

Portrait de la présence de
pesticides dans l'eau souterraine
près de secteurs maraîchers,
vergers, vignes et petits fruits

Échantillonnage 2012 à 2014



2016

Coordination et rédaction

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

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Téléphone : 418 521-3820

1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 656-5974

Ou remplir le formulaire à cette adresse :

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

Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Ce document peut être consulté sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques au www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/pesticides.htm

Référence à citer :

GIROUX, I., (2016). *Portrait de la présence de pesticides dans l'eau souterraine près de secteurs maraîchers, vergers, vignes et petits fruits - Échantillonnage 2012 à 2014*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, 25 p. + 5 ann.

Dépôt légal – 2016

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2016

ISBN 978-2-550-75639-2 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2016

RÉALISATION

Coordination du suivi et rédaction

Isabelle Giroux

Direction de l'information sur les milieux aquatiques

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)

Échantillonnage

Stéphanie Locas

Sylvie Legendre

Francine Rochette

Direction de l'information sur les milieux aquatiques (MDDELCC)

Révision scientifique

Julie Corriveau

Gaétan Roy

Direction des matières dangereuses et des pesticides (MDDELCC)

Anouka Bolduc

Édith Bourque

Diane Myrand

Direction de l'eau potable et des eaux souterraines (MDDELCC)

Marie-Hélène April

Direction de l'agroenvironnement et du développement durable

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

Analyses de laboratoire

Sébastien Côté

Marie-Claire Grenon

Benoît Sarrasin

Steve Roberge

Direction de l'analyse chimique

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)

Mots clés : pesticides, eau souterraine, vergers, vignes, petits fruits, légumes

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier nos collaborateurs qui, grâce à leurs démarches auprès des producteurs agricoles, ont grandement facilité nos travaux et ont permis une bonne collaboration des producteurs à ce programme d'échantillonnage. Tous nos remerciements à Annie Goudreau (MAPAQ, Chaudière-Appalaches), à Mélissa Gagnon (MAPAQ, Lanaudière), à Isabelle Couture (MAPAQ, Montérégie-Est) et à Évelyne Barriault (MAPAQ, Montérégie). Sincères remerciements également à Elaine Grignon, coordonnatrice du Pôle d'excellence en lutte intégrée (PELI), à Maggie Lamothe-Boudreau du Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC) ainsi qu'à Maude Richard (Agropomme) et à Raphael Fonclara (Dura-Club de Bedford) pour avoir relayé l'information et ainsi contribué au recrutement des participants à ce programme de suivi.

Tous nos remerciements également à l'ensemble des participants, producteurs ou non-producteurs qui ont donné de leur temps et qui ont rendu ce projet possible.

RÉSUMÉ

Dans le cadre de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) souhaitait améliorer ses connaissances sur la présence de pesticides dans l'eau souterraine. À cette fin, un suivi a été mis en place pour documenter la présence des pesticides dans des puits de régions agricoles du Québec. Entre 2012 et 2014, 103 puits ont été échantillonnés à raison d'une trentaine annuellement. Le présent rapport vise à rendre compte des résultats obtenus relativement à ces puits.

Les 103 puits échantillonnés sont des puits de particuliers, essentiellement de producteurs agricoles. La plupart (87 puits) servent à l'alimentation en eau potable, mais peuvent aussi être employés pour des usages agricoles. Les puits ont été sélectionnés pour leur proximité avec des cultures maraîchères (42 puits), des vergers (24 puits), des vignes (9 puits) ou des cultures de petits fruits (28 puits). Dans la plupart des puits, plus de 80 pesticides ont été recherchés.

Parmi les 103 puits échantillonnés, 42 ont montré la présence de pesticides. Seize puits comptent plus d'un pesticide, le plus souvent deux ou trois, mais parfois davantage. Cependant, dans tous les puits, les concentrations mesurées sont faibles et respectent largement les normes ou valeurs de référence existantes pour l'eau potable.

Analysé à titre de paramètre complémentaire, le nitrate montre aussi de faibles concentrations dans la plupart des puits. En effet, dans 86 % des puits, les concentrations de nitrates sont inférieures au seuil d'intervention de 5 mg/l N-NO₃ établi dans le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection. Parmi les puits échantillonnés, cinq présentaient des concentrations de nitrates supérieures à la norme d'eau potable de 10 mg/l N-NO₃.

Les pesticides sont plus présents dans les puits échantillonnés dans les secteurs de petits fruits, de vignes et de vergers comparativement à ceux des secteurs maraîchers. Des pesticides ont été détectés dans 21 des 28 puits échantillonnés dans les secteurs de petits fruits (75 %), dans 4 des 9 puits échantillonnés près de vignes (44 %), dans 10 des 24 puits échantillonnés près des vergers (42 %) et dans 7 des 42 puits échantillonnés (17 %) dans les secteurs maraîchers.

Au total, 20 substances ont été détectées, soit 16 pesticides et 4 produits de dégradation de pesticides. Les pesticides détectés le plus souvent sont des herbicides, mais des insecticides et des fongicides sont également présents à l'occasion. Le 2,6-dichlorobenzamide (aussi appelé BAM) est le produit décelé le plus souvent (dans 16 puits). Il s'agit du produit de dégradation du dichlobénil, un herbicide utilisé notamment dans la culture des petits fruits. Le *s*-métolachlore (11 puits), l'atrazine (8 puits) et son produit de dégradation, le DEA (6 puits), sont les autres herbicides les plus fréquemment présents. Le diméthénamide et le glyphosate sont détectés à quelques reprises.

Parmi les fongicides, c'est le boscalide qui a été détecté le plus souvent (5 puits). Des insecticides étaient aussi présents dans certains puits, soit le chlorantraniliprole, le chlorpyrifos, le thiaméthoxame et l'imidaclopride.

Les caractéristiques hydrogéologiques régionales recueillies dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) ont été examinées dans les zones où des puits ont été échantillonnés pour les pesticides, notamment la vulnérabilité de l'aquifère rocheux, évaluée grâce à l'indice DRASTIC, et le contexte hydrogéologique régional. Toutefois, à cause du manque d'informations sur certaines caractéristiques des puits échantillonnés, il n'a pas été possible de faire de liens entre la contamination des puits et les caractéristiques de l'aquifère régional.

À partir de renseignements recueillis chez les propriétaires de puits lors de l'échantillonnage, un ensemble de caractéristiques locales susceptibles d'influencer la contamination par les pesticides ont aussi été examinées. Les puits de surface sont affectés dans une plus grande proportion (55 %) que les

puits profonds (36 %). Les puits situés dans des zones de sols sableux ou graveleux de même que ceux situés en bas de pente par rapport aux cultures traitées, donc dans le sens de l'écoulement de l'eau souterraine, sont plus vulnérables à la contamination et sont affectés dans une plus grande proportion. D'autres facteurs comme la distance entre le puits et les cultures traitées, l'utilisation du puits pour le remplissage du pulvérisateur et le nettoyage de l'équipement peuvent aussi intervenir pour expliquer la présence de pesticides. Mais dans l'ensemble, l'importance de chacun de ces facteurs est difficile à cerner et le plus souvent plusieurs facteurs de risque sont vraisemblablement en cause.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. MÉTHODOLOGIE	2
Localisation des puits échantillonnés.....	2
Échantillonnage et analyses en laboratoire	2
Interprétation des données	3
2. RÉSULTATS	4
Résultats généraux	4
Résultats par secteurs	8
Cultures maraîchères.....	8
Vergers.....	8
Vignes	8
Petits fruits	8
3. REVUE DES FACTEURS POUVANT INFLUENCER LA DÉTECTION DES PESTICIDES DANS L'EAU SOUTERRAINE	11
Facteurs de risque à l'échelle régionale	12
Vulnérabilité de l'aquifère rocheux.....	12
Conditions climatiques	12
Facteurs de risque à l'échelle locale	17
Pesticides utilisés.....	17
Caractéristiques des pesticides	17
Type de sol.....	19
Profondeur du puits.....	19
Distance entre les cultures et le puits	21
Pente du terrain et sens d'écoulement de l'eau souterraine entre les cultures et le puits	21
Utilisation de l'eau du puits pour la préparation des mélanges de pesticides	21
Autres facteurs	22
CONCLUSION.....	23
BIBLIOGRAPHIE	24
Annexes.....	27

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Paramètres analysés et description des analyses.....	27
Annexe 2	Résultats complets.....	33
Annexe 3	Noms commerciaux des pesticides détectés.....	36
Annexe 4	Synthèse du formulaire d'information sur les puits et les champs voisins	37
Annexe 5	Facteurs de risque et d'atténuation pour les puits échantillonnés.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Répartition des puits échantillonnés de 2012 à 2014, par régions et par secteurs.....	2
Tableau 2	Calendrier des périodes d'échantillonnage.....	2
Tableau 3	Proportion des puits avec présence de pesticides	4
Tableau 4	Proportion des puits et concentrations de nitrates.....	5
Tableau 5	Pesticides détectés dans les puits échantillonnés de 2012 à 2014.....	6
Tableau 6	Répartition du nombre de puits avec présence de pesticides par régions de 2012 à 2014	6
Tableau 7	Concentrations de pesticides et de nitrates détectés dans des puits de secteurs maraîchers et de vergers	9
Tableau 8	Concentrations de pesticides et de nitrates détectés dans des puits de secteurs de vignes et de petits fruits	10
Tableau 9	Caractéristiques des pesticides détectés	18
Tableau 10	Nombre de puits avec et sans pesticides selon le type de sol, la profondeur du puits et la distance cultures-puits	20

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Nombre de pesticides dans les puits	4
Figure 2	Répartition des puits échantillonnés pour documenter la présence de pesticides.....	7
Figure 3	Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du bassin de la rivière Châteauguay	13
Figure 4	Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux dans la zone Montérégie-Est.....	14
Figure 5	Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du secteur nord de Montréal	15
Figure 6	Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du secteur Communauté métropolitaine de Québec	16
Figure 7	Répartition des puits échantillonnés par classes de profondeur et de distance par rapport aux cultures ciblées	20

INTRODUCTION

Le Ministère s'intéresse à la présence de pesticides dans les eaux souterraines depuis les années 1980. Historiquement, ce sont les puits situés en secteur de culture des pommes de terre qui furent d'abord étudiés. En effet, la pomme de terre est généralement cultivée sur des sols sableux, dans lesquels l'eau souterraine est particulièrement vulnérable à la contamination. Les secteurs en culture de pommes de terre ont donc fait l'objet de plusieurs campagnes d'échantillonnage (Giroux et Sarrasin, 2011; Giroux, 2003; Giroux, 1995; Giroux, 1993). Des suivis de pesticides ont aussi été réalisés au Saguenay–Lac-Saint-Jean, pour documenter la présence dans l'eau souterraine d'hexazinone, un herbicide régulièrement employé dans les bleuetières (Giroux et St-Gelais, 2010; Giroux *et al.*, 2003). Les sols sableux typiques des bleuetières sont également des milieux où l'eau souterraine est plus vulnérable à la contamination. Un projet a aussi été mené en 2005 pour documenter la présence de pesticides dans l'eau souterraine du bassin versant de la rivière Châteauguay (Giroux *et al.*, 2010).

Outre ces projets relativement ponctuels et espacés dans le temps, le portrait de la situation sur la présence des pesticides dans l'eau souterraine demeurerait relativement fragmentaire et on ne disposait d'aucune information relativement à l'impact d'autres types de cultures ou d'autres régions agricoles.

Avec l'adoption, en 2011, de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021 (SPQA), le gouvernement a pour objectif notamment de *Renforcer le suivi de la qualité de l'eau souterraine et de surface* (objectif 4.2). Plus particulièrement, l'action 4.2.1 vise à établir un état de situation de la qualité de l'eau souterraine au regard des pesticides.

Depuis 2012, le Ministère a donc entrepris de faire, chaque année, un suivi de la présence de pesticides dans des puits. À raison d'une trentaine de puits par année, un total d'une centaine de puits peuvent ainsi être documentés sur un horizon de trois ou quatre ans. Comme pour le suivi dans l'eau de surface, une approche par types de cultures a été privilégiée. Ainsi, en 2012, le suivi a été réalisé dans des puits de secteurs maraîchers et, en 2013 et en 2014, dans des zones de vergers, de vignes et de petits fruits.

Le présent rapport fait donc partie intégrante de l'objectif 4.2 de la SPQA et fait état des résultats obtenus relativement à 103 puits échantillonnés entre 2012 et 2014.

1. MÉTHODOLOGIE

Localisation des puits échantillonnés

Des puits domestiques individuels situés à proximité des cultures visées par l'étude ont été utilisés comme points d'échantillonnage de l'eau souterraine. Au total, de 2012 à 2014, 103 puits ont été échantillonnés (tableau 1) dans plus de 60 municipalités. Ce sont, pour la plupart, des puits appartenant à des producteurs agricoles. Parmi ces puits, 42 étaient situés près de cultures maraîchères, 24 près de vergers, 9 près de vignobles et 28 puits près de cultures de petits fruits.

Tableau 1 Répartition des puits échantillonnés de 2012 à 2014, par régions et par secteurs

Région	Nombre de puits échantillonnés	Cultures			
		Maraîchères	Vergers	Vignes	Petits fruits
Capitale-Nationale	16	6	3	1	6
Chaudière-Appalaches	20	4	2	-	14
Estrie	4	3	-	1	-
Centre-du-Québec	1	1	-	-	-
Lanaudière	12	12	-	-	-
Laval	1	-	-	-	1
Laurentides	11	1	8	-	2
Mauricie	1	-	-	-	1
Montérégie	37	15	11	7	4
TOTAL	103	42	24	9	28

Une liste de producteurs-participants dans chaque type de production à l'étude a d'abord été constituée. Par la suite, les participants ont été sélectionnés pour couvrir différentes régions agricoles. Après une localisation cartographique des entreprises agricoles à l'aide d'outils de géolocalisation, les participants étaient contactés par téléphone pour vérifier la proximité de leur puits par rapport à la culture visée. Les producteurs-participants devaient fournir la liste des pesticides récemment utilisés (année courante ou année précédente) dans la culture afin de déterminer les analyses les plus pertinentes à réaliser dans l'eau. Notons que tous les participants ont été informés individuellement des résultats d'analyse.

Échantillonnage et analyses en laboratoire

Les échantillons provenant des secteurs maraîchers ont été prélevés en février et en mars 2012 de même que de décembre 2012 à mars 2013 (tableau 2). Les puits des secteurs de vergers, de vignes et de petits fruits ont été échantillonnés en juin, en septembre, en octobre et en novembre 2013. Pour ces mêmes cultures, les puits échantillonnés en 2014 l'ont été en juin, août, en septembre et en octobre.

Tableau 2 Calendrier des périodes d'échantillonnage

Cultures		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maraîchères	2012		X	X									X
Maraîchères	2012-2013	X	X	X									
Vergers-vignes-petits fruits	2013						X			X	X	X	
Vergers-vignes-petits fruits	2014						X		X	X	X		

L'échantillonnage est effectué au robinet de la résidence ou du bâtiment desservi par le puits. Avant de prélever l'échantillon, on laisse couler l'eau pendant environ cinq minutes de façon à prélever de l'eau

fraîchement pompée, qui n'a pas séjourné dans la tuyauterie. Si le robinet est doté d'un système de traitement, l'eau est prélevée avant son passage dans l'unité de traitement pour s'assurer d'avoir un portrait de l'eau souterraine non traitée. Les échantillons sont conservés au frais dans des glacières pour leur transport jusqu'au laboratoire.

La liste des paramètres analysés peut varier d'un puits à l'autre en fonction des pesticides utilisés par les producteurs. Nous tentons d'analyser la plupart des pesticides que le producteur déclare avoir utilisés dans les cultures à proximité du puits. Toutefois, le suivi n'est pas nécessairement exhaustif. D'une part, parce certains pesticides utilisés ne font pas partie de la couverture analytique actuelle de notre laboratoire. D'autre part, pour limiter les coûts, les analyses par balayage couvrant un grand nombre de pesticides ont été privilégiées, alors que certaines analyses ne permettant de vérifier qu'un seul produit ont été écartées.

L'analyse des nitrates a été effectuée pour 86 des 103 puits échantillonnés. Seuls 17 puits échantillonnés en 2012 n'ont pas été échantillonnés pour ce paramètre. Moins coûteuse que l'analyse des pesticides, l'analyse des nitrates est utilisée comme paramètre complémentaire, car elle constitue un bon indicateur de la vulnérabilité de l'aquifère aux fertilisants azotés.

Les analyses ont été réalisées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). L'analyse des nitrites-nitrates ($\text{NO}_2\text{-NO}_3$) ainsi que l'analyse OPS+ ont été réalisées pour la grande majorité des puits. Les autres analyses sélectionnées au besoin sont IMIDA, GLY-AMPA, DIQ-PAQ, PESARY, ETU, FRIN, PES-GOLF et Organochlorés. Une analyse de dépistage non quantitative des pesticides a aussi été réalisée en 2013 pour neuf puits. L'annexe 1 présente la liste des paramètres pour chaque analyse, la description des acronymes, ainsi que la description des méthodes d'analyse et des contrôles de qualité en laboratoire.

