de Saint-Alban qui montre la différence la plus importante entre le total annuel moyen (environ 300 mm de plus pour la période 2008-2009, soit 31 % de plus de précipitations). Mais pour les autres stations, l'écart entre le total annuel des précipitations est de 16% ou moins. À l'inverse, la station météorologique de Péribonka montre moins de pluie (12 %) pour la période 2008-2009 comparativement à la période 1999-2001.

3.3. Facteurs influençant la détection des pesticides

Plusieurs facteurs peuvent influencer la présence ou l'absence de pesticides dans l'eau d'un puits. La distance entre les champs traités et le puits, la profondeur du puits, l'importance de l'utilisation du pesticide (quantité), son application répétée ou occasionnelle, le type d'application du produit (foliaire, dans le sillon ou en traitement de semence) ainsi que les caractéristiques physicochimiques des produits qui déterminent leur mobilité dans le sol sont autant de facteurs susceptibles d'expliquer la détection ou l'absence de pesticides dans l'eau d'un puits. Il est extrêmement complexe d'identifier les facteurs les plus déterminants. Les lignes qui suivent présentent toutefois des observations pour certains de ces facteurs.

Distance des champs et profondeur des puits

L'analyse statistique¹ effectuée pour l'imidaclopride et le métribuzine montre une corrélation négative significative entre les concentrations de ces deux produits et la profondeur des puits. Comme on pouvait s'y attendre, cela signifie que les concentrations tendent à diminuer avec l'augmentation de la profondeur des puits. Toutefois, les puits profonds ne sont pas toujours complètement à l'abri d'une contamination puisque des pesticides ont été décelés dans des puits jusqu'à 40 et même 60 mètres de profondeur. La figure 15 illustre la profondeur et la distance par rapport aux champs pour chaque puits ainsi que la détection ou non de pesticides pour chacun.

Contrairement aux attentes, l'analyse statistique n'a pas montré de corrélation significative entre les concentrations et la distance. Cela s'explique peut-être par le fait que la majorité des puits échantillonnés étaient situés à moins de 50 mètres des champs et que le faible nombre de puits en zone éloignée ne permet pas de faire ressortir cette éventuelle relation. De plus, comme nous l'avons indiqué dans la section méthodologie, les données de base pour cette variable comportent une certaine imprécision liée à la rotation des cultures. Comme l'emplacement des champs de pommes de terre peut varier d'une année à l'autre, la distance du champ le plus près (telle qu'elle a été rapportée dans les questionnaires) ne correspond pas toujours à la distance du champ de pommes de terre traité par des pesticides durant l'année de l'échantillonnage.

¹ Analyse du coefficient de corrélation de Spearman, procédure proc LIFEREG de SAS et régression TOBIT à l'aide du logiciel SAS.

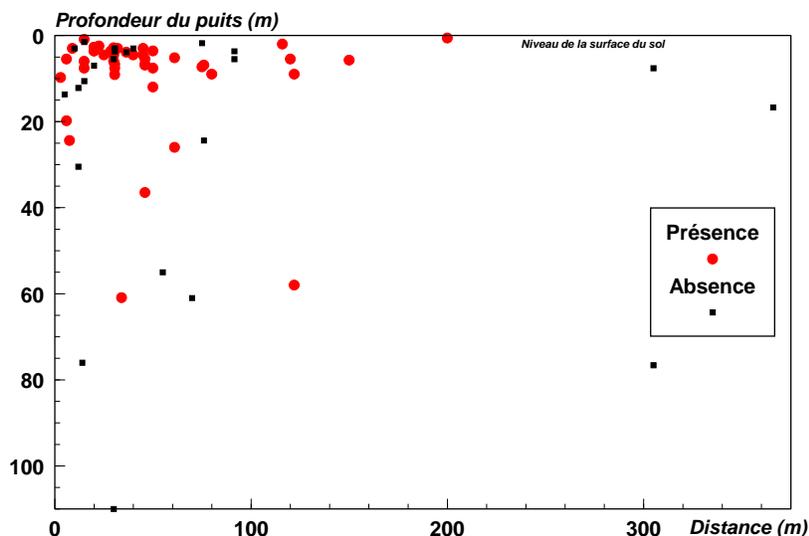


Figure 15 Détection de pesticides en fonction de la distance entre les puits et les champs et la profondeur des puits

Caractéristiques physicochimiques des pesticides

Certaines caractéristiques des pesticides, comme la solubilité ou le coefficient d'adsorption (K_{oc}) sur les particules du sol, peuvent aussi avoir une certaine influence sur leur propension à être transportés vers les eaux souterraines. Le tableau 11 indique la solubilité et le coefficient d'adsorption des pesticides détectés en 2008-2009. À usage relativement égal, c'est probablement la forte adsorption du linuron qui explique qu'il n'est pas détecté dans l'eau souterraine comparativement au métribuzine dont la solubilité est élevée et le coefficient d'adsorption faible. À l'inverse, le diquat et le paraquat, qui sont décrits comme des produits peu mobiles dans l'environnement, ont pourtant été détectés dans une proportion relativement importante des puits échantillonnés. Malgré leur fort coefficient d'adsorption, ces deux produits présentent aussi un bon potentiel de désorption, comme le reflète leur solubilité élevée. Pour ces produits, un fort apport en eau conjugué à une faible teneur en matière organique dans le sol pourrait causer une désorption qui expliquerait leur détection dans l'eau souterraine. Finalement, plusieurs produits présentent une mobilité modérée. Donc, comme leurs caractéristiques physicochimiques sont à peu près comparables, elles ne peuvent expliquer les différences observées. Dans ces cas, d'autres facteurs, comme l'importance de l'utilisation, le type d'application, la proximité de la culture, ou l'importance des pluies et des périodes de recharge de la nappe, expliqueraient alors la détection.

Tableau 11 Solubilité et coefficient d'adsorption (K_{oc}) pour les produits détectés

	Solubilité (mg/l)	K_{oc}	Mobilité
INSECTICIDES			
Imidaclopride	610	262	Mobilité modérée
Thiaméthoxame	4100	70	Mobile
Clothianidine	340	160	Mobilité modérée
HERBICIDES			
Métribuzine	1050	52	Mobile
Diquat	718 000	448	Peu mobile
Paraquat	620 000	16 587	Peu mobile
Atrazine	33	128	Mobilité modérée
Métolachlore	488	200	Mobilité modérée
Diméthénamide	1200	139	Mobilité modérée
Linuron	75	620	Peu mobile
FONGICIDES			
Azoxystrobine	6,7	423	Peu mobile
Fenamidon	7,8	388	Mobilité modérée

Source : Gouvernement du Québec, 2002; PPDB, 2010

CONCLUSION

Les résultats indiquent que 69 % des puits échantillonnés à proximité des champs en culture de pommes de terre montrent la présence de faibles concentrations de pesticides et que 40 % présentent des concentrations de nitrates supérieures à la norme de 10 mg/l N-NO₃ pour l'eau potable.

Les principaux pesticides détectés sont l'insecticide imidaclopride et ses produits de dégradation imidaclopride-urée et imidaclopride-guanidine, les herbicides métribuzine, diquat et paraquat et le fongicide azoxystrobine. L'imidaclopride est présent dans 61 % des puits échantillonnés, le métribuzine dans 30 %, le diquat dans 25 %, le paraquat dans 14 % et l'azoxystrobine dans 15 % des puits. Plusieurs autres pesticides ont été détectés mais à une fréquence moindre. Les concentrations de pesticides sont faibles et respectent les normes ou les valeurs guides établies pour la présence de ces produits dans l'eau potable. Toutefois, plusieurs pesticides détectés ne disposent pas de normes ou de valeurs guides. L'étude avait pour objectif de répondre à 3 questions :

Les nouveaux pesticides utilisés se retrouvent-ils dans les eaux souterraines ?

Sur ce point, notons que les produits d'usage plus récent, employés dans la culture de la pomme de terre depuis le milieu des années 2000 environ, tels que les insecticides thiaméthoxame et clothianidine et les fongicides azoxystrobine et fenamidone, sont maintenant détectés eux aussi dans les eaux souterraines.

Les concentrations de pesticides et de nitrates dans l'eau souterraine tendent-elles à augmenter ou à diminuer au fil des ans ?

La proportion du nombre de puits avec pesticides (69 %) a augmenté par rapport à la campagne d'échantillonnage 1999-2001 où cette proportion était de 49 %. Cette situation s'explique probablement par l'augmentation des cas de détection de l'imidaclopride, par l'ajout de plusieurs paramètres analysés et par l'amélioration des techniques d'analyse pour certains pesticides. L'herbicide métribuzine quant à lui, présente approximativement la même fréquence de détection en 2008-2009 (30 %) que lors de la campagne de 1999-2001 (33 %). De plus, on note une augmentation des concentrations de l'insecticide imidaclopride pour plusieurs puits qui avaient aussi été échantillonnés dans le passé.

La présence de concentrations élevées de nitrates dans l'eau souterraine de ces secteurs est un problème connu depuis longtemps et déjà démontré par nos études précédentes. La présente étude nous a toutefois permis de constater que la situation des concentrations de nitrates n'a pas beaucoup changé depuis la campagne d'échantillonnage précédente. Quelques puits montrent une diminution des concentrations, mais, dans l'ensemble, les concentrations de nitrates demeurent élevées.

Lorsque des pesticides sont détectés, sont-ils présents dans l'eau du puits durant toute l'année ?

L'échantillonnage continu effectué dans sept puits en 2009 montre que les concentrations de pesticides demeurent relativement stables tout au long de l'année dans l'eau des puits. Les produits détectés ne disparaissent pas nécessairement en période hivernale et bien qu'il y ait de légères fluctuations, les produits ont tendance à demeurer dans l'eau du puits tout au long de l'année.

BIBLIOGRAPHIE

AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA, 2008. *Le Trésor enfoui du Canada*, journal produit en 2008 pour l'Année internationale de la pomme de terre, 12 p.

BOULET, L., 2009. *Bilan phytosanitaire de la saison 2009*. Colloque sur la pomme de terre 2009, Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, p. 24-28.

CCME, 2010. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles*. Conseil canadien des ministres de l'Environnement.
<http://ceqg-rcqe.ccme.ca/?lang=fr>

CRAAQ et MAPAQ, 2007. *Traitements de protection de la pomme de terre*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, ISBN-978-2-7649-0190-8, 93 p.

FAGNAN, N., 1998. *Cartographie hydrogéologique régionale et vulnérabilité des aquifères de la MRC de Portneuf*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec, INRS-Géoressources, 215 p.

GIROUX, I. 1993. *Contamination de l'eau souterraine par l'aldicarbe dans les régions de culture intensive de pommes de terre. 1984 à 1991*, ministère de l'Environnement, Direction du milieu agricole et du contrôle des pesticides, ISBN 2-550-28229-9, 61 p. et 2 annexes.

GIROUX, I., 1995. *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions de culture de pommes de terre*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN 2-550-24396-X, 34 p. et 3 annexes.

GIROUX, I., 2003. *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre, Campagne d'échantillonnage de 1999, 2000, 2001*, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 23 p. et 3 annexes.

GORSE, I., et L. RIVARD, 2011. *Bilan des ventes de pesticides au Québec pour l'année 2008*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 81 p. (à publier)

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 2002. *Répertoire des principaux pesticides utilisés au Québec*. Les Publications du Québec, ISBN-2-551-16754-X, 476 p.

GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2003. *Nitrates/Nitrites*, dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 12 p.

PHANEUF, D., K.CHAUSSÉ, O. PANTAKO et P. LEVALLOIS, 2004. *Évaluation du risque à la santé pour la population exposée aux nitrates dans l'eau potable*, dans *Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé*, Institut national de santé publique du Québec et Centre de recherche du CHUL (CHUQ), ISBN 2-550-43515, 77 p. et annexes.

PPDB, 2010. Pesticides Properties Database. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>

STATISTIQUE CANADA, 2006. Recensement de l'agriculture de 2006
http://www.statcan.ca/francais/freepub/95-629-XIF/2007000/tables_menu_f.htm

TABI, M., L. TARDIF, D. CARRIER, G. LAFLAMME, M. ROMPRÉ, 1990 a. *Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec : rapport synthèse*, Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, 71 p.

TABI, M., L. TARDIF, D. CARRIER, G. LAFLAMME, M. ROMPRÉ, 1990 b. *Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec : région agricole 10 : Nord de Montréal*, Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, 111 p.

ANNEXE 2 CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS ÉCHANTILLONNÉS

No puits	Nb pers	Usages du puits	Diamètre (mètres)	Profondeur (mètres)	Niveau eau (mètres)	Type de puits	Traitement	Distance p/r champs (mètres)	Élévation aire traitée (mètres ou %)
Région Québec									
QU-1	12	Potable	0,15	57,91	-	métal	sans	121,92	15,24 m
QU-2	5	Potable	2,44	3,05	2,74 - 3,05	béton	sans	30,48	5 à 6 %
QU-3	2	Potable	1,52	5,49	4,57	béton	sans	6,10	0,61 m
QU-4	2	Potable	0,20	54,86	2,44	?		54,86	
QU-5	1	Potable + préparation pesticides	1,52	1,83	1,52	béton	sans	75	3-4 %
QU-6	3	Potable	1,52 x 3,05	1,52	1,52	béton	sans	15,24	5%
QU-7	4	Potable	0,76	6,10 - 9,14		béton	sans	15,24	2%
QU-8	2	Potable	1,22	9,14	3,96	béton	sans	30,48	2-3 %
QU-9	2 à 6	Potable	0,25	25,91	19,81	métal	sans	60,96	-
QU-10	2	Potable (cuisson seulement)	0,20	24,38	9,14	métal	sans	6,10 - 9,14	2%
QU-11	2	Potable (lavage seulement)	0,15	19,81	9,14	métal	sans	6,10	-
QU-12	6	Pas consommée	0,15	6,10 - 9,14	0	métal	sans	30,48	-
QU-13	2	Pas consommée	0,04	6,71	4,57	métal	sans	45,72	-
QU-14	2	Potable	-	5,18	-	-	sans	60,96	4%
QU-15	2	lavage et arrosage seulement	0,03	9,14	1,83	PVC	sans	121,92	20%
QU-16	-	lavage PDT	0,20	60,96	0	métal	sans	60 - 80	1%
QU-17	4	lavage et cuisson seulement	-	-	-	béton	sans	76,2	9,14 m (40 %)
QU-18	4	Potable	0,91	2 puits 0,9144 m	0,91	bois+béton	sans	15,24	3,05 m
QU-19	2	Potable	0,03	-	-	métal	sans	45,72	-
QU-20	2	Potable	0,03	5,49	2,44 - 3,05	métal	sans	45,72	-
QU-21	5	Potable	-	109,73	-	-	-	30	-
QU-22	1	Potable	0,03	5,49 - 6,10	5,49	métal	sans	150	même niveau
QU-23	3	Potable	1,22 - 1,52	9,14	8,53	béton	sans	80	même niveau
QU-24	2	Potable	0,91	3,66	2,74	béton	sans	50	même niveau
QU-25	4	Potable	0,61	3,05	1,35	béton	Résine	40	même niveau
QU-26	2	Potable -eau embout.	0,61	12,19	9,14	béton	sans	50	même niveau
QU-27	2	Potable	0,91	5,49	3,35	béton	sans	30	même niveau
QU-28	2	lavage, bain, vaisselle	0,91	2,74	-	béton	sans	20	-
QU-29	1	Potable	0,03	-	-	métal	sans	70	-
QU-30	4	Potable	0,91	3,05	1,98	béton	sans	45	-
QU-31	1	Potable	0,03	9,75	-	métal	sans	3	1,22 m - 1,52 m
QU-32	1	lavage, bain, vaisselle	0,03	7,01	-	métal	sans	20	-
QU-33	4-5	lavage, bain, vaisselle	0,03	7,62	3,96	métal	sans	50	-

ANNEXE 2 CARACTÉRISTIQUES DES PUIXS ÉCHANTILLONNÉS (SUITE)