Interprétation des données

Parmi les 103 puits échantillonnés, 87 puits (84,5 %) servent à l'alimentation en eau potable. Les normes du [Règlement sur la qualité de l'eau potable](#) (RQEP) ont été utilisées pour l'interprétation des résultats. En ce qui concerne les pesticides pour lesquels il n'existe pas de norme, des valeurs de référence établies ailleurs ont pu être utilisées.

Dans une perspective régionale, on a utilisé les cartes tirées des rapports du [Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines \(PACES\)](#) ou d'autres études hydrogéologiques, pour illustrer à la fois l'emplacement régional des puits et les caractéristiques régionales de vulnérabilité de l'aquifère rocheux. Les données régionales de précipitations ont aussi été examinées pour vérifier si les périodes d'échantillonnage se situaient dans des conditions climatiques normales ou non (pluies extrêmes).

À l'échelle locale, les renseignements sur les puits consignés lors de l'échantillonnage (profondeur, localisation, distance par rapport aux cultures, etc.) ainsi que les informations agronomiques (confirmation des pesticides appliqués, renseignements sur les cultures, type de sol, etc.) ont été examinés au regard des résultats de présence/absence de pesticides.

Finalement, les caractéristiques de persistance et de mobilité des matières actives détectées ont été considérées.

2. RÉSULTATS

Résultats généraux

Les résultats indiquent que des pesticides sont détectés en faibles concentrations dans 42 des 103 puits échantillonnés, soit dans 41,7 % des puits (tableau 3). Les résultats complets sont présentés à l'annexe 2. L'eau souterraine de 16 puits (15,5 %) compte plus d'un pesticide, le plus souvent deux ou trois, mais parfois davantage (figure 1). Les puits des secteurs maraîchers échantillonnés montrent la présence de pesticides dans une proportion de 16,6 %, alors que dans les secteurs de vergers, de vignes et de petits fruits, la proportion est plus élevée, soit de 41,7 %, 44,4 % et 75 % respectivement.

Tableau 3 Proportion des puits avec présence de pesticides

	Nombre de puits	Nombre de puits par type de culture			
		Maraîchers	Vergers	Vignes	Petits fruits
Total échantillonné	103	42	24	9	28
Puits avec pesticides	42	7	10	4	21
Proportion par culture (%)		16,6	41,7	44,4	75
Proportion du total des puits (%)	41,7	6,7	9,7	3,9	20,4

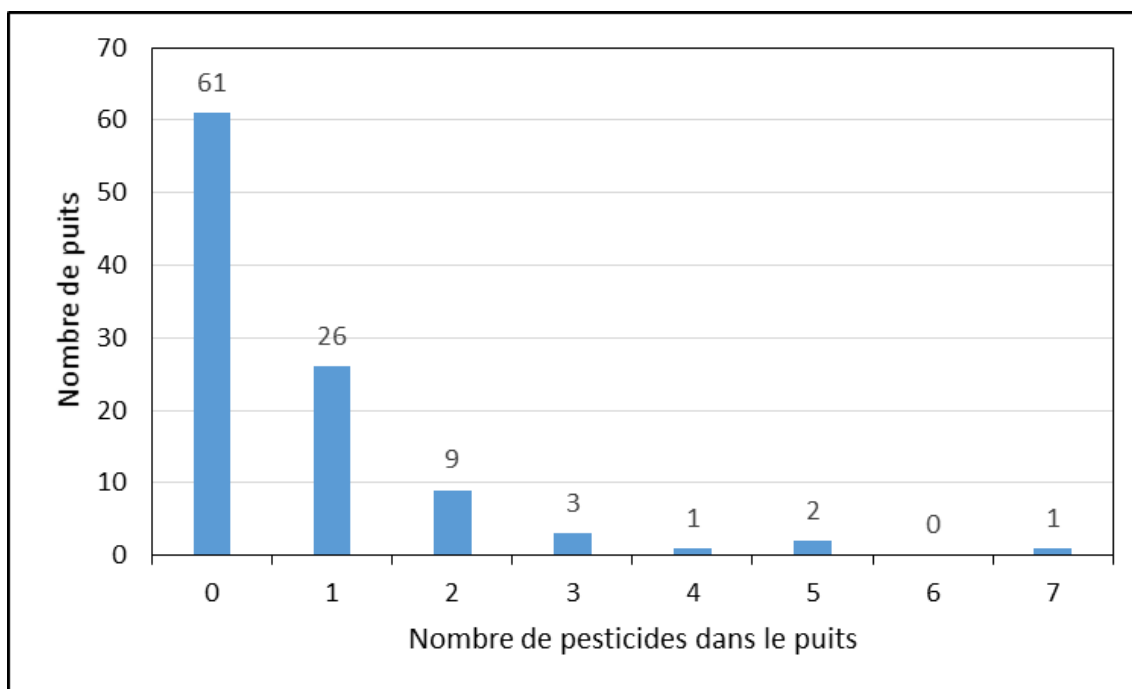


Figure 1 Nombre de pesticides dans les puits

Sur l'ensemble des puits échantillonnés, 86 ont fait l'objet d'une analyse pour les nitrites-nitrates. Dans la plupart d'entre eux, les concentrations sont faibles. En effet, dans 74 puits (86 %), les concentrations de

nitrate sont inférieures au seuil de 5 mg/l N-NO₃, lequel correspond au seuil d'intervention établi dans le [Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection](#) (RPEP). Sept puits présentent des valeurs de 5 à 10 mg/l N-NO₃ et cinq présentent des concentrations supérieures à la norme de 10 mg/l N-NO₃ à ne pas dépasser dans l'eau potable (tableau 4). Ces derniers sont situés dans des secteurs maraîchers (deux puits) et dans des secteurs de petits fruits (trois puits). Les propriétaires des puits concernés ainsi que les directions de santé publique en ont été avisés.

Tableau 4 Proportion des puits et concentrations de nitrates

	Nombre de puits	Nombre de puits par type de culture			
		Maraîchers	Vergers	Vignes	Petits fruits
Total échantillonné	86	25	24	9	28
N-NO ₃ < 5 mg/l	74	19	23	9	23
N-NO ₃ de 5 à 10 mg/l	7	4	1	0	2
N-NO ₃ > 10 mg/l	5	2	0	0	3
Proportion dépassant la norme (%)	7	3,5	0	0	3,5

Pour l'ensemble de la campagne d'échantillonnage de 2012 à 2014, 16 pesticides et 4 produits de dégradation de pesticides, pour un total de 20 substances, ont été détectés (tableau 5). Des herbicides sont détectés dans 37 puits (36 %), des insecticides dans 9 puits (9 %) et des fongicides dans 6 puits (6 %).

Parmi les produits détectés, ceux détectés le plus souvent sont dans l'ordre le 2,6-dichlorobenzamide (BAM), un produit de dégradation de l'herbicide dichlobénil, ainsi que les herbicides β -métolachlore et l'atrazine. Le dichlobénil, dont le produit de dégradation BAM a été détecté, est un herbicide utilisé notamment dans les cultures de petits fruits, comme les framboises, les bleuets et les canneberges. Le β -métolachlore est homologué dans plusieurs cultures maraîchères (pomme de terre, carotte, concombre, poivron, asperge, fraise, bleuet, arbres fruitiers, etc.) ainsi que pour les cultures de maïs ou de soya, qui sont omniprésentes dans les régions échantillonnées. L'atrazine et son produit de dégradation (DEA) proviennent également de la culture du maïs. Plusieurs autres herbicides sont aussi détectés, mais à une fréquence moins importante. Les noms commerciaux des pesticides détectés sont présentés à l'annexe 3.

On note la présence des insecticides chlorantraniliprole et chlorpyrifos, mais aussi des insecticides néonicotinoïdes, soit le thiaméthoxame, l'imidaclopride et ses produits de dégradation ainsi que la clothianidine. Le boscalide est le fongicide détecté le plus souvent.

Quoique la présence de ces produits dans l'eau de consommation ne soit pas souhaitable, toutes les concentrations mesurées sont faibles et respectent largement les normes ou valeurs guides établies pour l'eau potable. Pour plusieurs pesticides ou produits de dégradation détectés (huit), on ne dispose d'aucune norme ou valeur guide.

Tableau 5 Pesticides détectés dans les puits échantillonnés de 2012 à 2014

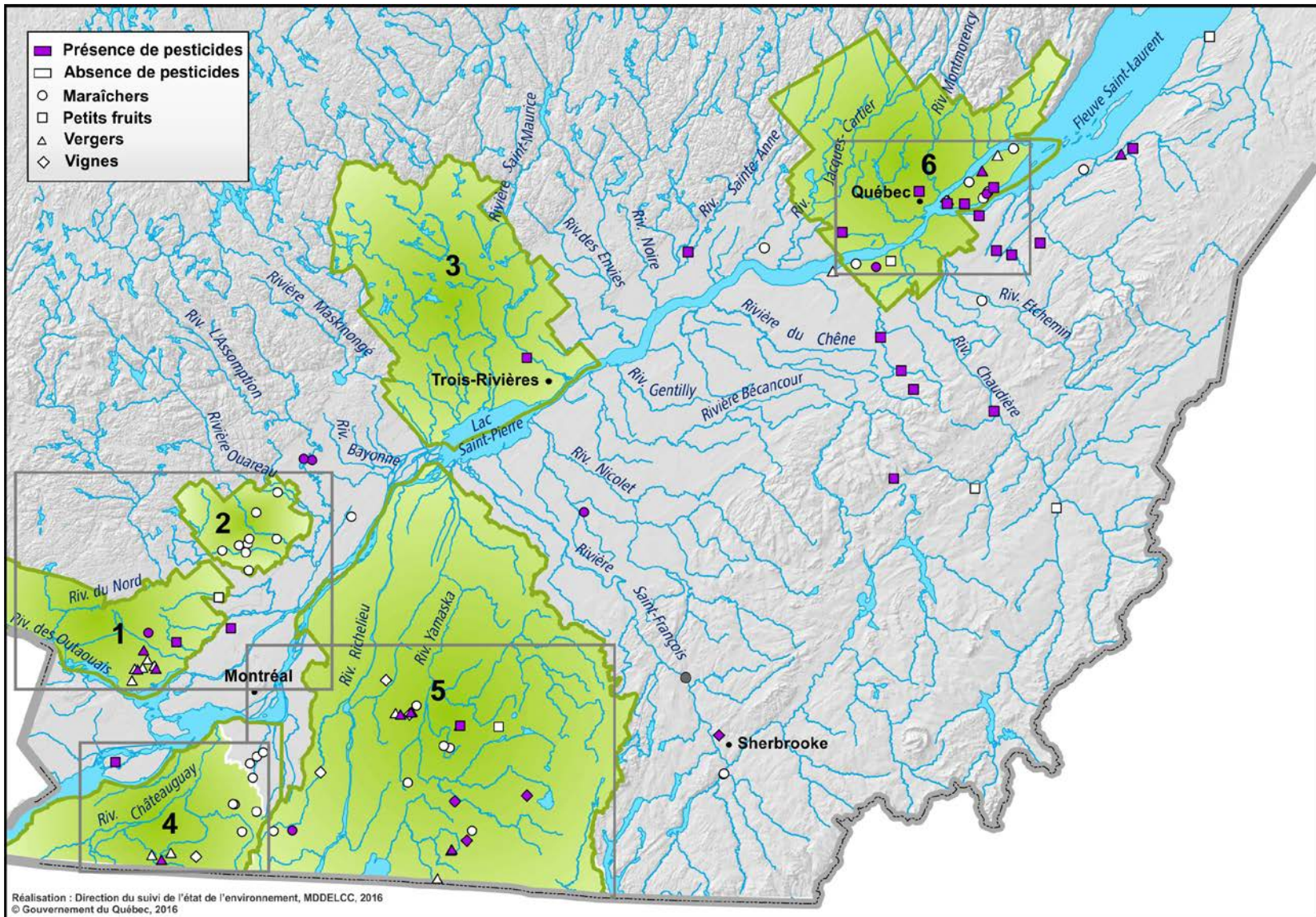
Pesticides	Fréquence de détection	Intervalle des concentrations	Norme ou valeur de référence pour l'eau potable	Source
	Nombre de puits	µg/l	µg/l	
HERBICIDES				
BAM	16	0,02 - 2,5	52,2	1
s-Métolachlore	11	0,01 - 4,8	35	2
Atrazine	8	0,01 - 0,22	3,5	2
DEA	6	0,02 - 0,07	3,5	2
Diméthénamide	4	0,05 - 0,63	2	3
Glyphosate	3	0,07 - 0,1	210	2
Bentazone	1	0,07	300	4
Métribuzine	1	0,53	60	2
Simazine	1	0,03	9	2
INSECTICIDES				
Chlorantranilprole	3	0,004 - 0,01	-	-
Chlorpyrifos	2	0,03 - 0,2	70	2
Thiaméthoxame	2	0,006 -0,01	-	-
Imidaclopride	2	0,04 -0,13	Valeur non publiée	-
Imidaclopride-guanidine	1	0,015		-
Imidaclopride-urée	1	0,003		-
Clothianidine	1	0,0017		-
Carbaryl	1	0,12	70	2
FONGICIDES				
Boscalide	5	0,02 - 0,19	-	-
Métalaxyl	1	0,03	-	-
Myclobutanil	1	0,09	-	-

1 : Danish EPA (Schriks *et al.*, 2010). 2 : Règlement sur la qualité de l'eau potable (Éditeur officiel du Québec, 2014). 3 : Vermont Drinking Water Standard. (Vermont Agency of Agriculture Food & Market, 2015). 4 : OMS, 2008.

Le nombre restreint de puits échantillonnés dans chaque région ne permet pas de faire ressortir des particularités régionales, mais la présence de faibles concentrations de pesticides dans l'eau souterraine est signalée dans toutes les régions visitées (tableau 6 et figure 2). La figure 2 montre aussi les zones pour lesquelles des études hydrogéologiques régionales ont été réalisées.

Tableau 6 Répartition du nombre de puits avec présence de pesticides par régions de 2012 à 2014

Région	Nombre de puits		N avec pesticides / N échantillonnés			
	Total échantillonné	Avec pesticides	Maraîchères	Vergers	Vignes	Petits fruits
Capitale-Nationale	16	8	1/6	1/3	0/1	6/6
Chaudière-Appalaches	21	12	1/5	1/2	-	10/14
Estrie	4	1	0/3	-	1/1	-
Centre-du-Québec	1	1	1/1	-	-	-
Lanaudière	11	2	2/11	-	-	-
Laval	1	1	-	-	-	1/1
Laurentides	11	5	1/1	3/8	-	1/2
Mauricie	1	1	-	-	-	1/1
Montréal	37	11	1/15	5/11	3/7	2/4
TOTAL	103	42	7/42	10/24	4/9	21/28



Études hydrogéologiques : 1. Nord de Montréal (Savard, 2013); 2. MRC de Montcalm (Roy *et al.*, 2004); 3. PACES-Mauricie (Leblanc *et al.*, 2013); 4. Châteauguay (Côté *et al.*, 2006); 5. PACES-Montréal-Est (Carrier *et al.*, 2013); 6. PACES-Communauté métropolitaine de Québec (Talbot *et al.*, 2013).

Encadrés : pour ces zones, une carte illustrant la vulnérabilité de l'eau souterraine et/ou les caractéristiques hydrogéologiques est présentée plus loin dans le rapport.

Figure 2 Répartition des puits échantillonnés pour documenter la présence de pesticides

Résultats par secteurs

Les résultats relatifs aux puits où il y a eu détection de pesticides sont présentés dans le tableau 7 pour les secteurs en cultures maraîchères et les vergers, et dans le tableau 8 pour les vignes et les petits fruits. Les résultats complets concernant l'ensemble des puits sont présentés à l'annexe 2. Il est important de mentionner que dans toutes les régions agricoles où se situent les puits échantillonnés, d'autres cultures que celles qui sont visées ici sont présentes et ont pu influencer les résultats. C'est le cas notamment des cultures de maïs et de soya, qui sont omniprésentes dans l'ensemble des régions visitées.

Cultures maraîchères

Parmi les 42 puits échantillonnés dans les secteurs de cultures maraîchères, 7 puits (16,7 %) ont montré la présence de pesticides et 3 affichent en même temps une concentration de nitrates supérieure à la norme de 10 mg/l N-NO₃ pour l'eau potable. Les pesticides détectés sont variés (tableau 7). Ce sont les herbicides β -métholachlore, diméthénamide et atrazine ainsi que deux produits de dégradation d'herbicide, soit le dééthyl-atrazine (DEA, produit de la dégradation de l'atrazine) et le 2-6-dichlorobenzamide (BAM), un produit de dégradation de l'herbicide dichlobénil. Les insecticides imidacloprides, thiaméthoxame et chlorpyrifos ont aussi été détectés, de même que deux produits de la dégradation de l'imidaclopride, l'imidaclopride-guanidine et l'imidaclopride-urée. Deux fongicides ont été décelés dans le même puits. Il s'agit du boscalide et du métalaxyl.

Vergers

Dans les secteurs des vergers, 24 puits ont été échantillonnés. Parmi ceux-ci, 10 puits (41,7%) montraient la présence de faibles concentrations d'un ou de deux pesticides (tableau 7). Les produits détectés sont le produit de dégradation BAM, ainsi que les herbicides glyphosate, atrazine et β -métholachlore. L'insecticide chlorantraniliprole a été détecté dans deux puits, le carbaryl et le chlorpyrifos dans un puits chacun. Bien que des fongicides soient régulièrement appliqués dans les vergers, aucun n'a été détecté dans l'eau souterraine. Les concentrations de nitrites-nitrates dans ces puits étaient toutes inférieures ou égales à 5 mg/l N-NO₃, ce qui correspond au seuil d'intervention établi dans le RPEP.

Vignes

Parmi les 9 puits échantillonnés près de vignobles (tableau 8), 4 ont montré la présence de pesticides. Les produits trouvés sont le BAM, l'atrazine et le DEA, le β -métholachlore et le fongicide boscalide. Aucun insecticide n'a été détecté, et les concentrations de nitrates sont toutes inférieures au seuil de 5 mg/l N-NO₃, la concentration la plus élevée mesurée étant de 1,8 mg/l N-NO₃.

Petits fruits

Dans les secteurs des petits fruits, 28 puits ont été échantillonnés. De ce nombre, 21 puits (75 %) montraient la présence de pesticides (tableau 8). Les produits détectés le plus souvent sont des herbicides ou des produits de leur dégradation : en particulier le BAM (8 puits), le β -métholachlore (6 puits) et l'atrazine (4 puits). Plusieurs autres herbicides sont aussi détectés ponctuellement : le diméthénamide, le DEA (produit de dégradation de l'atrazine), le clopyralide, le glyphosate et la simazine. Une analyse de dépistage non quantitative a aussi permis de déceler les herbicides terbacil et bensulide dans le même puits. Les fongicides et les insecticides sont moins souvent détectés que les herbicides. Néanmoins, on a trouvé le fongicide boscalide dans 3 puits et le myclobutanil dans un puits. Deux insecticides, le clothianidine et le chlorantraniliprole, ont été détectés dans un puits chacun.

Tableau 7 Concentrations de pesticides et de nitrates détectés dans des puits de secteurs maraîchers et de vergers

Codes puits		Localité	Année	Nitrates mg/l N-NO ₃	Pesticides détectés (µg/l)		
BQMA	Éch				Herbicides	Insecticides	Fongicides
Cultures maraîchères							
12000023	M-4	Saint-Laurent, île d'Orléans	2013	10	Atrazine : 0,05 DEA : 0,07 BAM : 1,8	Imidaclopride : 0,13 l-guanidine : 0,015 l-urée : 0,003 Thiaméthoxame : 0,006	-
02500003	M-10	Lévis	2013	17	γ-Métolachlore : 0,02 DEA : 0,02 BAM : 0,36	Imidaclopride : 0,04 Thiaméthoxame : 0,01	-
03010122	M-7	Sainte-Brigitte-des-Saults	2013	1,2	Bentazone : 0,07	-	-
05220569	M-19	Notre-Dame-de-Lourdes	2012	NA	Diméthénamide : 0,17	-	-
			2013	7,7	Diméthénamide:0,21	-	Boscalide : 0,19
					γ-Métolachlore : 0,08	-	Métalaxyl : 0,03
05220571	M-27	Sainte-Mélanie	2012	NA	γ-Métolachlore : 0,02	-	-
			2013	12	γ-Métolachlore : 0,02	-	-
					Atrazine : 0,02	-	-
04670016	M-29	Mirabel	2013	< 0,02	-	Chlorpyrifos : 0,2	-
03040213	M-44	Napierville	2012	NA	Diméthénamide : 0,63	-	-
			2013	0,02	Diméthénamide : 0,02	-	-
Vergers							
12000033	Ve-1	Sainte-Famille, île d'Orléans	2013	< 0,02	Glyphosate : 0,1	-	-
02310062	Ve-14	Cap-Saint-Ignace	2014	5	BAM : 0,04	-	-
04310086	Ve-4	Oka	2013	3,2	-	Chlorpyrifos : 0,03	-
04670025	Ve-15	Mirabel	2014	0,92	BAM : 0,43	-	-
04300499	Ve-17	Saint-Joseph-du-Lac	2014	0,13	Atrazine : 0,01 γ-Métolachlore : 0,02	-	-
03030476	Ve-7	Dunham	2013	0,39	Glyphosate : 0,07	Chlorantraniliprole : 0,004	-
03090154	Ve-9	Franklin	2013	0,25	BAM : 0,03	-	-
03030481	Ve-10	Rougemont	2013	0,23	-	Chlorantraniliprole : 0,01	-
03030482	Ve-11	Rougemont	2013	< 0,02	BAM: 0,08	-	-
03040301	Ve-21	Rougemont	2014	< 0,02	-	Carbaryl : 0,12	-

NA : non analysé
- : non détecté

Tableau 8 Concentrations de pesticides et de nitrates détectés dans des puits de secteurs de vignes et de petits fruits

Codes puits		Localité	Année	Nitrates mg/l N-NO ₃	Pesticides détectés (µg/l)		
BQMA	Éch				Herbicides	Insecticides	Fongicides
Vignes							
03030478	Vi-2	Brigham	2013	1,8	BAM : 0,15	-	-
03030477	Vi-5	Dunham	2013	1,1	Atrazine : 0,02 DEA : 0,03	-	-
03030480	Vi-6	Lac-Brome	2013	0,3	BAM : 0,9	-	Boscalide : 0,08
03020515	Vi-7	Sherbrooke	2014	0,04	s-Métolachlore : 0,02	-	-
Petits fruits							
05040230	PF-2	Saint-Alban	2013	0,84	-	-	Boscalide : 0,14
05390009	PF-3	Saint-Augustin-de-Desmaures	2013	0,03	s-Métolachlore : 0,01	-	-
05400005	PF-4	Québec	2013	< 0,02	-	-	Myclobutanil : 0,09
12000035	PF-1	Sainte-Pétronille, île d'Orléans	2013	< 0,02	BAM : 0,62	-	-
12000037	PF-17	Saint-Laurent, île d'Orléans	2014	0,06	BAM : 0,05	-	-
12000038	PF-18	Saint-Jean, île d'Orléans	2014	0,18	Clopyralide : 0,04	-	-
02310058	PF-13	Saint-Gervais	2013	19	BAM : 0,32	-	-
02340233	PF-9	Saint-Patrice-de-Beaurivage	2013	< 0,02		-	Boscalide : 0,02
02340234	PF-10	Saint-Joseph-des-Érables	2013	1,5	Atrazine : 0,02 DEA : 0,02	-	-
02400077	PF-6	Thetford Mines	2013	2	Simazine : 0,03 Bensulide (qualitatif) Terbacil (qualitatif)	-	-
02340235	PF-11	Saint-Gilles	2013	< 0,02	-	-	Boscalide : 0,06
02340236	PF-12	Saint-Sylvestre	2013	0,16	Atrazine : 0,22 DEA : 0,03 s-Métolachlore : 0,01	-	-
02310059	PF-19	Saint-Raphaël	2014	2	BAM : 2,5	-	-
02310060	PF-20	Saint-Charles-de-Bellechasse	2014	< 0,02	BAM : 0,03	Clothianidine : 0,0017	-
02310061	PF-22	Cap-Saint-Ignace	2014	8,9	BAM : 0,02	-	-
00000179	PF-23	Beaumont	2014	5	BAM : 0,18 Glyphosate : 0,05	-	-
05010565	PF-14	Trois-Rivières	2013	3,1	s-Métolachlore : 4,8 Métribuzine : 0,53	-	-
04P10001	PF-26	Laval	2014	0,18	BAM : 0,05 s-Métolachlore : 0,1 Diméthénamide : 0,05 Clopyralide : 0,04	Clorantraniliprole : 0,06	-
04660014	PF-24	Saint-Eustache	2014	0,45	Atrazine : 0,02 s-Métolachlore : 0,32 Diméthénamide : 0,05	-	-
04F90001	PF-27	Salaberry-de-Valleyfield	2014	0,3	Atrazine : 0,02	-	-
03030483	PF-28	Saint-Paul-d'Abbotsford	2014	< 0,02	s-Métolachlore : 0,05	-	-

- : non détecté

3. REVUE DES FACTEURS POUVANT INFLUENCER LA DÉTECTION DES PESTICIDES DANS L'EAU SOUTERRAINE

De manière générale, les résultats obtenus au Québec sont cohérents avec les constats des suivis réalisés ailleurs dans le monde. Ainsi, bien que les échantillons aient pu être prélevés dans des conditions différentes, il est intéressant de noter que la proportion des puits touchés (42 %) ainsi que la prépondérance des herbicides dans l'eau souterraine par rapport aux insecticides et aux fongicides sont également observées dans des suivis ailleurs dans le monde, notamment aux États-Unis (De Simone *et al.*, 2014; Eddy-Miller *et al.*, 2013), en Nouvelle Zélande (Close et Skinner, 2012) et en Norvège (Haarstad et Ludvigsen, 2007).

Il est reconnu que la contamination d'un puits peut provenir d'une source éloignée et résulter de mécanismes qui interviennent à une échelle régionale et sur une longue période. Mais elle peut aussi provenir de sources rapprochées et résulter de facteurs locaux qui interviennent dans un intervalle de temps plus court et à proximité du puits échantillonné.

À l'échelle régionale, certains facteurs indépendants des pratiques agricoles peuvent influencer la vulnérabilité de l'aquifère aux contaminants. La topographie du terrain, les caractéristiques du sol en surface et en profondeur ainsi que la profondeur de la nappe phréatique sont des facteurs déterminants de la vulnérabilité des aquifères. Les conditions climatiques telles la fréquence, l'intensité et les quantités des précipitations de même que l'importance des quantités d'eau lors de la fonte de neige peuvent également influencer le transport des pesticides.

À une échelle plus locale, d'autres facteurs de risque interviennent : la distance entre les cultures traitées et le puits, la profondeur du puits, son utilisation pour le remplissage du pulvérisateur ou pour le nettoyage de l'équipement agricole, etc. Les caractéristiques de l'aménagement des puits, telles que la finition du sol à la tête du puits, peuvent aussi influencer leur vulnérabilité à la contamination. Les caractéristiques des pesticides utilisés peuvent également avoir une influence. La solubilité d'une substance dans l'eau ou encore sa propension à s'adsorber aux particules du sol conditionnent sa mobilité et sa persistance dans l'environnement.

La pertinence d'appliquer des analyses statistiques multivariées à ces différents facteurs a été évaluée. La documentation scientifique montre que plusieurs chercheurs ont tenté de corréler des résultats de suivi de la qualité de l'eau souterraine avec des facteurs du milieu afin d'identifier les plus déterminants. Dans une étude américaine à l'échelle nationale, le United States Geological Survey (USGS) a examiné, à l'aide de modèles prédictifs, les divers facteurs les plus susceptibles de prédire les concentrations d'atrazine dans l'aquifère de surface. Même si l'analyse ne portait que sur un seul pesticide et sur l'aquifère de surface uniquement, 50 % de la variabilité des concentrations prédites demeurait inexplicée (Stackelberg *et al.*, 2012). Au Québec, dans une étude portant sur les résultats d'analyse des nitrates et des microorganismes dans l'eau souterraine de la MRC de Montcalm, une analyse de corrélation a été réalisée pour identifier un lien possible entre l'indice de vulnérabilité et la contamination des puits échantillonnés (Roy *et al.*, 2004). Au terme de l'étude, les auteurs concluent que l'analyse n'a pas permis de définir de manière concluante le rôle de la vulnérabilité dans la contamination des puits individuels.

Dans ce contexte et compte tenu du vaste territoire couvert et de la multitude des facteurs susceptibles d'influencer la détection des pesticides, une analyse statistique multivariée ne paraissait pas appropriée. Toutefois, certains de ces facteurs ont été examinés individuellement au regard des résultats de présence ou d'absence de pesticides dans les puits, afin d'identifier lesquels pourraient être les plus déterminants.

Facteurs de risque à l'échelle régionale

Vulnérabilité de l'aquifère rocheux

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer la vulnérabilité des aquifères. La plus utilisée est la méthode DRASTIC. Elle a été créée aux États-Unis par la National Water Well Association (NWWA) et l'Environmental Protection Agency (EPA) pour cartographier la vulnérabilité intrinsèque des aquifères à l'échelle régionale. La vulnérabilité de l'aquifère est évaluée à partir de sept paramètres : la profondeur de l'eau, la recharge, la nature géologique de l'aquifère, la texture du sol, la topographie, l'impact de la zone vadose et la conductivité hydraulique (Côté *et al.*, 2006). L'indice de vulnérabilité DRASTIC peut prendre des valeurs allant de 23 à 226. Plus l'indice est grand, plus le risque de contamination de l'aquifère est important. Le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP) détermine trois niveaux de vulnérabilité des eaux souterraines selon la valeur de l'indice DRASTIC (MDDELCC, 2015). Une valeur de l'indice ≤ 100 indique une vulnérabilité faible, un indice entre 100 et 180 indique une vulnérabilité moyenne, et un indice ≥ 180 montre une vulnérabilité élevée de l'aquifère.

La vulnérabilité de l'aquifère rocheux à l'emplacement de chaque puits échantillonné a été examinée afin de relier ce facteur à la présence/absence de pesticides dans les puits. L'exercice montre que la grande majorité des puits échantillonnés étaient situés dans des zones où l'aquifère rocheux présente une vulnérabilité moyenne, ce qui se révélait peu discriminant. Malgré ces limites, les figures 3 à 6 présentent, à titre indicatif, une localisation régionale des résultats (présence/absence de pesticides), pour 76 des 103 puits échantillonnés en utilisant les cartes de la vulnérabilité de l'aquifère rocheux et, dans certains cas, le contexte hydrogéologique régional. Ces fonds de cartes sont tirés des études PACES (Carrier *et al.*, 2013; Savard, 2013; Talbot *et al.*, 2013) ou d'autres études hydrogéologiques (Côté *et al.*, 2006; Roy *et al.*, 2004).

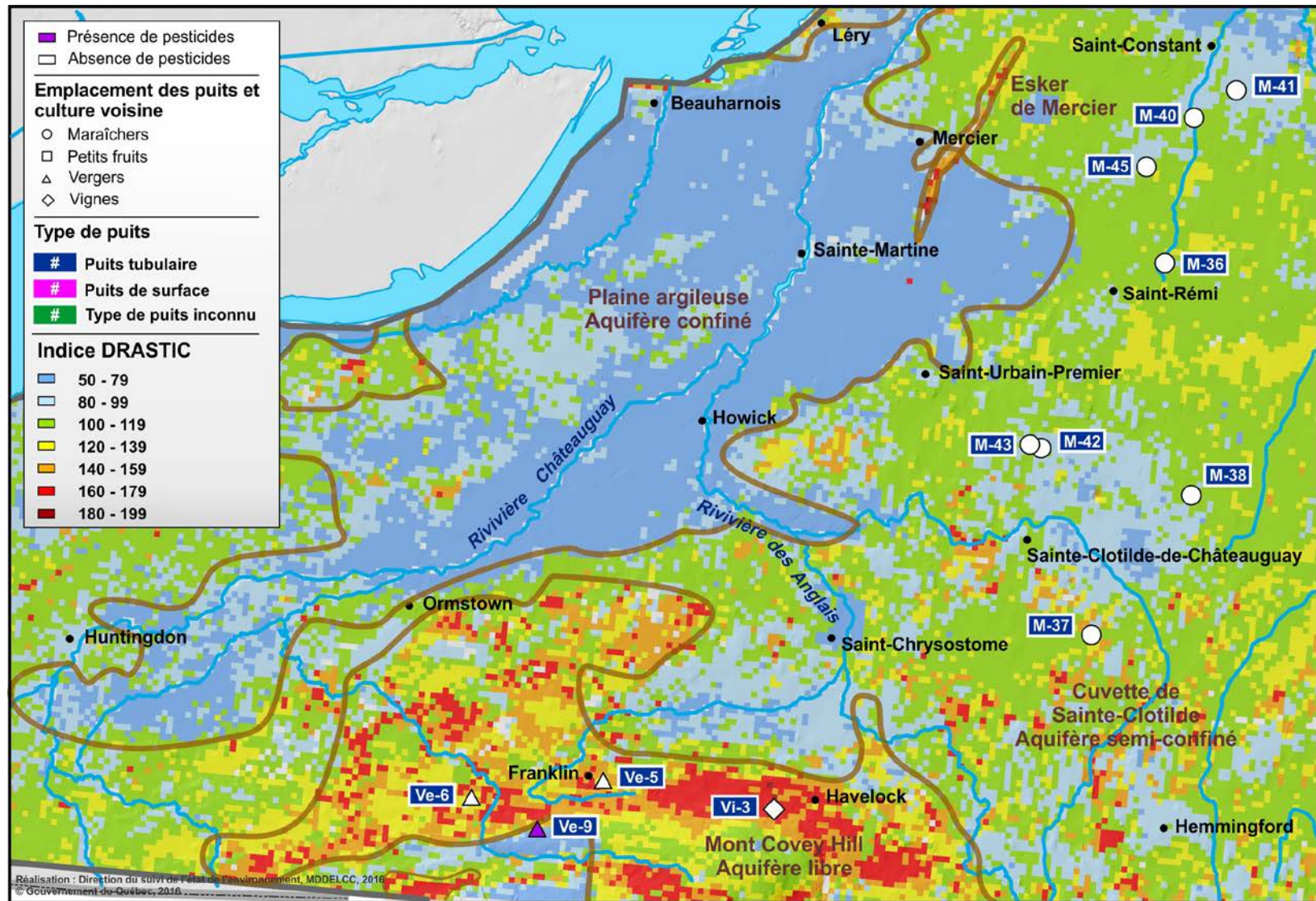
Faute d'avoir une information détaillée sur le type de puits (dans le roc ou dans l'horizon granulaire), leur aménagement et les horizons stratigraphiques traversés pour chacun des puits, il n'a pas été possible de faire de lien entre la vulnérabilité de l'aquifère rocheux et la contamination des puits par les pesticides.