No puits	Nb pers	Usages du puits	Diamètre (mètres)	Profondeur (mètres)	Niveau eau (mètres)	Type de puits	Traitement	Distance p/r champs (mètres)	Élévation aire traitée (mètres)
Région Lanaudière									
LA-1	3	Potable + cheveaux	1,22	-	-	béton	sans	91,44 - 121,92	-
LA-2M	9-10	Potable+ cheval	1,22	6,71	2,13 - 2,44	ciment	sans	30,48	5-10 %
LA-3	6	Potable	-	4,57	1,83	ciment-pierre	sans	25	5%
LA-4	6	Potable	-	6,10 - 7,62	-	-	adoucisseur	45,72	-
LA-5	-	Lavage patates	1,22	6,10 - 7,62	3,05	béton	sans	76,2	3-5 %
LA-6	2-3	Potable	0,91	4,27	2,44 - 2,74	béton	sans	-	-
LA-7	2	Potable	1,52	3,66	2,13	béton	sans	27,43 - 30,48	-
LA-8	1	Potable	0,91	3,66	1,83	béton	sans	30,48	2-3 %
LA-9	7	Potable +lavage patate	12 X 12	3,66	3,05	béton	sans	304,8	20 m
LA-10	5	Potable	1,22	5,49	2,44	ciment	filtre	91,44	2%
LA-11	3	Potable+lavage patate	1,22	3,05	0,91 - 1,22	béton	sans	9,144	même niveau
LA-12	3	Potable	1,22	3,66	2,44 - 3,05	ciment	sans	91,44	-
LA-13	3	Potable	0,10	10,67	6,10	métal	adoucisseur	15,24	champs plus bas
LA-14	2	Potable	0,10	-	9,14	métal	adoucisseur	36,58	2%
LA-15	2-3	Potable	0,15	24,38	15,24 - 18,29	métal	sans	60,96 - 91,44	-
LA-16	2	Potable +150 animaux	0,15	13,72	-	métal	sans	4,57 - 6,10	-
LA-17	1	?	-	2,44	surface	-	sans	22,56	même niveau
LA-18	5	Potable	1,52	-	-	béton	sans	9,14	3%
LA-19	2	lavage et douche seul.	1,22 - 1,52	12,19	0,91	béton	sans	12,19	-
LA-20	4	Potable	0,15	30,48	-	métal	osmose/sel	12,19	-
LA-21	4	Potable	0,15	76,20	-	métal	sans	304,8	-

ANNEXE 2. CARACTÉRISTIQUES DES PUIXS ÉCHANTILLONNÉS (SUITE)

No puits	Nb pers	Usages du puits	Diamètre (mètres)	Profondeur (mètres)	Niveau eau (mètres)	Type de puits	Traitement	Distance p/r champs (mètres)	Élévation aire traitée (mètres)
Région Montérégie									
MO-1	15	Potable	0,15	16,764	9,14	métal	sans	365,76	même niveau
MO-2	4	Potable	0,10	-	-	métal	adoucisseur/sel	150	-
MO-3	4	Potable	0,15	36,576	6,10	métal	adoucisseur/sel	45,72	même niveau
MO-4	5	Potable	0,15	60,96	-	métal	adoucisseur	30,48 - 36,58	-
MO-5	1	Potable	0,10 - 0,15	7,62	-	métal	-	304,8	environ 1,27 m
Saguenay-Lac-Saint-Jean									
SL-1	13	Potable/irrigation/mélange pesti	0,24	2	1	ciment	sans	116	environ 6 m
SL-2	2	Potable	?	76,2	-	PVC	adoucisseur/sel	14	même niveau
SL-3	1	Potable/bassin pour mélange pesti	1,52	3,6576	0,15	béton	sans	20	même niveau
SL-4	3	Potable	0,25	3,048	1,83 - 2,13	béton et pierres	permanganate de K	32	même niveau
SL-5	2	Potable/bassin pour mélange pesti	0,03	4,572	-	métal	lampe UV	30	même niveau
SL-6	8	Potable	?	3,6576	-	métal	sans	20	même niveau
SL-7	2	Potable	0,91	3,9624	1,83	béton et pierres	adoucisseur	36,58	même niveau
SL-8	5-10	Potable/mélange pesti	0,15	5,4864	4,57	métal	sans	120	même niveau
SL-9	3	Potable/ (mélange pesti ?)	0,03	3,6576	-	métal	sans	30	même niveau
SL-10	2	Potable	0,05	3,6576 - 5,4864	-	métal	sans	40	même niveau
SL-11	2-6	Potable		4,572	0,61 - 1,22	béton	sans	45	même niveau
SL-12	10	Potable	1,52	2,7432 - 3,0480	0,30	béton et pierres	sans	30	même niveau
SL-13	2	Potable	0,05	7,3152	-	métal	osmose inverse	75	même niveau
SL-14	2	Potable	0,03	6,096	-	métal	sans	30	même niveau
SL-15	6	Potable /mélange pesti	0,15	0,6096	-	?	sans	200	15,24 m
Bas du Fleuve									
BF-1	4	Potable (douche, vaisselle seul)	3,05	3,048	1,52	ciment	sans	30,48	15 à 20 %
BF-2	2	Potable	-	3	-	ciment	adoucisseur	10	même niveau
BF-3	2	Potable	1,22	6,096	1,52	béton / ciment	sans	15,24	10%

ANNEXE 3 DESCRIPTION DES MÉTHODES D'ANALYSE

OPS : pesticides organophosphorés, triazines, carbamates, urées substituées, etc.

Pour cette analyse, les pesticides sont extraits de l'échantillon par passage à travers une colonne de type octadécyle (C₁₈). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués à l'aide d'une solution d'acétate d'éthyle saturée d'eau. L'éluat est ensuite concentré à faible volume sous atmosphère d'argon.

Les pesticides sont séparés sur une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant la surface des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'un étalon d'extraction (malathion-D₁₀ et atrazine-D₅) et d'un étalon d'injection (trifluraline-D₁₄ et chlorpyrifos-D₁₀). De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés dans chaque série d'analyse.

Imidaclopride et ses métabolites, et autres

Pour faire cette analyse, une extraction liquide-solide est effectuée sur l'échantillon à l'aide d'une cartouche C₁₈. L'élution des composés d'intérêt est effectuée à l'aide de méthanol acidifié contenant du diéthylamine. Après évaporation à sec, l'extrait est recomposé dans la phase mobile contenant l'étalon d'injection. La quantification est réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse en tandem (LC-MS/MS), en mode MRM (multiple reaction monitoring). La colonne chromatographique est de type C₈. De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés dans chaque série d'analyse.