Conditions climatiques

De manière générale, pour un aquifère de nappe libre, la profondeur de l'eau souterraine fluctue avec les variations saisonnières des précipitations. Typiquement, au printemps, avec la fonte de neige et les pluies printanières, le niveau de l'eau souterraine s'élève, diminue en été en raison de l'évapotranspiration et la résurgence vers les rivières et atteint habituellement un minimum en septembre ou en octobre. Par la suite, le niveau remonte avec les pluies d'automne (Côté *et al.*, 2006).

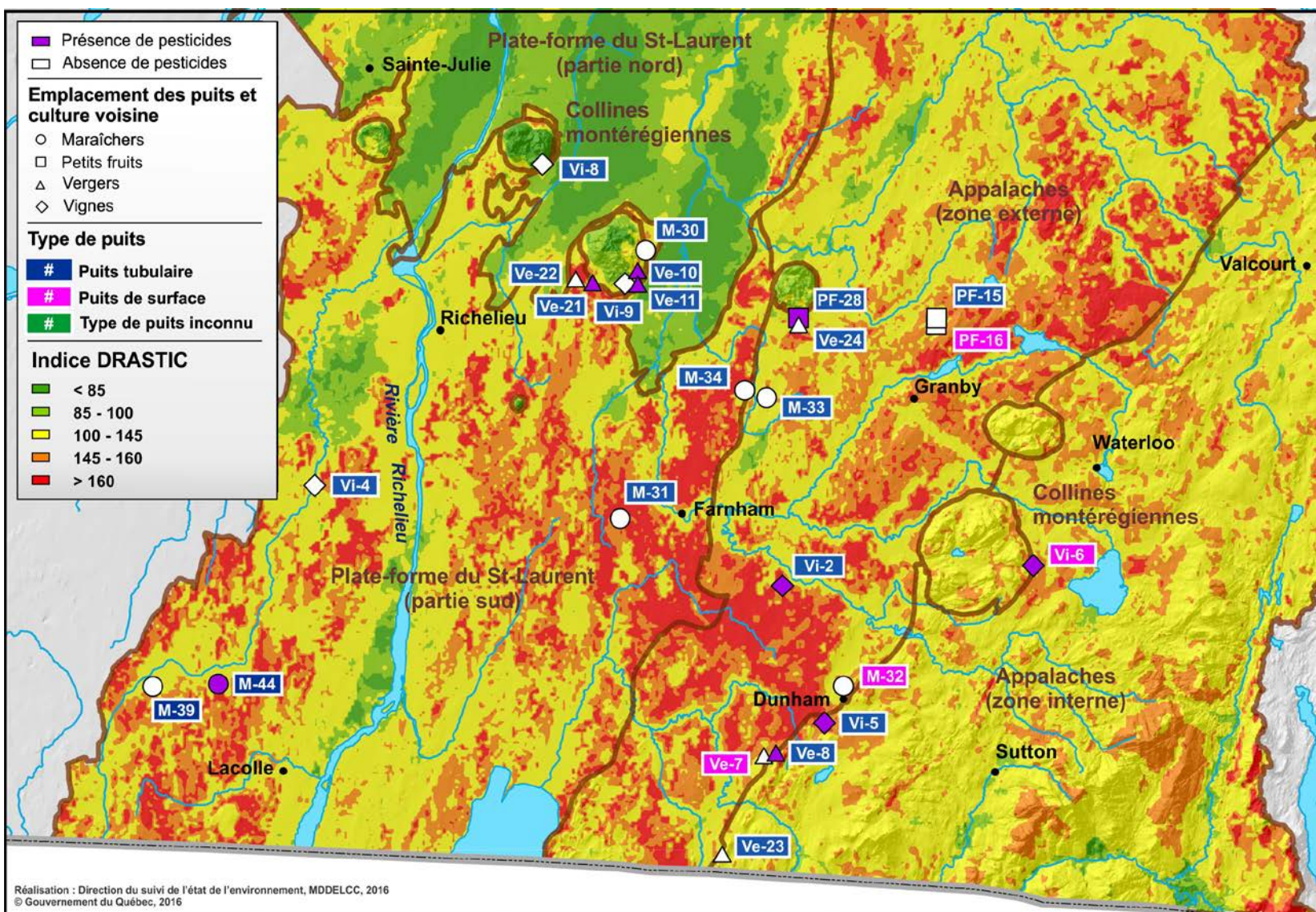
L'emplacement des puits a été superposé aux cartes de la répartition des précipitations totales mensuelles (Service Info Climat, 2015) durant le mois de l'échantillonnage, durant les mois ayant précédé l'échantillonnage et, si pertinent, les mois de la saison de croissance antérieure à l'échantillonnage. Cela afin de mettre en évidence si les régions où sont situés les puits ont reçu beaucoup de pluie. L'hypothèse était que des périodes plus humides ont pu favoriser le transport des pesticides vers les nappes d'eau souterraines. Il ressort que pour 35 puits, des précipitations importantes dans les mois précédant l'échantillonnage ont été enregistrées (voir la colonne « Autres » facteurs de risque à l'annexe 5). De ce nombre, 21 puits montraient la présence de pesticides. Pour ces 21 puits, il est donc possible que l'importance des précipitations ait pu favoriser l'infiltration de l'eau vers l'aquifère et ainsi contribuer dans une certaine mesure à la contamination.

Par contre, les résultats d'une étude antérieure dans des zones où l'eau souterraine est vulnérable (Giroux et Sarrasin, 2011) laissent croire que ce facteur a une faible influence. En effet, les résultats de 7 puits échantillonnés six fois durant l'année tendent à indiquer que les concentrations de pesticides dans l'eau souterraine ne fluctuent qu'assez légèrement et que des pesticides sont décelés quels que soient le moment de l'année et l'importance des précipitations mensuelles enregistrées. Par rapport à d'autres facteurs, le moment de l'échantillonnage ou le synchronisme échantillonnage-précipitations semblent avoir peu d'influence sur la détection ou non de pesticides.



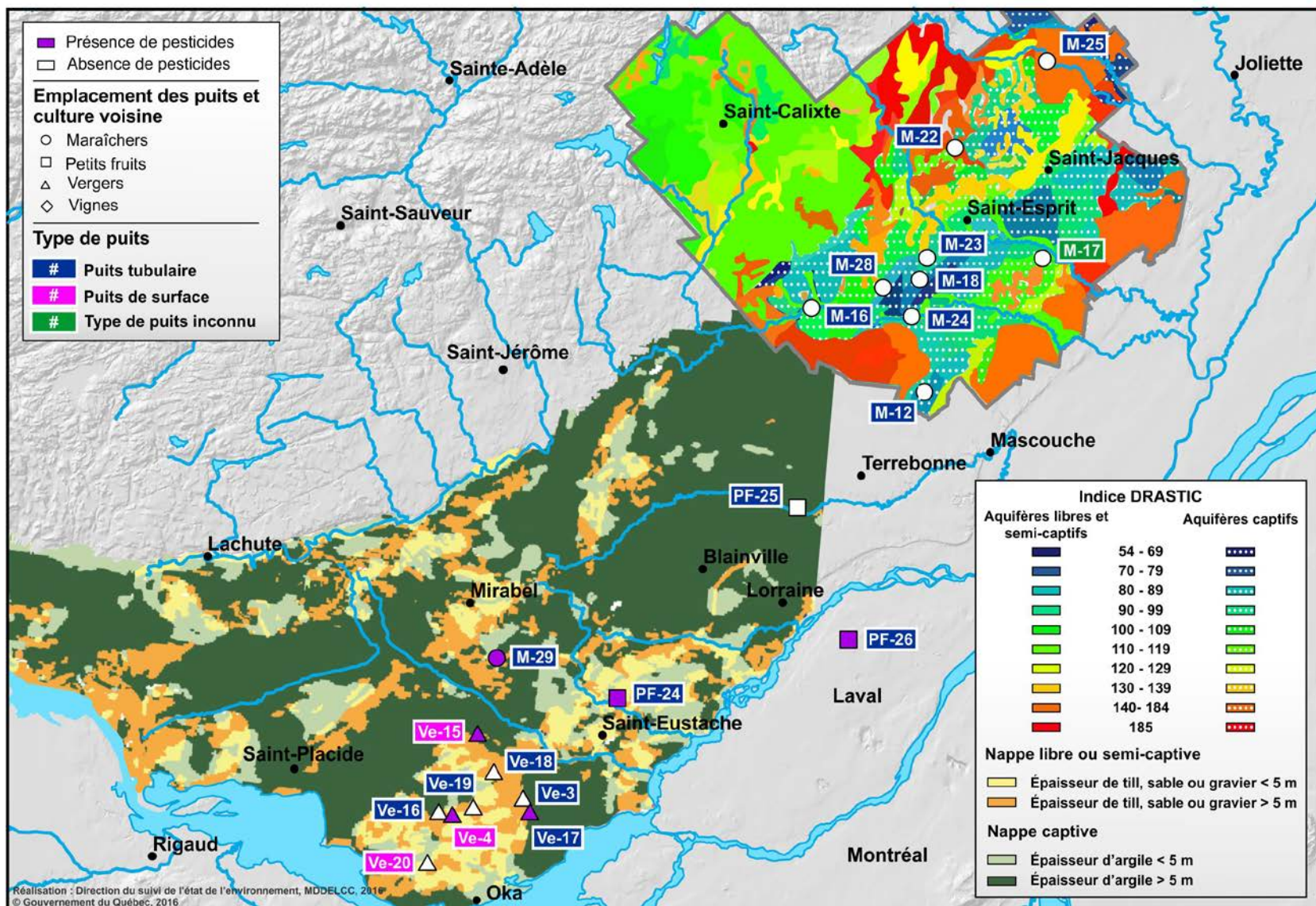
Source pour le contexte hydrogéologique et la vulnérabilité de l'eau souterraine : Côté *et al.*, 2006

Figure 3 Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du bassin de la rivière Châteauguay



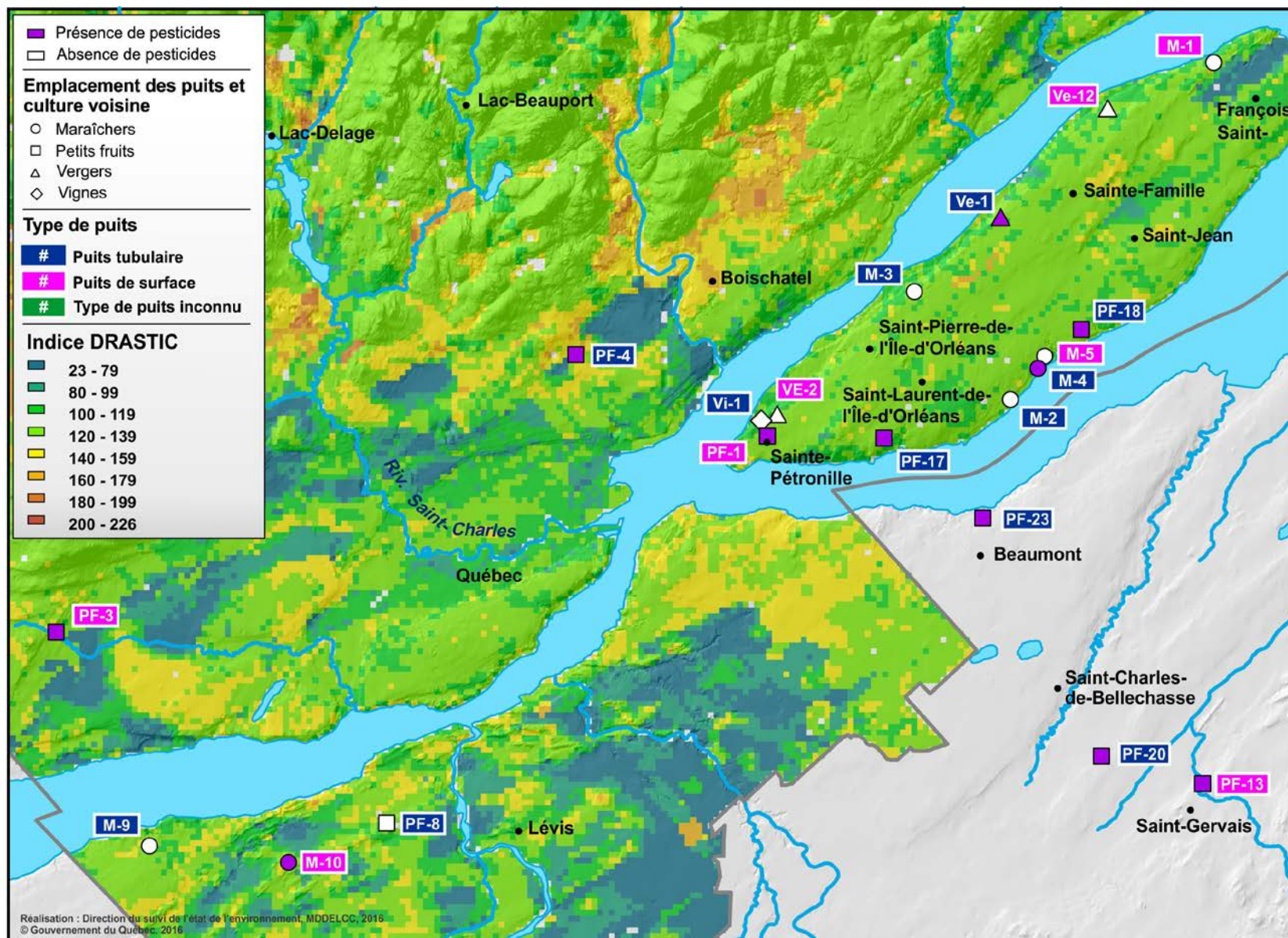
Source pour le contexte hydrogéologique et la vulnérabilité de l'eau souterraine : Carrier et al., 2013

Figure 4 Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux dans la zone Montérégie-Est



Source pour le contexte hydrogéologique et vulnérabilité de l'eau souterraine : Savard, 2013; Roy et al., 2004

Figure 5 Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du secteur nord de Montréal



Source pour le contexte hydrogéologique et vulnérabilité de l'eau souterraine : Talbot et al., 2013

Figure 6 Localisation des puits échantillonnés et vulnérabilité de l'aquifère rocheux du secteur Communauté métropolitaine de Québec

Facteurs de risque à l'échelle locale

Les résultats relatifs à chacun des puits ont aussi été examinés au regard des caractéristiques locales susceptibles d'augmenter les risques de contamination par les pesticides ainsi que celles susceptibles de protéger le puits. Les caractéristiques des puits et des lieux avoisinant ceux-ci sont présentées à l'annexe 4. Ces caractéristiques ont ensuite été classées en fonction de critères jugés plus à risque (annexe 5). Ces caractéristiques ou facteurs de risque sont examinés de façon indépendante, mais notons que chaque puits peut présenter une combinaison de plusieurs facteurs de risque simultanément de même qu'ils peuvent présenter à la fois des facteurs de risque et d'atténuation.