Diquat et paraquat

Le diquat et le paraquat sont extraits de l'échantillon basique par passage à travers une colonne de type octadécyle (C₁₈). Les pesticides retenus sur la colonne sont élués à l'aide d'un tampon en milieu acide. Le dosage est effectué par chromatographie en phase liquide, selon la technique du pairage d'ions, sur une colonne C₈. La détection se fait en UV-VIS, à des longueurs d'ondes spécifiques. De plus, des échantillons de contrôle de qualité provenant de matériaux de référence certifiés sont utilisés dans chaque série d'analyse.

ANNEXE 4 RÉSULTATS

RÉGION 01: BAS-SAINT-LAURENT	Années	NO ₂ -NO ₃ mg/L	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
			Imida.	urée	guan.	oléf.	µg/L						
Saint-Éloi	2001	15	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	6,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trois-Pistoles	2008	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Arsène	2008	9,3	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 02: SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN	Années	NO ₂ -NO ₃ mg/L	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
			Imida.	urée	guan.	oléf.	µg/L						
Saint-Ambroise	2000	11	0,028	0,0017	0,0019	-	na	-	-	na	na	na	-
	2001	15	0,096	0,0047	0,006	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	6,1	6,1	0,045	0,072	-	-	-	0,04	-	-	-	fenamidone:0,024 Fen-métabolite:0,002 DEA: 0,04 métolachlore:0,01 fenamidone:0,002 linuron: 0,17
	2009/mai	7,5	2,2	0,027	0,048	-	-	-	0,06	na	na	-	fenamidone: 0,003 fen-métabolite:0,003 métolachlore:0,08 linuron: 0,24
	2009/juil	7,1	3,9	0,026	0,051	-	-	-	0,03	na	na	-	fenamidone: 0,002 métolachlore:0,03
	2009/sep	6,4	1,1	0,021	0,035	-	-	-	0,02	na	na	-	
	2010/mar	11	0,75	0,013	0,022	-	0,002	-	-	na	na	-	
Saint-Ambroise	2008	5,7	0,014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Ambroise	2008	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Ambroise	2008	0,02	0,008	-	0,004	0,001	-	-	0,8	1,2	-	-	-
Saint-Ambroise	2008	8,1	0,028	-	0,0028	-	-	-	0,3	-	0,003	-	-
Saint-Ambroise	2000	5,3	-	0,003	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2001	7,7	0,004	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	3,3	0,52	0,0065	0,015	-	-	-	0,2	-	0,018	-	-
Bégin	2001	8,9	-	-	-	-	-	-	-	na	na	na	-
	2008	12	0,004	-	0,006	-	-	-	-	1,1	1,1	-	-
Péribonka	2008	10	5,6	0,065	0,13	0,0013	-	0,38	-	-	-	0,007	-
	2009/mai	7,6	0,4	0,007	0,023	-	-	0,12	-	na	na	0,005	fenamidone:0,005 linuron: 1,1 diuron:0,74
	2009/juil	7,8	0,8	0,015	0,035	-	-	0,14	-	na	na	0,012	linuron: 0,9 diuron: 0,66
	2009/sep	8,3	1,1	0,018	0,091	-	-	0,16	-	na	na	0,006	linuron: 0,38
	2009/nov	6,2	-	-	-	-	-	0,11	-	na	na	-	
Péribonka	2008	5,5	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 02: SAGUENAY- LAC-SAINT-JEAN	Années	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.	µg/L						
Péribonka	2000	5,8	-	-	-	-	-	-	-	na	na	na	-
	2008	8,6	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Péribonka	2008	10	0,68	0,017	0,017	-	-	0,03	-	-	-	0,007	-
Péribonka	2001	1,91	0,009	-	-	-	na	0,19	-	na	na	na	-
	2008	7,7	0,009	-	0,001	-	-	-	-	-	-	0,001	-
Dolbeau-Mistassini	2000	12,3	-	-	-	-	na	-	-	na	-	na	-
	2001	12	-	-	-	-	na	-	-	na	-	na	-
	2008	16	0,003	-	-	-	-	-	-	1,1	0,8	-	-
Dolbeau-Mistassini	2008	6,7	0,004	-	-	-	na	-	-	-	-	-	-
Saint-Fulgence	2008	5,3	0,001	-	-	-	na	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 03: CAPITALE NATIONALE	Année	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.	µg/L						
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1999	12	0,1	-	-	-	na	0,1	-	na	na	na	-
	2000	16	-	-	0,001	-	na	0,15	-	na	na	na	carbofuran: 0,03
	2001	15	-	-	-	-	na	0,09	-	-	-	na	-
	2008	17	0,17	0,01	0,004	-	-	0,32	-	-	-	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1999	11	tra	-	-	-	na	tra	-	na	na	na	simazine: tra
	2000	12	0,04	0,0022	0,0045	0,0018	na	tra	-	na	na	na	-
	2001	15	0,04	0,018	0,0022	-	na	0,04	-	-	-	na	-
	2008	19	0,48	0,013	0,01	-	-	0,32	0,03	-	-	-	-
	2009/mai	22	0,43	0,008	0,009	-	0,11	0,38	0,02	na	na	-	-
	2009/juil	23	0,27	0,005	0,006	-	0,011	0,057	0,03	na	na	-	DEA: 0,04
	2009/sep	22	0,46	0,007	0,01	-	0,15	0,6	0,03	na	na	-	clothianidine: 0,059 DEA: 0,04
	2009/nov	20	0,34	0,004	0,005	-	-	0,91	0,03	na	na	-	DEA: 0,04
	2009/jan	19	0,5	0,008	0,008	-	-	0,56	-	na	na	-	-
	2009/mar	19	0,55	0,01	0,013	-	-	0,55	-	na	na	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	2008	19	0,37	0,009	0,007	-	0,009	0,16	-	-	-	-	-
Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier	1999	7,7	tra	-	-	-	na	tra	-	na	na	na	-
	2000	17	0,076	0,0023	0,0058	0,0019	na	0,27	-	na	na	na	-
	2008	13	0,21	0,009	0,003	-	-	0,14	-	-	-	-	-
Pont-Rouge	2001	6,5	0,12	0,0052	0,0066	-	na	0,08	-	-	-	-	-
	2008	1,7	0,1	0,005	0,005	-	-	0,02	0,03	0,2	-	0,003	-
Pont-Rouge	1999	13	0,12	-	-	-	na	0,25	-	na	na	na	carbofuran: tra
	2000	19	0,28	0,014	0,018	0,0017	na	1	-	na	na	na	-
	2001	21	0,16	0,0032	0,0089	-	na	0,13	-	-	-	na	-
	2008	14	0,35	0,008	0,006	-	-	0,14	-	0,2	-	-	-
Pont-Rouge	1999	13	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2000	13	-	-	-	-	na	-	-	na	-	na	-
	2008	22	0,77	0,018	0,015	-	-	0,57	0,03	-	na	-	-
	2009/mai	18	0,58	0,014	0,014	-	-	0,3	0,04	na	na	-	-
	2009/juil	18	0,41	0,011	0,008	-	-	0,41	0,04	na	na	-	DEA: 0,05
	2009/sep	18	0,59	0,016	0,013	-	-	0,31	0,04	na	na	-	DEA: 0,05
	2009/nov	16	0,34	0,007	0,008	-	-	0,34	0,04	na	na	-	DEA: 0,05
	2009/fév	15	0,36	0,027	0,013	0,003	-	0,26	0,05	na	na	-	-
2009/mars	15	0,57	0,014	0,018	0,004	-	0,28	0,06	na	na	-	DEA: 0,04	

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 03: CAPITALE NATIONALE	Année	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.							
			µg/L										
Pont-Rouge	2008	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pont-Rouge	2008	16	1,6	0,027	0,045	-	-	-	-	-	-	0,001	-
	2009/mai	8,1	1,1	0,018	0,038	-	-	-	-	-	-	-	-
	2009/juil		0,85	0,017	0,025	-	-	-	-	na	na	-	-
	2009/sept	5,7	0,9	0,013	0,029	-	-	-	-	na	na	-	-
	2009/nov	7,1	0,67	0,013	0,022	-	-	-	-	na	na	-	-
	2009/jan	4,4	0,97	0,015	0,028	-	-	-	-	na	na	-	-
	2009/mar	6,4	1	0,018	0,034	-	0,045	-	-	na	na	0,001	clothianidine:0,005
Pont-Rouge	2008	9,4	0,068	0,006	0,001	-	-	-	-	-	-	-	DEA: 0,05
Saint-Basile	2008	4,7	0,13	0,006	0,008	-	-	0,02	-	-	-	-	-
Saint-Basile	1999	12	0,09	-	0,3	-	na	0,65	-	na	na	na	-
	2000	19	0,18	0,0064	0,0056	-	na	0,73	-	na	na	na	diazinon:0,06
	2001	50	0,18	0,0058	0,008	-	na	2,1	-	na	na	na	-
	2008	15	0,75	0,014	0,019	-	-	2,5	0,08	-	-	-	DEA: 0,14
Saint-Ubalde	1999	17	tra	-	0,4	-	na	-	-	na	na	na	-
	2000	29	0,084	0,002	0,0048	0,009	na	-	-	na	na	na	-
	2001	12	0,068	0,0015	0,0045	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	19	0,3	0,007	0,013	-	-	0,04	-	0,3	-	0,001	-
Saint-Ubalde	1999	6,8	tra	-	0,2	-	na	-	-	na	na	na	-
	2000	14	0,031	0,0015	0,003	-	na	tra	-	na	na	na	-
	2001	9,6	0,037	-	0,0029	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	8,5	0,068	0,0009	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Ubalde	1999	8,9	-	-	-	-	na	tra	-	na	na	na	-
	2000	7,9	0,013	-	0,0014	-	na	tra	-	na	na	na	-
	2001	16	0,041	0,0012	0,008	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	16	0,25	0,007	0,013	-	-	0,06	-	0,3	-	0,001	-
Saint-Ubalde	1999	11	tra	-	-	-	na	0,04	-	na	na	na	-
	2000	15	0,042	0,0018	0,0036	-	na	0,03	-	na	na	na	-
	2001	15	0,027	0,0016	0,0028	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	16	0,42	0,01	0,023	0,0007	-	0,06	-	0,2	-	0,002	-
	2009/juil	15	0,27	0,002	0,015	-	-	-	0,04	na	na	0,001	-
	2009/sep	17	0,35	0,006	0,022	-	-	0,04	-	na	na	0,003	-
	2009/nov	18	0,26	0,005	0,014	-	-	0,04	-	na	na	0,002	-
	2010/jan	16	0,42	0,006	0,022	-	-	0,05	-	na	na	0,006	-
	2010/mar	15	0,44	0,009	0,026	0,001	-	0,12	-	na	na	0,004	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 03: CAPITALE NATIONALE	Année	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.							
			µg/L										
Saint-Ubalde	1999	9,6	0,18	-	-	-	na	0,04	-	na	na	na	-
	2000	8,6	6,4	0,01	0,06	0,0023	na	0,05	-	na	na	na	diuron:tra chlorothalonil:tra
	2001	18	2	0,012	0,028	-	-	0,17	-	na	na	na	-
	2008	16	0,95	0,0075	0,036	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Ubalde	1999	16	tra	-	-	-	-	-	-	na	na	na	phosalone:0,15
	2000	15	0,018	-	0,0012	-	-	0,03	-	na	na	na	carbofuran: 0,02
	2001	16	0,019	-	0,0015	-	-	-	-	na	na	na	-
	2008	16	0,04	0,009	0,008	-	-	-	-	2,2	2,3	-	-
Saint-Ubalde	2008	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Ubalde	2008	8,9	0,25	0,0025	0,02	-	-	-	-	-	-	0,009	-
Saint-Alban	2006	35	0,007	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2007	9,5	0,0035	-	0,0009	-	na	na	-	na	na	na	na
	2008	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Alban	2007	19	0,15	0,029	0,0071	0,0013	na	na	-	na	na	na	-
	2008	13	0,18	0,0017	0,011	-	-	-	0,06	1,2	0,5	0,002	-