Parmi les caractéristiques générales des puits, mentionnons que 87 des 103 puits échantillonnés servent à l'approvisionnement en eau potable, alors que 16 puits servent uniquement à des usages agricoles. Parmi les 87 puits qui servent à la consommation humaine, 38 sont aussi utilisés pour diverses fonctions reliées à la production agricole. Ainsi, certains d'entre eux servent à la préparation des mélanges de pesticides (36 puits), au lavage des fruits ou des légumes (26 puits), à l'irrigation des cultures (19 puits) ou à la consommation animale (5 puits).

Pesticides utilisés

Parmi les 42 puits où des pesticides ont été détectés, 22 montrent la présence d'un ou de plusieurs produits que le producteur déclare avoir utilisés, ce qui tendrait à confirmer une contamination locale du puits. Parmi les autres 20 puits où des pesticides sont signalés, certains des pesticides détectés laissent également croire que la contamination est locale. Par contre, dans plusieurs cas où l'on trouve le *s*-métolachlore (7 puits), l'atrazine (4 puits), le DEA (4 puits) et le glyphosate (3 puits), il est plus difficile de distinguer si la contamination est locale (usage par le producteur-participant ou un producteur voisin) ou si cela correspond à une contamination plus régionale.

Quelques éléments peuvent expliquer les divergences entre les pesticides détectés et ceux que les producteurs déclarent avoir utilisés :

- La liste des pesticides utilisés n'est pas nécessairement exhaustive : elle peut couvrir seulement les produits utilisés durant l'année de l'échantillonnage, alors qu'un pesticide détecté pourrait avoir été utilisé au cours des années précédentes, sur la même culture ou sur une culture en rotation;
- Le pesticide détecté peut avoir été utilisé par un producteur voisin ou même éloigné du site échantillonné, sur des cultures autres que les cultures visées, notamment les cultures de maïs et de soya, qui sont omniprésentes sur le territoire.

Pour ce qui est de l'atrazine, la détection dans l'eau souterraine résulte vraisemblablement d'une utilisation récurrente du produit année après année dans la culture du maïs. Plusieurs des producteurs-participants cultivent du maïs en plus de la culture horticole visée. L'atrazine peut donc provenir de source locale. Cependant, comme le maïs est omniprésent et occupe de vastes superficies, dans certains cas, l'atrazine pourrait même provenir de source éloignée du puits échantillonné.

Caractéristiques des pesticides

Les caractéristiques des pesticides ou de leurs produits de dégradation peuvent aussi influencer leur détection dans l'eau souterraine (tableau 9). La solubilité de la substance dans l'eau est une caractéristique déterminante dans le devenir et le transport des pesticides (Gorse *et al.*, 2002). En général, les substances très solubles dans l'eau ont moins tendance à s'adsorber dans les sols, alors que celles qui sont peu solubles ont davantage tendance à s'adsorber. Le coefficient d'adsorption sur le carbone organique (K_{oc}) est un indicateur de la propension de la substance à s'adsorber dans le sol. Plus la valeur de K_{oc} est élevée, plus l'ingrédient actif est susceptible d'être adsorbé (Gorse *et al.*, 2002). Le temps de demi-vie (TD_{50}), lequel correspond au temps requis pour que la moitié de la quantité appliquée soit dégradée, est un indicateur de la persistance de la substance dans les sols.

Tableau 9 Caractéristiques des pesticides détectés

Pesticides	Fréquence de détection N ^{bre} de puits	Potentiel de lessivage			Persistance	
		Solubilité dans l'eau mg/l	K _{oc} ml/g	Classe	Sol (TD ₅₀) N ^{bre} jours	Classe
HERBICIDES						
BAM	16	-	41	élevé	1 328	élevée
S-Métolachlore	11	480	110 à 369	élevé	14 à 81	modérée
Atrazine	8	33	39 à 155	modéré	77 à 159	modérée à élevée
DEA	6	-	-	-	45	modérée
Diméthénamide	4	1 200	108	élevé	38 à 59	modérée
Glyphosate	3	10 500	500	faible	49	modérée
Bentazone	1	500	51	élevé	56	modérée
Métribuzine	1	1 200	3 à 47	élevé	106 à 112	
Simazine	1	6,2	103 à 153	élevé	56 à 110	élevée
INSECTICIDES						
Chlorantraniliprole	3	0,88	153 à 526	élevé	208 à 490	élevée
Chlorpyrifos	2	1,05	8 151	faible	76	modérée
Thiaméthoxame	2	4 100	33	élevé	227	élevée
Imidaclopride	2	510	161 à 256	élevé	294	élevée
Imidaclopride-guanidine	1	-	-	-	-	élevée
Imidaclopride-urée	1	-	-	-	-	élevée
Clothianidine	1	327	84 à 345	élevé	743	élevée
Carbaryl	1	9,1	177	faible	4	faible
FONGICIDES						
Boscalide	5	4,6	507	élevé	358	élevée
Métalaxyl	1	8 400	20	élevé	40	modérée
Myclobutanil	1	142	224	élevé	> 75	modérée

Le BAM est le produit de dégradation de l'herbicide dichlobénil. Même si cet herbicide n'est pas parmi les plus utilisés au Québec, la présente étude montre que c'est son produit de dégradation qui a été détecté le plus souvent (16 puits sur 103), notamment dans les puits des secteurs de cultures fruitières (vergers, vignes et petits fruits). Le BAM persiste longtemps dans le sol (TD₅₀ : 1 328 jours) et présente un coefficient d'adsorption faible (K_{oc} : 41), ce qui lui confère un potentiel de lessivage élevé et le rend particulièrement susceptible de contaminer l'eau souterraine. D'ailleurs, ce produit a déjà été détecté dans les eaux souterraines en Suède (Törnqvist *et al.*, 2007), en Finlande (Pukkila et Kontro, 2014), au Danemark (Clausen *et al.*, 2004), en Suisse (OFEV, 2009) et en France (Grousseau, 2013; Lopez et Laurent, 2013). En raison du risque élevé de contamination des eaux souterraines, le dichlobénil est d'ailleurs banni depuis 2010 dans les pays membres de [l'Union européenne](#).

Le fongicide boscalide a été détecté dans 5 des 103 puits échantillonnés. Sa persistance dans le sol (TD₅₀ : 358 jours) et sa mobilité en font un produit dont le potentiel de lessivage est élevé. Aux États-Unis, dans le cadre d'une étude spéciale sur les fongicides menée par le US Geological Survey, le boscalide a été détecté dans 62 % des puits échantillonnés (Reilly *et al.*, 2012).

Le s-métolachlore est le second produit pour la fréquence de détection dans les puits des zones échantillonnées (11 puits sur 103). Sa persistance dans le sol est jugée modérée, mais sa forte solubilité dans l'eau (480 mg/l) augmente son potentiel de lessivage, lequel est jugé élevé. De plus, cet herbicide, en plus d'être utilisé dans des cultures maraîchères, est régulièrement utilisé dans les cultures de maïs et de soya, qui sont omniprésentes sur le territoire agricole québécois.

L'herbicide atrazine est détecté dans 8 puits et son produit de dégradation dans 6 puits, malgré un potentiel de lessivage et une persistance modérés. Sa détection dans l'eau souterraine résulte vraisemblablement d'une utilisation récurrente du produit dans la culture du maïs.

Quelques autres pesticides comme les insecticides néonicotinoïdes (thiaméthoxame, imidaclopride et clothianidine) et le chlorantraniliprole présentent un potentiel de lessivage et une persistance élevés, mais

n'ont été détectés que dans quelques puits seulement. Leur usage relativement récent dans certaines cultures pourrait expliquer cette situation.

Type de sol

Précisons d'abord que le type de sol décrit par les producteurs-participants correspond au sol des champs en culture et à un horizon relativement superficiel. Il ne fait pas référence à la composition stratigraphique du sol en profondeur à l'emplacement du puits.

Sur l'ensemble des 103 puits échantillonnés, 55 puits (tableau 10), soit un peu plus de la moitié, sont situés près de champs que les producteurs agricoles-participants identifient comme ayant des sols sableux, graveleux ou rocailleux, donc des caractéristiques qui permettent à l'eau de s'infiltrer plus rapidement dans le sol. De ces 55 puits, 27 (soit 49 %) montrent la présence de pesticides. Ces résultats sont concordants avec les rapports antérieurs montrant une proportion similaire de puits affectés dans des secteurs de sols sableux près de cultures de pommes de terre ou de bleuetières (Giroux et Sarrasin, 2011; Giroux, 2003; Giroux, 1995; Giroux et St-Gelais, 2010; Giroux *et al.*, 2003).

Parmi les puits échantillonnés, 27 sont situés près de champs décrits comme ayant des sols à texture fine, comme des argiles ou des loams. En ce qui concerne les puits où les propriétaires ont identifié ce type de sol, la proportion des puits présentant des pesticides chute à 18,5 % (soit 5 puits sur 27). Onze puits se situent dans des sols de texture intermédiaire entre les sols sableux et les sols argileux (argilo-sableux ou sablo-argileux). Sept d'entre eux montrent la présence de pesticides.

Profondeur du puits

La plupart des puits échantillonnés sont des puits tubulaires¹ de faible diamètre (73 puits) dont la profondeur peut varier, alors que 26 puits sont des puits de surface de type citerne à large diamètre. Selon l'information recueillie, 31 puits ont une profondeur de moins de 10 mètres (tableau 10) et 64 ont plus de 10 mètres de profondeur. La figure 7 montre la distribution du nombre de puits par classes de profondeur.

Les puits de surface peu profonds sont affectés par la présence de pesticides dans une plus forte proportion (17 puits sur 31 ou 55 %) que les puits profonds (36 %, soit 23 puits sur 64). Bien que les puits de surface soient plus à risque, ces données révèlent qu'une profondeur de plus de 10 mètres ne garantit pas l'absence de pesticides, car d'autres facteurs peuvent intervenir.

¹ Il existe deux types de puits tubulaires, ceux alimentés dans l'horizon granulaire et ceux puisant l'eau dans le roc. Les renseignements recueillis chez les participants ne permettaient pas de distinguer ces deux types de puits. Comme il est évoqué précédemment, il est donc difficile de faire le lien entre l'indice DRASTIC décrivant la vulnérabilité de l'aquifère rocheux et la vulnérabilité des puits échantillonnés. Pour bonifier le suivi, cet aspect sera pris en considération dans la planification des campagnes d'échantillonnage futures.

Tableau 10 Nombre de puits avec et sans pesticides selon le type de sol, la profondeur du puits et la distance cultures-puits

	Nombre de puits		
	Total	Détection de pesticides	Aucun pesticide détecté
Type de sol des champs voisins			
Sols sableux, graveleux ou rocaillieux	55	27	28
Sols argileux ou loams	27	5	22
Autres types de sol ¹	11	7	4
Pas d'information	10	3	7
Profondeur du puits			
Moins de 10 mètres	31	17	14
Plus de 10 mètres	64	23	41
Pas d'information	8	3	5
Distance cultures-puits			
Moins de 30,5 mètres	61	24	37
31 à 50 mètres	17	4	13
51 à 100 mètres	17	11	6
Plus de 100 mètres	7	3	4
Pas d'information	1	-	1
	103	42	61

¹ Cette catégorie regroupe des sols de texture intermédiaire ainsi que des sols qu'il nous a été impossible de classer dans les deux catégories précédentes : sols organiques, « tuff », « terre franche », calcaire, etc.

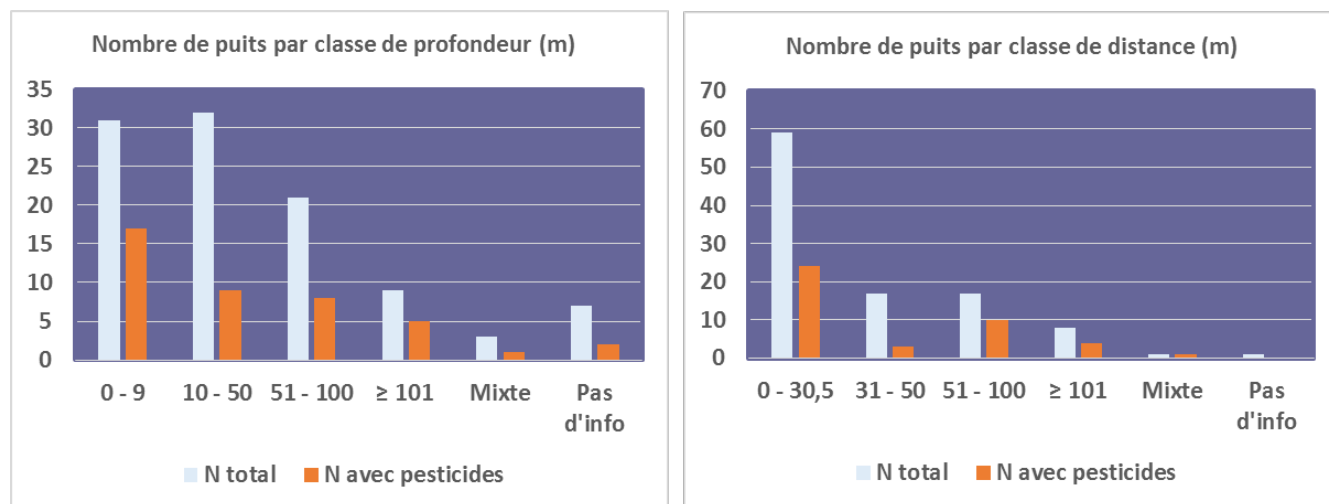


Figure 7 Répartition des puits échantillonnés par classes de profondeur et de distance par rapport aux cultures ciblées

Distance entre les cultures et le puits

Bien que le Code de gestion des pesticides prévoie qu'une distance de 30 mètres doit être respectée lors de l'application de pesticides à proximité d'un puits qui sert à l'approvisionnement en eau potable, une proportion importante des puits échantillonnés (59 % ou 61 puits) sont situés à 30 mètres ou moins des cultures (tableau 10). Une certaine proximité entre les puits et les cultures faisait partie des critères des puits sélectionnés pour l'échantillonnage afin d'évaluer s'il y avait contamination lors de situations jugées plus à risque. Il est donc normal que l'on ait une proportion élevée de puits à moins de 30 mètres des champs et une faible représentativité des puits éloignés. Puisque la plupart des puits sont relativement proches des cultures, le facteur se révèle peu discriminant. Ainsi, parmi les 42 puits où l'on détecte la présence de pesticides, 24 (57 %) sont des puits situés à 30 mètres ou moins des cultures. Les 18 autres puits contaminés se situent entre 31 et 50 mètres (4 puits), entre 51 et 100 mètres (11 puits) et à plus de 100 mètres (3 puits) des cultures du producteur-participant.

Toutefois, aucun pesticide n'a été détecté dans près de 60 % des puits situés à moins de 30 mètres des cultures. Cette situation laisse croire que la proximité entre les puits et les cultures n'est pas systématiquement un facteur de risque, mais peut devenir particulièrement déterminante lorsque d'autres facteurs interviennent, tels que la direction d'écoulement de l'eau souterraine, la présence d'un sol perméable (comme dans le cas des sols sableux par exemple) et une faible profondeur du puits.

Notons que les données recueillies sur la distance entre le puits et la culture traitée sont parfois imprécises, soit parce que la culture visée n'est pas nécessairement la plus rapprochée du puits, soit parce que les distances notées sont celles des champs du producteur-participant alors que les champs les plus près du puits peuvent être ceux d'un voisin. De plus, certaines cultures sont en rotation et peuvent changer d'emplacement d'une année à l'autre.

Dans les faits, la distance entre les puits et les cultures constitue un facteur déterminant, mais elle doit être considérée en relation avec d'autres facteurs.

Pente du terrain et sens d'écoulement de l'eau souterraine entre les cultures et le puits

Plusieurs puits échantillonnés sont situés en bas de pente (en aval) par rapport aux cultures traitées. Cette situation implique que le sens d'écoulement naturel des eaux souterraines (et des eaux de surface) se dirige vers le puits. En l'absence de pente du terrain, l'eau souterraine tend à s'écouler vers le cours d'eau le plus proche. Les structures de drainage souterrain peuvent également avoir une influence sur le transport des pesticides vers les eaux souterraines. Elles interceptent l'eau et les pesticides qu'elle transporte, et contribuent, localement, à abaisser le niveau de la nappe et à réduire les pesticides transportés vers l'eau souterraine. Les eaux drainées contenant des pesticides sont toutefois rejetées vers les cours d'eau (Stackelberg *et al.*, 2012). Les installations de drainage souterrain n'ont pas été répertoriées dans la présente étude.

Parmi les 103 puits échantillonnés, 24 présentent une configuration en bas de pente par rapport aux cultures traitées. Parmi ceux-ci, 17 puits (71 %) montrent la présence de pesticides. Pour les 75 puits qui sont dans des terrains plats, le sens d'écoulement de l'eau souterraine n'a pas été identifié. Ces 75 puits sont affectés par la présence de pesticides dans une proportion de 33 %, alors que les puits qui se situent en haut de pente par rapport aux cultures (4 puits) ne sont pas affectés par la présence de pesticides. La localisation du puits en bas de pente par rapport aux cultures traitées, donc en aval par rapport au sens d'écoulement des eaux souterraines et de surface, semble donc un paramètre important de la contamination.