Saint-Alban	2007	13	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	13	-	-	0,0008	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Raymond	2006	8,1	0,399	0,003	0,01	-	-	0,29	-	na	na	na	-
	2007	12	na	na	na	na	na	na	-	na	na	na	na
	2008	6,7	0,29	0,005	0,009	-	-	0,44	-	-	-	-	-
Saint-Raymond	1999	1,64	-	-	-	-	-	-	-	na	na	na	-
	2008	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Léonard	2006	16	na	na	na	na	na	na	-	na	na	na	na
	2007	18	0,0014	-	-	-	na	na	-	na	na	na	na
	2008	13 (reprise 4,9 avant filtre 14 (après filtre)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Léonard	2006	23	na	na	na	na	na	na	-	na	na	na	na
	2008	19	0,006	-	0,0009	-	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 03: CAPITALE NATIONALE	Année	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.							
			µg/L										
Saint-Jean I.O.	2008	0,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Jean I.O.	2008	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Jean I.O.	2008	16	-	-	-	-	-	-	0,7	0,3	-	-	
Saint-Laurent I.O.	2008	5,6	0,001	-	0,003	-	-	-	0,05	3,1	0,3	-	DEA: 0,08
Saint-Laurent I.O.	2008	7,8	-	-	-	-	-	-	-	2,2	0,5	-	-
Sainte-Famille I.O.	2008	5,8	0,059	-	0,008	-	0,07	-	-	2,1	0,6	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 14: LANAUDIÈRE	Années	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.							
			µg/L										
Lavaltrie	2008	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavaltrie	1999	24	-	-	-	-	na	0,39	-	na	na	na	-
	2000	44	-	-	-	-	na	0,27	-	na	na	na	carbofuran: 0,06
	2001	43	-	-	-	-	na	0,25	-	-	-	na	carbofuran: 0,05
	2008	22	-	0,006	0,002	-	-	0,67	-	-	-	-	-
Lavaltrie	1999	22	-	-	-	-	na	0,1	-	na	na	na	-
	1999	22	-	-	-	-	na	0,07	-	na	na	na	-
	2000	23	-	-	-	-	na	0,12	-	na	na	na	-
	2001	22	-	-	-	-	na	0,11	-	-	-	na	-
	2008	24	-	-	-	-	0,001	0,26	-	0,2	-	-	-
Lavaltrie	2008	16	0,016	-	0,0034	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavaltrie	1999	29	-	-	-	-	na	tra	-	na	na	na	-
	2000	23	-	-	-	-	na	0,18	-	na	na	na	-
	2001	20	-	-	-	-	na	0,47	-	na	na	na	-
	2008	27	-	0,0027	0,0016	-	-	0,27	-	-	-	-	-
Lavaltrie	2008	7,7	1	0,025	0,055	-	0,027	0,99	-	-	-	-	métolachlore: 0,01
Lavaltrie	2008	8,4	0,22	0,015	0,006	-	-	0,06	-	-	0,4	-	-
L'Assomption	2008	11	1,6	0,021	0,038	-	0,003	0,39	-	0,2	-	-	métolachlore: 1,4
	2009/mai	28	1,2	0,017	0,02	-	0,23	0,59	-	na	na	-	métolachlore: 0,7
	2009/juil	27	1,2	0,016	0,015	-	0,18	0,54	-	na	na	-	métolachlore: 0,76
	2009/sep	23	1,2	0,014	0,026	-	0,53	0,91	-	na	na	-	métolachlore:0,8 clothianidine:0,001
	2009/nov	22	0,84	0,011	0,016	-	0,42	0,79	-	na	na	-	métolachlore:0,69
	2010/jan	23	1,1	0,013	0,018	-	0,6	0,95	-	na	na	-	métolachlore:0,59
	2010/mar	28	1	0,016	0,014	-	0,83	1	-	na	na	-	métolachlore: 0,53
L'Assomption	2008	14	0,31	0,005	0,0095	-	-	0,12	-	-	-	-	diméthénamide: 0,08 métolachlore: 0,14
L'Assomption	2008	9,8	-	0,001	0,005	-	0,25	0,04	-	-	0,4	-	-
Lanoraie	2000	7,1	-	0,001	0,0016	-	na	tra	-	na	na	na	chlorothalonil:tra carbofuran:0,03
	2001	11	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	carbofuran: 0,02
	2008	5,6	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-
Lanoraie	2008	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 4. RÉSULTATS (SUITE)