Utilisation de l'eau du puits pour la préparation des mélanges de pesticides

Plusieurs producteurs agricoles utilisent l'eau souterraine pour le remplissage du pulvérisateur et la préparation des « bouillies » de pesticides à appliquer sur les cultures. L'article 37 du [Code de gestion des pesticides](#) précise que lors de la préparation des pesticides, le système d'alimentation en eau doit être conçu pour empêcher le retour des pesticides vers la source d'alimentation en eau.

Parmi les 103 puits échantillonnés, 35 seraient utilisés pour le remplissage du pulvérisateur pour la préparation des mélanges de pesticides à pulvériser sur les cultures, mais on ignore si les installations de remplissage sont dotées de systèmes anti-retour. Parmi les 35 puits utilisés à cette fin, il y a 14 puits (40 %) où l'on a détecté des pesticides.

Autres facteurs

Quelques puits qui ne seraient pas utilisés pour la préparation des mélanges montraient néanmoins la présence de plusieurs pesticides utilisés par le producteur, laissant croire que la contamination du puits est relativement directe (M-4, M-10, PF-26). D'autres facteurs tels le déversement des surplus de bouillies ou le nettoyage d'équipement ou de contenants à proximité du puits pourraient être en cause.

Les caractéristiques d'aménagement du puits sont des éléments qui peuvent influencer sa protection ou au contraire sa contamination. Des règles d'aménagement pour les différents types de puits (puits tubulaire, puits de surface, pointe filtrante et captage de source) sont prévues dans le Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (RPEP). Des puits mal aménagés ou détériorés peuvent constituer des voies d'entrée préférentielles des contaminants vers l'eau souterraine. L'eau de surface contaminée peut s'infiltrer le long du tubage du puits. Par ailleurs, la présence de plusieurs autres puits au voisinage du puits échantillonné, par exemple des puits abandonnés ou des puits utilisés pour l'irrigation des cultures, peut aussi avoir une influence sur la contamination des eaux souterraines (Dravillas et Ilvento).

Parmi les éléments répertoriés au moment de l'échantillonnage et qui pourraient influencer la présence de pesticides, on note la présence de plusieurs puits interreliés sur la propriété dont certains sont peu profonds (puits M-7 et PF-12) et des puits de surface mal couverts (VI-6 et PF-19). L'accumulation d'eau à proximité du puits, par exemple le rejet des eaux de lavage à proximité du puits ou de l'eau de ruissellement d'un toit qui s'accumule à proximité du puits, a aussi été notée.

CONCLUSION

Les résultats obtenus ont permis de mieux connaître l'impact sur la qualité de l'eau souterraine de l'utilisation des pesticides dans les cultures maraîchères, de vergers, de vignes et de petits fruits dans plusieurs régions agricoles du Québec. Globalement, parmi les 103 puits échantillonnés, une proportion de 42 % montrait la présence de pesticides. Plus particulièrement, c'est 17 % des puits échantillonnés dans les secteurs maraîchers, 42 % de ceux échantillonnés près de vergers, 44 % de ceux près de vignes et 75 % des puits échantillonnés dans les secteurs en cultures de petits fruits. Des pesticides ont été détectés dans l'eau souterraine de toutes les régions investiguées.

Les concentrations mesurées de pesticides sont faibles et respectent les normes ou valeurs guides existantes quant à la présence de ces produits dans l'eau potable. Dans la plupart des puits, les concentrations de nitrates sont faibles. Quelques puits (5 puits) ont montré des concentrations de nitrates supérieures à la norme de 10 mg/l N-NO₃ établie pour l'eau potable.

Au total, 20 pesticides et produits de dégradation ont été détectés dans l'eau souterraine : 9 herbicides (ou produits de dégradation), 8 insecticides (ou produits de dégradation) et 3 fongicides.

L'herbicide dichlobénil n'est pas parmi les plus utilisés au Québec, mais son produit de dégradation, le 2,6-dichlorobenzamide (aussi appelé BAM), est le produit détecté le plus souvent dans l'eau souterraine des secteurs étudiés, notamment près des champs en cultures de petits fruits. Les concentrations mesurées sont toutefois faibles et largement en dessous de la valeur de référence établie pour l'eau potable.

Par ailleurs, même si l'étude portait sur les cultures maraîchères, les vergers, les vignes et les petits fruits, la détection de pesticides liés aux cultures de maïs et de soya, comme l'herbicide atrazine et son produit de dégradation, le DEA, ainsi que le β -métochlor, semble indiquer que ces cultures, omniprésentes dans le sud du Québec, influencent aussi la qualité des eaux souterraines.

L'examen des résultats d'analyse et des caractéristiques des puits et des lieux avoisinant ceux-ci, ainsi que des pesticides utilisés dans les cultures voisines laisse croire que la plupart des cas de détection de pesticides sont reliés à des facteurs de risque locaux (source de contamination relativement rapprochée). De plus, dans la plupart des cas où des pesticides sont détectés, un ensemble de facteurs sont vraisemblablement en cause. La faible profondeur du puits, des sols sableux et la localisation du puits en bas de pente par rapport aux cultures sont parmi les facteurs qui semblent les plus déterminants.

Par ailleurs, l'exercice a permis d'identifier des éléments à améliorer pour les suivis futurs. Notamment, il serait nécessaire d'utiliser les cartes de vulnérabilité de l'aquifère pour identifier *a priori* les secteurs où des puits devraient être sélectionnés pour le suivi, ainsi que de mieux détailler le type de puits et la stratigraphie des horizons traversés par le puits.

BIBLIOGRAPHIE

CARRIER, M.-A., R. LEFEBVRE, C. RIVARD, M. PARENT, J.-M. BALLARD, N. BENOIT, H. VIGNEAULT, C. BEAUDRY, X. MALET, M. LAURENCELLE, J.-S. GOSSELIN, P. LADEVÈZE, R. THÉRIAULT, I. BEAUDIN, A. MICHAUD, A. PUGIN, R. MORIN, H. CROW, E. GLOAGUEN, J. BLESER, A. MARTIN, LAVOIE, (2013). *Portrait des ressources en eau souterraine en Montérégie Est*, Québec, Canada, Projet réalisé conjointement par l'INRS, la CGC, l'OBV Yamaska et l'IRDA dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines, rapport final INRS R-1433, soumis en juin 2013.

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

CLAUSEN, L., F. LARSEN, H.J. ALBRECHTSEN, (2004). "Sorption of the Herbicide Dichlobenil and the Metabolite 2,6-Dichlorobenzamide on Soils and Aquifer Sediments", *Environmental Science & Technology*, vol. 38, n° 17, p. 4510-4518.

CLOSE, M.E., A. SKINNER, (2012). "Sixth National Survey of Pesticides in Groundwater in New Zealand", *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research*, vol. 46, n° 4, p. 443-457.

DE SIMONE, L.A., P.B. MCMAHON, M.R. ROSEN, (2014). *The Quality of our Nation's Waters – Water Quality in Principal Aquifers of the United States, 1991-2010*, U.S. Geological Survey Circular 1360, 151 p., [En ligne], <http://dx.doi.org/10.3133/cir1360>.

DRAVILLAS, M., T. ILVENTO, (?). *Assessing and Reducing the Risk of Groundwater Contamination from Drinking Well Water Condition*, University of Kentucky Cooperative Extension Service, [En ligne], <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/ip/ip40/ip40.htm>.

EDDY-MILLER, C.A., T.T. BARTOS, M.L. TAYLOR, (2013). *Pesticides in Wyoming Groundwater, 2008-10*, U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2013-5064, [En ligne], <http://pubs.usgs.gov/sir/2013/5064/>.

ÉDITEUR OFFICIEL DU QUÉBEC, 2014. *Règlement sur la qualité de l'eau potable, Q-2, r.40*, [En ligne], http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/Q_2/Q2R40.htm.

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 ann.

GIROUX, I., I. ST-GELAIS, (2010). *Hexazinone dans des prises d'eau potable près de bleuetières, Saguenay–Lac-Saint-Jean*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Direction régionale du centre de contrôle environnemental du Saguenay–Lac-Saint-Jean, ISBN 978-2-550-60075-6, 16 p. et 3 annexes.

GIROUX, I., N. ROY, C. LAMONTAGNE, (2010). « Présence de pesticides dans l'eau souterraine en milieu agricole : Étude pilote du bassin versant de la rivière Châteauguay », *Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 35, n° 4, p. 527-542.

GIROUX, I., Y. GIRARD, H. TREMBLAY, (2003). *Concentrations d'hexazinone dans des prises d'eau potable près de bleuetières du Saguenay–Lac-Saint-Jean*, ministère de l'Environnement, 9 p. et 2 ann.

GIROUX, I., (2003). *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre*, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 23 p. et 3 ann.

GIROUX, I., (1995). *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions de culture de pommes de terre, Campagnes d'échantillonnage 1991-1992-1993*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, ISBN 2-550-24396-X, 37 p. et 3 ann.

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 ann.

GORSE, I., F. GRÉGOIRE, C. LAVERDIÈRE, T. ROUSSEL, (2002). *Répertoire des principaux pesticides utilisés au Québec*, Les Publications du Québec, ISBN 2-551-16754-X, p. 475.

GROUSSEAU, G., (2013). *Pesticides et qualité des eaux souterraines utilisées pour la production d'eau potable en pays de la Loire, Situation 2010-2011, Évolution depuis 1996*, Agence régionale de santé (ARS), Pays de la Loire, 33 p.

HAARSTAD, K., G.H. LUDVIGSEN, (2007). "Ten Years of Pesticide Monitoring in Norwegian Ground Water", *Groundwater Monitoring & Remediation*, vol 27, n° 3, p 75-89.

LEBLANC, Y., G. LÉGARÉ, K. LACASSE, M. PARENT, S. CAMPEAU, (2013). Caractérisation hydrogéologique du sud-ouest de la Mauricie, Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 134 p., 15 ann. et 30 documents.

LOPEZ, B., A. LAURENT, (2013). *Campagne exceptionnelle d'analyse des substances présentes dans les eaux souterraines de métropole*, Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) et Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), BRGM/RP-61853-FR, 115 p.

MDDELCC, (2015). *Guide de réalisation des analyses de la vulnérabilité des sources destinées à l'alimentation en eau potable au Québec*, 181 p., [En ligne <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/prelevements/guide-analyse-vulnerabilite-des-sources.pdf>] (page consultée le 28/05/2015).

OFEV, (2009). *Améliorer la protection des eaux souterraines*, Confédération suisse, Office fédéral de l'environnement, 15 p.

PUKKILA, V., M.H. KONTRO, (2014). "Dichlobenil and 2,6-dichlorobenzamide (BAM) Dissipation in Topsoil and Deposits from Groundwater Environment within the Boreal Region in Southern Finland", *Environmental Science And Pollution Research*, vol. 21, p. 2289-2297.

REILLY, T.J., K.L. SMALLING, J.L. ORLANDO, K.M. KUIVILA, (2012). "Occurrence of Boscalid and Other Selected Fungicides in Surface Water and Groundwater in Three Targeted Use Areas in the United States", *Chemosphere*, vol. 89, p. 228-234.

ROY, N., N. ROUSSEAU, P. CANTIN, P. CARDINAL, P. GÉLINAS, (2004). *Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versants en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé, Influence de la vulnérabilité des aquifères sur la qualité de l'eau des puits individuels dans la MRC de Montcalm*, ministère de l'Environnement, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Université Laval, ISBN-2-550-43509.

SAVARD, M. M., (2013). *Inventaire canadien des ressources en eau souterraine : Caractérisation hydrogéologique régionale et intégrée du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec*, Commission géologique du Canada, Bulletin 587, 106 p.

SCHRIKS, M., M.B. HERINGA, M.M. VAN DER KOOI, P. DE VOOGT, A.P. VAN WEZEL, (2010). "Toxicological Relevance of Emerging Contaminants for Drinking Water Quality", *Water Research*, vol. 44, n° 2, p. 461-476.

SERVICE INFO CLIMAT, (2015). *Cartes de la somme des précipitations mensuelles élaborées à l'interne par le Service Info Climat pour la période à l'étude*, MDDELCC.

STACKELBERG, P.E., J.E. BARBASH, R.J. GILLIOM, W.W. STONE, D.M. WOLOCK, (2012). "Regression Models for Estimating Concentrations of Atrazine plus Deethylatrazine in Shallow Groundwater in Agricultural Areas of the United States", *Journal of Environmental Quality*, vol. 41, p. 479-494.

TALBOT-POULIN, M. C., G. COMEAU, Y. TREMBLAY, R. THERRIEN, M. M. NADEAU, J. M. LEMIEUX, J. MOLSON, R. FORTIER, P. THERRIEN, L. LAMARCHE, F. DONATI-DAOUST, S. BÉRUBÉ, (2013). *Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, Rapport final*, Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, mars 2013, 172 p., 19 ann., 28 cartes.

TÖRNQVIST, M., J. KREUGER, S. ADIELSSON, (2007). *Occurrence of Pesticides in Swedish Water Resources Against a Background of National Risk-Reduction Programmes – Results from 20 Years of Monitoring*, XIII Symposium Pesticide Chemistry, 8 p.

VERMONT AGENCY OF AGRICULTURE, FOOD AND MARKET, (2015). Pesticides and Groundwater Monitoring, http://agriculture.vermont.gov/pesticide_regulation/groundwater_monitoring.

Annexes

Annexe 1 Paramètres analysés et description des analyses

Puits		Paramètres									
N° BQMA	Code	NO ₂ -NO ₃	OPS+	PES-GOLF	IMIDA	ETU	DIQ-PAQ	GLY-AMPA	FRIN	PESARY	OC
12000029	M-1	X	X								
12000030	M-2	X	X		X						
12000031	M-3	X	X		X			X		X	
12000023	M-4	X	X		X			X			
12000032	M-5	X	X		X		X			X	
05070024	M-6	X	X	X				X			
03010122	M-7	X	X	X				X		X	
02310057	M-8	X	X					X		X	
02A10001	M-9	X	X			X		X		X	
02500003	M-10	X	X		X		X			X	
02330067	M-11	X	X					X		X	
05220470	M-12	X	X	X							
03020488	M-13	X	X	X		X				X	
03020489	M-14	X	X					X	X		
03020490	M-15	X	X					X		X	
05220574	M-16		X		X						
05220577	M-17		X		X						
05220575	M-18		X		X						
05220569	M-19	X	X		X						
05220568	M-21		X		X						
05220570	M-22		X		X						
05220572	M-23		X		X						
05220576	M-24		X		X						
05220573	M-25		X		X						
05220571	M-27	X	X		X						
05220554	M-28	X	X		X						
04670016	M-29	X	X								
03030452	M-30		X		X						
03030453	M-31		X		X						
03030454	M-32		X		X						
03030455	M-33		X		X						
03030456	M-34		X		X						
03080005	M-36		X		X						
03090106	M-37		X		X						
03070012	M-38		X		X						
03070009	M-39		X		X						
03080009	M-40	X	X		X			X			
03080010	M-41	X	X		X						
03090146	M-42	X	X	X			X	X			
03090147	M-43	X	X	X			X	X			
03040213	M-44	X	X		X						
03080011	M-45	X	X				X				
12000035	PF-1	X	X	X		X		X			
05040230	PF-2	X	X	X				X		X	
05390009	PF-3	X	X	X			X			X	
05400005	PF-4	X	X	X	X			X			
02340231	PF-5	X	X	X							X
02400077	PF-6	X	X	X							X
02340230	PF-7	X	X	X				X		X	
02340229	PF-8	X	X	X			X	X			
02340233	PF-9	X	X	X	X			X			
02340234	PF-10	X	X					X			

Grisé : une analyse de dépistage a été réalisée en complément sur ces échantillons

Annexe 1 Paramètres analysés et description des analyses (suite)

Puits		Paramètres analysés									
N° BQMA	Code	NO ₂ -NO ₃	OPS+	PES-GOLF	IMIDA	ETU	DIQ-PAQ	GLY-AMPA	FRIN	PESARY	OC
02340235	PF-11	X	X	X	X			X		X	
02340236	PF-12	X	X				X				
02310058	PF-13	X	X	X		X	X				
05010565	PF-14	X	X	X		X					
03030459	PF-15	X	X	X				X			
03030460	PF-16	X	X	X				X			
12000037	PF-17	X	X			X					
12000038	PF-18	X	X		X			X		X	
02310059	PF-19	X	X			X	X				
02310060	PF-20	X	X		X		X				
02280011	PF-21	X	X		X			X			
02310061	PF-22	X	X			X					
00000179	PF-23	X	X					X		X	
04660014	PF-24	X	X		X			X			
04640045	PF-25	X	X			X		X		X	
04P10001	PF-26	X	X					X	X	X	
04F90001	PF-27	X	X		X			X			
03030483	PF-28	X	X				X				
12000033	Ve-1	X	X			X		X			
12000036	Ve-2	X	X			X		X			
04310097	Ve-3	X	X		X	X		X	X		
04310086	Ve-4	X	X		X	X			X		
03090056	Ve-5	X	X	X		X	X	X	X		
03090109	Ve-6	X	X	X	X	X	X	X	X		
03030476	Ve-7	X	X	X		X		X	X		
03030479	Ve-8	X	X			X	X	X	X		
03090154	Ve-9	X	X	X		X	X	X	X		
03030481	Ve-10	X	X			X			X		
03030482	Ve-11	X	X			X	X	X	X		
12000039	Ve-12	X	X			X		X			
02G40001	Ve-13	X	X		X	X		X		X	
02310062	Ve-14	X	X			X		X			
04670025	Ve-15	X	X			X		X		X	
04670026	Ve-16	X	X		X	X	X	X			
04300499	Ve-17	X	X			X					
04670028	Ve-18	X	X			X		X		X	
04670027	Ve-19	X	X			X					
04300498	Ve-20	X	X					X		X	
03040301	Ve-21	X	X			X	X	X			
03040302	Ve-22	X	X		X	X		X			
03040303	Ve-23	X	X			X		X			
03030484	Ve-24	X	X			X		X			
12000034	Vi-1	X	X	X		X	X	X			
03030478	Vi-2	X	X	X		X		X			X
03090153	Vi-3	X	X	X		X		X			
03040272	Vi-4	X	X	X							
03030477	Vi-5	X	X	X							
03030480	Vi-6	X	X	X	X	X		X			
03020515	Vi-7	X	X								
03040300	Vi-8	X	X				X				
03030485	Vi-9	X	X								

Grisé : une analyse de dépistage a été réalisée en complément sur ces échantillons

Description des analyses

Nitrites-Nitrates (MA. 303 – NO₃ 1.0)

La détermination des nitrites et nitrates s'effectue en utilisant un instrument qui permet de réaliser automatiquement des réactions colorimétriques proportionnelles à la concentration des ions nitrite et nitrate. Le nitrate est d'abord réduit en nitrite en milieu alcalin par l'intermédiaire du sulfate d'hydrazine et en présence de sulfate de cuivre, qui agit comme catalyseur. Le nitrite réagit par la suite avec le sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui se combine en milieu acide avec le dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-éthylènediamine pour former un composé rosé à violet dont l'absorbance à 540 nm est proportionnelle à la concentration des ions nitrite et nitrate.

OPS + (MA. 400 – PEST 1.0)

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

Analyse de dépistage des pesticides : cette analyse est complémentaire à l'analyse OPS+ et peut être réalisée seulement sur les échantillons d'eau pour lesquels l'analyse OPS+ a déjà été effectuée. Le fichier de données informatiques du spectrogramme de masse est traité par déconvolution. Les données produites sont utilisées pour effectuer une recherche en librairie. Lorsqu'un spectre de masse correspond à celui d'un pesticide de notre librairie, le composé est identifié comme étant présent dans l'échantillon. Il ne peut toutefois pas être quantifié. Cette analyse a été réalisée pour 9 puits identifiés en grisé dans la colonne OPS du tableau précédent.

PESARY (MA. 400 – P.Chlp 1.0)

L'échantillon est acidifié à l'aide de H₂SO₄ (5 ml de H₂SO₄ 10 N par litre d'eau), pour obtenir un pH < 2 afin de favoriser la forme non ionisée des acides. Les aryloxyacides sont extraits sur une colonne de type octadécyle (C₁₈) et sont élués à l'aide d'un mélange de dichlorométhane et de méthanol. L'éluat recueilli est évaporé presque à sec sous atmosphère d'argon et estérifié avec une solution de diazométhane.

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

Glyphosate et AMPA (MA. 400 – Glyphosate)

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

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

Imidaclopride et ses produits de dégradation et autres (MA. 403 – IMIDA 1.1)

On effectue une extraction liquide-solide dans l'échantillon à l'aide d'une cartouche C₁₈. L'élution des composés d'intérêt est pratiquée à l'aide de méthanol acidifié contenant de la diéthylamine. Après une évaporation à sec, l'extrait est recomposé dans la phase mobile contenant l'étalon d'injection, soit l'atrazine-D5. 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. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'étalons d'extraction (imidaclopride-D4 et clothianidine-D3).

Flumetsulame, rimsulfuron, imazéthapyr et nicosulfuron (MA. 403 – FRIN 1.2)

Les échantillons contenant les pesticides sont injectés directement sur une colonne C₁₈ et sont analysés par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (MS-MS). La concentration des produits trouvés dans l'échantillon est calculée en comparant la surface du pic de l'échantillon aux pics obtenus à l'aide de solutions étalons. Dans chaque série d'analyses, un blanc de méthode, un matériau de référence ainsi qu'un ajout dans l'échantillon sont analysés. L'atrazine-D5 est utilisé comme étalon d'extraction et le terbutryn comme étalon d'injection.

Pes-Golf

Les pesticides sont extraits de l'échantillon avec du dichlorométhane. L'extrait est réduit à un petit volume et est ensuite concentré sous jet d'argon. Les pesticides sont séparés sur une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides dans l'échantillon sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'étalons d'extraction (malathion-D10 et atrazine-D5) et d'étalons d'injection (trifluraline-D14 et chlorpyrifos-D10). Comme cette analyse a été effectuée dans la rivière Mascouche seulement, les limites de détection des 19 paramètres couverts ne sont pas listées dans le tableau qui suit.

Éthylène thiourée (ETU, méthode non rédigée)

L'ETU est dosée par chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse (LC-MS/MS), en mode injection directe. La chromatographie est réalisée à l'aide d'une colonne X-Terra C₁₈ 3,5 µm de 2,1 mm sur 100 mm. La concentration en ETU de l'échantillon est déterminée en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

Diquat-Paraquat (MA. 403-D.P. 1.2)

Le diquat et le paraquat sont analysés directement après l'ajout de deux étalons de recouvrement. Le dosage se fait en injection directe par chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse (LC-MS/MS). La chromatographie est réalisée à l'aide d'une colonne Restek, modèle Ultra Quat de 2,1 mm sur 50 mm, conçu pour les particules de 3,0 µm. La concentration en pesticides de l'échantillon est déterminée en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

Organochlorés (OCL)

Les pesticides sont extraits de l'échantillon avec du dichlorométhane suivi de deux extractions à l'hexane. Les extraits sont combinés et concentrés à un petit volume. Les pesticides sont séparés sur une colonne de chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles de solutions étalons de concentrations connues. Un contrôle de qualité de la méthode est effectué sur chaque échantillon à l'aide d'étalons d'extraction (IUPAC #109 et #207) et d'étalons d'injection (IUPAC #29 et #189).

Contrôles de qualité

Pour chacune des séries d'échantillons analysés, et pour chaque type d'analyse, un blanc de méthode et un matériel de référence certifié sont insérés et analysés avec les échantillons. La concentration des pesticides dans l'échantillon est déterminée en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon à celles obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues. Chaque certificat d'analyse comporte une mention qui rend compte du taux de recouvrement (ou de récupération) des substances étalons utilisées au moment de l'analyse.

Compte tenu du budget et du nombre limité de puits échantillonnés annuellement, il n'y a pas eu de contrôle de qualité de terrain pour ce projet particulier. Toutefois, chaque année des contrôles de terrain sont réalisés pour d'autres projets de suivi des pesticides couvrant le même type d'analyse que le projet actuel afin d'estimer les altérations possibles des échantillons.

Limites de détection des analyses

OPS+	2012	2013	2014	OPS+	2012	2013	2014
Aldrine	-	0,06	0,01	EPTC	0,03	0,03	0,02
Atrazine	0,02	0,02	0,01	Fénitrothion	0,03	0,03	0,02
Dééthyl-atrazine	0,02	0,02	0,02	Fludioxonil	-	0,04	0,03
Déisopropyl-atrazine	0,02	0,02	0,01	Fonofos	0,01	0,01	0,01
Azinphos-méthyl	0,1	0,1	0,1	Iprodion	-	-	0,08
Azoxystrobine	-	-	0,1	Linuron	0,07	0,07	0,06
Bendiocarbe	0,04	0,04	0,02	Malathion	0,02	0,02	0,02
Boscalide	-	-	0,07	Métalaxyl	-	-	0,05
Bromacil	-	-	0,12	Méthidathion	0,06	0,06	0,03
Busan	0,04	0,04	0,03	Méthoxychlore	0,02	0,02	0,02
Butilate	0,03	0,03	0,03	Méthyl-parathion	0,02	0,02	0,02
Captafol	0,04	0,04	0,04	S-Métolachlore	0,01	0,01	0,01
Captane	0,06	0,06	0,02	Métribuzine	0,03	0,03	0,01
Carbaryl	0,05	0,05	0,04	Mévinphos	0,03	0,04	0,03
Carbofuran	0,05	0,05	0,02	Myclobutanil	0,04	0,04	0,02
Carfentrazone-éthyl	-	-	0,03	1-Naphtol	0,07	0,07	0,04
Chlorfenvinfos	0,07	0,07	0,04	Napropamide	0,06	0,06	0,06
Chlorothalonil	0,04	0,04	0,04	Parathion	0,04	0,04	0,02
Chloroxuron	0,05	0,05	0,18	Pendiméthaline	-	-	0,03
Chlorpropham	-	-	0,03	Perméthrine	0,09	0,09	0,13
Chlorpyrifos	0,02	0,02	0,01	Phorate	0,05	0,05	0,02
Cyanazine	0,03	0,03	0,03	Phosalone	0,04	0,04	0,03
Cyhalothrine	0,04	0,04	0,04	Phosmet	0,05	0,05	0,05
Cyperméthrine	0,07	0,07	0,07	Pirimicarbe	0,05	0,05	0,03
Deltaméthrine	0,1	0,1	0,08	Propoxur	0,03	0,03	0,02
Diazinon	0,01	0,01	0,01	Propiconazole	-	-	0,24
Dichlobénil	0,04	0,04	0,04	Propyzamide	-	-	0,03
2,6-Dichlorobenzamide (BAM)	0,02	0,02	0,02	Pyraclostrobin	-	0,21	0,33
Dichlorvos	0,05	0,05	0,05	Quintozone	-	-	0,03
Dieldrine	-	0,03	0,02	Simazine	0,01	0,01	0,01
Diméthazone	-	-	0,03	Tébutiuron	0,31	0,31	0,24
Diméthénamide	0,02	0,02	0,02	Terbufos	0,05	0,05	0,04
Diméthoate	0,03	0,03	0,02	Trifloxystrobine	-	-	0,03
Diméthomorphe	0,42	0,42	0,17	Trifluraline	0,01	0,01	0,02
Disulfoton	0,02	0,02	0,01	Trinexapac-éthyl	-	-	0,75
Diuron	0,28	0,28	0,28	Triticonazole	-	-	0,34

PESARY	2012	2013	2014	FRIN	2012	2013	2014
2,4-D	0,02	0,02	0,02	Flumetsulame	0,007	0,007	0,007
2,4-DB	0,02	0,02	0,02	Imazapyr	0,003	0,003	0,003
2,4-DP	0,03	0,03	0,03	Imazéthapyr	0,009	0,009	0,009
2,4,5-T	0,01	0,01	0,01	Mésotrione	0,01	0,01	0,01
Bentazone	0,04	0,04	0,04	Nicosulfuron	0,002	0,002	0,002
Bromoxynil	0,02	0,02	0,02	Rimsulfuron	0,001	0,001	0,001
Clopyralide	0,03	0,03	0,03	Sulfosulfuron	0,001	0,001	0,001
Dicamba	0,03	0,03	0,03	Chlorantraniliprole	-	0,002	0,002
Diclofop-méthyl	0,02	0,02	0,02	Clothianidine	0,002	0,002	0,002
Dinosèbe	0,04	0,04	0,04	Thiaméthoxame	-	-	0,001
Fénoprop	0,01	0,01	0,01	IMIDA			
MCPA	0,01	0,01	0,01	Acétamipride	0,002	0,001	0,001
MCPB	0,01	0,01	0,01	Azoxystrobine	0,002	0,001	0,001
Mécoprop	0,01	0,01	0,01	Clothianidine	0,002	0,001	0,001
Picloram	0,02	0,02	0,02	Fénamidone	0,002	0,001	0,001
Triclopyr	0,02	0,02	0,02	Fénamidone-métabolite	0,002	0,001	0,001
GLY-AMPA				Imidaclopride	0,002	0,001	0,001
Glyphosate	0,04	0,04	0,04	Imidaclopride-urée	0,016	0,009	0,009
AMPA	0,2	0,2	0,2	Imidaclopride-guanidine	0,0018	0,0008	0,0008
Glufosinate	-	-	0,05	Imidaclopride-oléfine	0,0014	0,0007	0,0007
				Thiaméthoxame	0,002	0,001	0,001

PES-GOLF	2012	2013	2014	ORGANOCHLORÉS	2012	2013	2014
Azoxystrobine	-	0,02	-	Alpha-BHC	-	0,02	-
Boscalide	-	0,01	-	Hexachlorobenzène	-	0,02	-
Carbaryl	-	0,04	-	Bêta-BHC	-	0,02	-
Carfentrazone Éthyle	-	0,02	-	Lindane	-	0,02	-
Chloronèbe	-	0,06	-	Delta-BHC	-	0,02	-
Chlorothalonil	-	0,04	-	Heptachlore	-	0,02	-
Chlorpyrifos	-	0,02	-	Aldrine	-	0,03	-
Deltaméthrine	-	0,1	-	Chlorthal-diméthyl	-	0,01	-
Diazinon	-	0,05	-	Isodrine	-	0,03	-
Fludioxonil	-	0,03	-	Époxyde d'heptachlore	-	0,02	-
Iprodion	-	0,08	-	Gamma-Chlordane	-	0,01	-
Métalaxyl	-	0,03	-	Endosulfan-I	-	0,07	-
Myclobutanil	-	0,03	-	Alpha-chlordane	-	0,01	-
Propiconazole	-	0,05	-	o,p'-DDE	-	0,02	-
Pyraclostrobine	-	0,15	-	p,p'-DDE	-	0,02	-
Quintozène	-	0,05	-	Dieldrine	-	0,03	-
Trifloxystrobine	-	0,01	-	o,p'-DDD	-	0,03	-
Trinexapac-éthyl	-	0,1	-	Endrine	-	0,06	-
Triticonazole	-	0,2	-	Endosulfan-II	-	0,08	-
ETU				p,p'-TDE	-	0,02	-
ETU	0,5	0,2	0,2	o,p'-DDT	-	0,03	-
DIQUAT-PARAQUAT				Endrine-aldéhyde	-	0,3	-
Diquat	0,13	0,4	0,4	Endosulfan-sulfate	-	0,02	-
Paraquat	0,1	0,4	0,4	p,p'-DDT	-	0,02	-
				Méthoxychlore	-	0,04	-
				Mirex	-	0,03	-