RÉGION 14: LANAUDIÈRE	Années	NO ₂ -NO ₃	Imidacloprid				Thiaméthoxame	Métribuzine	Atrazine	Diquat	Paraquat	Azoxystrobine	Autres
		mg/L	Imida.	urée	guan.	oléf.							
			µg/L										
Crabtree	2000	3,4	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	chlorothalonil:tra
	2001	0,3	-	-	-	-	na	-	-	na	na	na	-
	2008	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Paul	2008	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Paul	2008	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Paul	2008	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mascouche	2008	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mascouche	2008	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Roch-de-l'Achigan	2008	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Roch-de-l'Achigan	2008	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rawdon	2008	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RÉGION 16 : MONTÉRÉGIE													
Saint-Michel	2009-jan	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saint-Rémi	2009-jan	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sainte-Clothilde	2009-jan	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	diméthénamide: 0,038
Sainte-Clothilde	2009-jan	0,09	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	diméthénamide:0,08
Saint-Rémi	2009-jan	< 0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 5 COMPARAISON DES PRÉCIPITATIONS POUR LES PÉRIODES DE 1999 À 2001 ET 2008-2009

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Catherine													
1999	119	49,2	62	36,8	80,4	169,6	153	55,2	129	134,4	63,6	58,6	1110,8
2000	91,8	61	46,2	103,6	95,8	118,6	76	84,8	93,8	58	52,8	133,4	1015,8
2001	-	42,8	56,8	38,8	51	114,3	120,8	136,2	95,5	105,4	87,8	28	877,4
Moyenne mensuelle	105,4	51	55	59,7	75,7	134,1	116,6	92	106	99,3	68	73,3	1036,1
2008	91,5	111,3	125,2	82,6	71,5	258,9	187,4	81,3	91,2	110,2	-	-	1210,6
2009	60,2	57,6	50,6	113,7	100,9	89,3	141,5	60,6	86,5	82,6	52,4	122,4	1018,3
Moyenne mensuelle	75,8	84,4	87,9	98,1	86,2	174,1	164,4	70,9	88,8	96,4	52,4	122,4	1201,8
Saint-Alban													
1999	109,8	34,3	54	20	63,2	204,9	65	55,1	237,4	129,4	57,9	53	1084
2000	60,6	60,2	44,5	93,1	130,4	114,7	47,8	94,7	103	83,7	47,6	117,1	997,4
2001	29	106,8	36,7	41,6	63,7	83,4	106,8	104,7	105,8	128,9	89,3	29,2	925,9
Moyenne mensuelle	66,4	67,1	45	51,5	85,7	134,3	85,9	84,8	148,7	114	64,9	66,4	1014,7
2008	85,4	119,4	140,8	72	86,4	206,8	184	114,1	96,4	133,5	133,3	142,4	1514,5
2009	130,4	103,8	48,8	60,6	108	91,6	186,4	60,6	102,7	85	56,8	106,9	1141,6
Moyenne mensuelle	107,9	111,6	94,8	66,3	97,2	149,2	185,2	87,4	99,5	109,2	95	124,6	1327,9
Joliette-ville													
1999	125,4	48	92,2	19,8	58	130,6	39,8	35	197,2	93,4	93,6	70	1003
2000	101,2	50,2	70,6	122,8	139,4	177,9	44,6	58	117	32	72,2	96,6	1082,5
2001	50,3	57	68	29,4	49	125	27	94,4	81	87	86,2	48,4	802,7
Moyenne mensuelle	92,3	51,7	76,9	57,3	82,1	144,4	37,1	187,4	131,7	70,8	84	71,6	1087,3
2008	75	102	90	74,8	70,4	113	179,4	60	73,4	99,4	95,6	118,6	1151,6
2009	99	68,4	45,2	82,2	104,4	136	164	86,4	55,2	91,9	48,4	102,4	1083,5
Moyenne mensuelle	87	85,2	67,6	78,5	87,4	124,5	171,7	73,2	64,3	95,6	72	110,5	1117,5
Lanoraie													
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne mensuelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	72,8	69,8	83,1	79,7	58,5	100,6	162,2	77,3	77,8	103,5	75,8	53,8	945,1
2009	34,3	29	46	77,4	111,5	137,3	162,3	57,4	57,6	96,2	46,4	70,4	925,8
Moyenne mensuelle	72,8	49,4	64,5	78,5	85	118,9	162,2	67,3	67,7	99,8	61,1	70,4	997,6
Péribonka													
1999	51,9	43	35,8	12,5	44,5	121,2	179,1	81,7	108,2	104	90,2	76	948,1
2000	68	24,4	-	88,8	87,6	71,8	61,6	120,5	79	55,6	68,3	51	776,6
2001	40,8	69	38,2	15,2	41	110,4	167,6	114,5	101	127,8	52,6	53,4	931,5
Moyenne mensuelle	53,5	45,4	37	38,8	57,7	101,1	136,1	105	96	95,8	70,3	60	896,7
2008	47,2	65,1	79,4	55,2	63,3	111,8	126,3	72,6	73,8	17,2	57,2	66,6	835,7
2009	72,6	36	18,2	44,3	74	60,1	94,3	137,9	58,1	-	-	-	595,5
Moyenne mensuelle	59,9	50,5	48,8	55,2	68,6	85,9	110,3	105,2	73,8	-	57,2	66,6	782
Saint-Ambroise													
1999	65,4	48,5	43,4	33,4	42,4	80,8	204	79,6	107,4	151,4	92,6	98,6	1047,5
2000	73	41	34,3	93,6	94,6	92,2	101,8	193	118,6	86,4	83,3	86,2	1098
2001	48	72	45,6	59,3	58,1	83,7	154,1	59,7	87,8	153,1	88,6	74,8	984,8
Moyenne mensuelle	62	53,8	41,1	62,1	65	85,5	153,3	110,7	104,6	130,3	88,1	86,5	1043
2008	68,8	73,6	70,6	100,7	53,8	130,4	157,5	88,4	105,2	104,4	66,7	122,2	1142,3
2009	69	45,6	48,6	70	79	32	106	133	90,4	91,8	50,6	110,2	926,2
Moyenne mensuelle	69	59,6	59,6	85,3	66,4	81,2	131,7	110,7	97,8	98,1	58,6	116,2	1034,2