Annexe 2 Résultats complets

	BQMA ¹	Municipalité	NO2-NO3	OPS+	Depistage	IMIDA	PESARY	GLY-AMPA	DI-PA	PES-Golf	ETU	Ochlo	FRIN
MARAÎCHERS													
2012													
M-16	05220574	Saint-Lin-Laurentides		nd		nd							
M-17	05220577	Saint-Roch-de-l'Achigan		nd		nd							
M-18	05220575	Saint-Lin-Laurentides		nd		nd							
M-19	05220569	Notre-Dame-de-Lourdes		diméthénamide : 0,17		nd							
M-27	05220571	Sainte-Mélanie		S-métolachlore : 0,02		nd							
M-21	05220568	Lanoraie		nd		nd							
M-22	05220570	Saint-Alexis		nd		nd							
M-23	05220572	Saint-Esprit		nd		nd							
M-24	05220576	Saint-Lin-Laurentides		nd		nd							
M-25	05220573	Saint-Liguori		nd		nd							
M-30	03030452	Rougemont		nd		nd							
M-31	03030453	Sainte-Sabine		nd		nd							
M-32	03030454	Dunham		nd		nd							
M-33	03030455	Ange-Gardien		nd		nd							
M-34	03030456	Ange-Gardien		nd		nd							
M-36	03080005	Saint-Rémi		nd		nd							
M-37	03090106	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay		nd		nd							
M-38	03070062	Sherrington		nd		nd							
M-39	03070009	Sherrington		nd		nd							
M-44	03040213	Napierville		diméthénamide : 0,63		nd							
2012-2013													
M-1	12000029	Saint-François, Île d'Orléans	3,9	nd									
M-2	12000030	Saint-Laurent, Île d'Orléans	0,9	nd		nd							
M-3	12000031	Saint-Pierre, Île d'Orléans	8,8	nd		nd	nd	nd					
M-4	12000023	Saint-Laurent, Île d'Orléans	10	atrazine : 0,05 DEA : 0,07 BAM : 1,8		imidaclopride : 0,13 I-gua : 0,015 I-urée : 0,003 thiaméthoxame : 0,006							
M-5	12000032	Saint-Laurent, Île d'Orléans	3,5	nd		nd	nd		nd				
M-6	05070024	Cap-Santé	nd	nd				nd		nd			
M-8	02310057	Montmagny	nd	nd			nd	nd					
M-9	02A10001	Saint-Nicolas	2,5	nd			nd	nd			nd		
M-10	02500003	Saint-Nicolas	17	S-métolachlore : 0,02 DEA : 0,02 BAM : 0,36		imidaclopride : 0,04 thiaméthoxame : 0,01	nd		nd				
M-11	02330067	Saint-Anselme	6,4	nd			nd	nd					
M-13	03020488	Waterville	1,1	nd			nd			nd	nd		
M-14	03020489	Waterville	nd	nd				nd					nd
M-15	03020490	Val-Joli (Windsor)	3,3	nd			nd	nd					
M-7	03010122	Sainte-Brigitte-des-Saults	1,2	nd			bentazone : 0,07	nd		nd			
M-19	05220569	Notre-Dame-de-Lourdes	7,7	S-métolachlore : 0,08 diméthénamide : 0,21						boscalide : 0,19 métalaxyl : 0,03			
M-27	05220571	Sainte-Mélanie	12	atrazine : 0,02 S-métolachlore : 0,02									
M-28	05220554	Saint-Lin-Laurentides	0,45	nd		nd							
M-12	05220470	Saint-Roch-de-l'Achigan	0,12	nd						nd			
M-29	04670016	Mirabel	nd	chlorpyrifos : 0,2									
M-40	03080009	Saint-Constant	nd	nd		nd		nd					
M-41	03080010	Saint-Constant	0,04	nd		nd		nd					
M-42	03090146	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	0,09	nd				nd	nd	nd			
M-43	03090147	Sainte-Clotilde-de-Châteauguay	0,02	nd				nd	nd	nd			
M-44	03040213	Napierville	0,02	diméthénamide : 0,04		nd			nd	nd			
M-45	03080011	Saint-Rémi	0,02	nd					nd				

Annexe 2 Résultats complets (suite)

BQMA ¹	Municipalité	NO2-NO3	OPS+	Depistage	IMIDA	PESARY	GLY-AMPA	DI-PA	PES-Golf	ETU	Ochlo	FRIN
VERGERS												
2013												
VE-1	12000033	Sainte-Famille, Île d'Orléans	nd	nd			Glyphosate : 0,1			nd		
VE-2	12000036	Saint-Pierre, Île d'Orléans	4	nd			nd			nd		
VE-10	03030481	Rougemont	0,23	nd						nd		chlorantraniliprole : 0,01
VE-11	03030482	Saint-Jean-Baptiste	nd	BAM : 0,08			nd	nd		nd		nd
VE-8	03030479	Dunham	0,08	nd			nd	nd		nd		nd
VE-7	03030476	Dunham	0,39	nd	nd		Glyphosate : 0,07		nd	nd		chlorantraniliprole : 0,004
VE-5	03090056	Franklin	nd	nd			nd	nd	nd	nd		nd
VE-6	03090109	Franklin	3,3	nd		nd	nd	nd	nd	nd		nd
VE-9	03090154	Franklin	0,25	BAM : 0,03	nd		nd	nd	nd	nd		nd
VE-3	04310097	Saint-Joseph-du-Lac	nd	nd	nd		nd			nd		nd
VE-4	04310086	Oka	3,2	chlorpyrifos : 0,03	nd	nd				nd		nd
2014												
VE-12	12000039	Sainte-Famille, Île d'Orléans	2,2	nd			nd			nd		
VE-13	02G4001	Saint-Antoine-de-Tilly	0,67	nd		nd	nd			nd		
VE-14	02310062	Cap Saint-Ignace	5	BAM : 0,04			nd			nd		
VE-22	03040302	Rougemont	nd	nd	nd		nd			nd		
VE-23	03040303	Frelighsburg	0,02	nd			nd			nd		
VE-24	03030484	Saint-Paul-d'Abbotsford	0,03	nd			nd			nd		
VE-15	04670025	Mirabel	0,92	BAM : 0,43		nd	nd			nd		
VE-17	04300499	Saint-Joseph-du-Lac	0,13	atrazine : 0,01 S-métolachlore : 0,02						nd		
VE-16	04670026	Oka	0,94	nd	nd		nd	nd		nd		
VE-18	04670028	Saint-Joseph-du-Lac	nd	nd		nd	nd			nd		
VE-19	04670027	Saint-Joseph-du-Lac	nd	nd						nd		
VE-20	04300498	Oka	nd	nd		nd	nd					
VE-21	03040301	Rougemont	nd	carbaryl : 0,12			nd	nd		nd		
VIGNES												
2013												
VI-1	12000034	Sainte-Pétronille, Île d'Orléans	nd	nd			nd	nd	nd	nd		
VI-2	03030478	Brigham	1,8	BAM : 0,15	nd		nd		nd	nd	nd	
VI-3	03090153	Havelock	1	nd			nd		nd	nd		
VI-4	03040272	Saint-Jean-sur-Richelieu	nd	nd					nd			
VI-5	03030477	Dunham	1,1	DEA : 0,03 atrazine : 0,02					nd			
VI-6	03030480	Lac Brome	0,3	BAM : 0,9	nd	nd	nd		boscalide : 0,08	nd		
2014												
VI-7	03020515	Sherbrooke	0,04	S-métolachlore : 0,02								
VI-8	03040300	Saint-Jean-Baptiste	0,19	nd				nd				
VI-9	03030485	Rougemont	nd	nd								

Annexe 2 Résultats complets (suite)

	BQMA ¹	Municipalité	NO2-NO3	OPS+	Depistage	IMIDA	PESARY	GLY-AMPA	DI-PA	PES-Golf	ETU	Ochlo	FRIN
PETITS FRUITS													
2013													
PF-1	12000035	Sainte-Pétronille, Île d'Orléans	nd	BAM: 0,62				nd		nd	nd		
PF-2	05040230	Saint-Alban	0,84	nd			nd			bocalide: 0,14			
PF-3	05390009	Saint-Augustin-de-Desmaures	0,03	S-métolachlore: 0,01					nd	nd			
PF-4	05400005	Québec	nd	myclobutanil: 0,09		nd		nd		nd			
PF-8	02340229	Saint-Nicolas	nd	nd				nd	nd	nd			
PF-13	02310058	Saint-Gervais (Bellechasse)	19	BAM: 0,32 DEA: 0,03	nd				nd	nd	nd		
PF-7	02340230	Sainte-Clotilde-de-Beauce	nd	nd			nd	nd		nd			
PF-5	02340231	Saint-Georges	0,04	nd						nd		nd	
PF-9	02340233	Saint-Patrice-de-Beaurivage	nd	nd	nd	nd		nd		boscalide: 0,02			
PF-10	02340234	Saint-Joseph-des-Érables	1,5	DEA: 0,02 atrazine: 0,02	nd			nd					
PF-6	02400077	Thetfort Mines	2	simazine: 0,03	bensulide, terbacil					nd		nd	
PF-11	02340235	Saint-Gilles	nd	nd		nd	nd	nd		boscalide: 0,06			
PF-12	02340236	Saint-Sylvestre	0,16	DEA: 0,03 atrazine: 0,22 S-métolachlore: 0,01	nd				nd				
PF-14	05010565	Trois-Rivières	3,1	S-métolachlore: 4,8 métribuzine 0,53						nd	nd		
PF-15	03030459	Granby	19	nd				nd		nd			
PF-16	03030460	Granby	24	nd				nd		nd			
2014													
PF-19	02310059	Saint-Raphaël	2	BAM: 2,5					nd		nd		
PF-20	02310060	Saint-Charles-de-Bellechasse	nd	BAM: 0,03		clothianidine: 0,0017			nd				
PF-21	02280011	Saint-Roch-des-Aulnaies	0,03	nd		nd							
PF-22	02310061	Cap-Saint-Ignace	8,9	BAM: 0,02							nd		
PF-23	00000179	Beaumont	5	BAM: 0,18			nd	Glyphosate: 0,05					
PF-26	04P10001	Laval	0,18	S-métolachlore: 0,10 BAM: 0,05 diméthénamide: 0,05			clopyralide: 0,04					chlorantraniliprole: 0,06	
PF-24	04660014	Saint-Eustache	0,45	S-métolachlore: 0,32 atrazine: 0,02 diméthénamide: 0,05		nd		nd					
PF-25	04640045	Sainte-Anne-des-Plaines	0,67	nd			nd	nd			nd		
PF-27	04F90001	Salaberry-de-Valleyfield	0,3	atrazine: 0,02		nd		nd					
PF-17	12000037	Saint-Laurent, Île d'Orléans	0,06	BAM: 0,05							nd		
PF-18	12000038	Saint-Jean, Île d'Orléans	0,18	nd		nd	clopyralide: 0,04	nd					
PF-28	03030483	Saint-Paul-d'Abbotsford	nd	S-métolachlore: 0,05				nd					

nd : aucun des pesticides couverts par cette analyse n'a été détecté

1. Numéro du puits dans la banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA).

Grisé : Dans le premier tableau le grisé indique les puits échantillonnés deux années consécutives.

Annexe 3 Noms commerciaux des pesticides détectés

Ingrédients actifs	Produits de dégradation	Exemples de noms commerciaux	
		Ingrédient actif seul	Mélange contenant l'ingrédient actif
HERBICIDES			
Dichlobénil*	BAM (2,6-Dichlorobenzamide)	CASORON	
5-Métolachlore		DUAL MAGNUM	PRIMEXTRA
Atrazine	DEA (Dééthyl-atrazine)	AATREX 480, CONVERGE 4880	MARKSMAN, PRIMEXTRA, FRONTIER MAX PLUS
Diméthénamide		FRONTIER	INTEGRITY
Glyphosate		ROUNDUP, GLYPHOS, CREDIT, TOUCHDOWN	
Bentazone		BASAGRAN, BASAGRAN FORTE	
Métribuzine		SENCOR, LEXONE	CONQUEST
Simazine		PRINCEP, SIMAZINE, SIMADEX	
INSECTICIDES			
Chlorantraniliprole		ALTACOR, CORAGEN	
Chlorpyrifos		LORSBAN, PYRIFOS, DURSBAN, PYRINEX	
Thiaméthoxame		CRUISER, ACTARA	INDIGO, MINECTO, HELIX
Imidaclopride	Imidaclopride-guanidine, Imidaclopride-urée	ADMIRE, GAUCHO, MERIT, GENESIS, GRAPPLE	
Clothianidine		PONCHO, CLUTCH, TITAN, PROSPER	
Carbaryl		SEVIN XLR	
FONGICIDES			
Boscalide		LANCE, PRISTINE, HEADLINE	
Métalaxyl		ALLEGIANCE, APRON, RIDOMIL GOLD, DIVIDEND XL	HELIX
Myclobutanil		NOVA	

*Ce produit n'a pas été détecté dans les puits, c'est son produit de dégradation qui l'a été.

Note : la liste des produits commerciaux n'est pas nécessairement exhaustive.

Annexe 4 Synthèse du formulaire d'information sur les puits et les champs voisins

			Caractéristiques générales du puits									Caractéristiques des champs au voisinage du puits					
N° puits	Date échantillonnage	Type puits	Utilisation de l'eau					Système traitement	Profondeur puits (m)	Niveau d'eau (m)	Année construction	Dénivelé (m ou %)	Distance puits-champs (m)	Superficie traitée (ha)	Type de sol	pH du sol	% M.O. du sol
			Consommation		Autres usages agricoles												
			Humaine	Animale	Irrigation	Préparation mélanges pesticides	Lavage légumes ou fruits										
M-1	2012-12-06	surface	x		x	x	x	-	2	1,2	1917	- 1,8 m	23	0,3	Gravier, terre franche	6-7	3-5
M-2	2013-01-16	tubulaire	x				x	-	76	6	1995	?	50	51	Tuff	?	?
M-3	2012-06-06	tubulaire	x			x		-	76	3	1976	3 %	38	24	Loam graveleux	5,9	?
M-4	2012-12-06	tubulaire	x					-	58	?	1970	+ 15 m	122	5	Loam rocailleux	6,5	3
M-5	2012-12-06	surface	x					-	3	3	1960	+ 5 -6 %	30	1,2	?	6,2	3,5
M-6	2013-02-06	?	x			x	x	-	?	?	?	?	18	2	Argileux	6,7	9,9
M-7	2013-02-14	tubulaire	x			x	x	Adoucisseur et UV	20 à 122	17	2004	?	20 à 100	?	Loam	6,5	4-5
M-8	2013-02-06	tubulaire	x		x		x	Chloration, filtre au charbon et adoucisseur	8	?	~ 1953	?	20	20	Tuff et argile	6,5	10
M-9	2013-02-18	tubulaire	x					-	7	1,8	2007	+ 20 m	20	50	Loam graveleux	6,1	5,5
M-10	2012-12-07	surface	x					-	5	7,3	1971	plat	6	0,6	Loam sablonneux	5-6	30
M-11	2012-12-07	surface	x					-	7	1,83	1940	2 %	134	?	Terre jaune	?	?
M-12	2012-12-12	tubulaire	x			x	x	-	26	?	~1980	plat	3	3	Loam sablonneux, un peu argileux	7	?
M-13	2013-02-28	surface	x			x	x	-	3	1	~1973	plat	0	121	Limoneux argileux	5,8-6,5	3
M-14	2013-03-21	?						?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
M-15	2013-02-28	surface	x					-	2	1	?	?	9	4	Argileux et sablonneux	6,14	5,76
M-16	2013-02-21	tubulaire	x				x	-	24	4,5	1999	plat	10	3,2	Argile	6-6,5	3
M-17	2012-02-21	?	x					Adoucisseur	9	0	1913	3 à 5 %	30	31	Argile	6,8	3,44 à 5,2
M-18	2012-02-21	tubulaire		x		x		-	30	6	2004	?	23	1,5	Argile	6,8	?
M-19	2012-02-20	surface	x			x		-	8	3	1978	3 m	73	40	Sable	?	?
M-21	2012-02-20	tubulaire	x					-	6	6	1970	?	21	5	Sable	?	?
M-22	2012-02-20	tubulaire	x					Adoucisseur	23	3	1970	6 m	23	3	Loam argileux	7	3
M-23	2012-02-20	tubulaire	x			x		-	?	?	2001	?	40	?	?	?	?
M-24	2012-03-06	tubulaire				x	x	-	24	6	1993	?	2	2	Argileux	6,5	2,5
M-25	2012-03-06	tubulaire	x					-	20	4,5	1979	2 %	107	4	Loam sableux et argile	6,9	3
M-27	2012-02-20	surface		x	x		x	-	8	5,5	~1984	?	13	40	Sablonneux	?	4,5
M-28	2012-12-11	tubulaire	x				x	-	9	6	1995	plat	37	9,6	Argileux	7	?
M-29	2013-02-27	tubulaire			x	x		-	30	?	2006	1,5 m	168	10	Sablonneux	7,8	?
M-30	2012-03-05	tubulaire	x					-	26	?	?	+ 5 %	15	1	Argileux	6-7	?
M-31	2012-03-05	tubulaire	x			x	x	Adoucisseur	18	1,2	1988	+	32	18	Loam organique	6,4	5,7
M-32	2013-03-05	surface	x		x	x	x	UV et adoucisseur	2	0,6	1998	2 %	30	20	Loam sablonneux	6,85	6
M-33	2012-03-05	tubulaire	x				x	-	38	15	1976	?	5	2,4	Terre organique	6,2	100
M-34	2012-03-05	tubulaire	x					?	61	?	1982	plat	15	8,5	Loam sableux	6	5-6
M-36	2012-03-06	tubulaire			x	x	x	-	61	5,5	1998	?	61	5	Minéral, loam sablonneux	6,8	2
M-37	2012-03-20	tubulaire	x					-	18	6	1994	plat	90	5,9	Minéral	7	100
M-38	2012-03-06	tubulaire	x			x		-	32	3	1984	?	20	3,6	Organique	5,8	7,5
M-39	2012-03-20	tubulaire	x		x	x		Adoucisseur	49	2	1965	plat	25	16	Organique, terre noire	6	100
M-40	2012-12-04	tubulaire	x					-	46	3	avant 2002	?	150	69	Argile, limon	6,5-7,2	5,1
M-41	2012-12-04	tubulaire			x			-	?	4	avant 2002	?	0	48,5	?	?	?
M-42	2012-12-04	tubulaire			x			-	110	2	~1995	+	0	25	Sable	7,9	2-3
M-43	2012-12-04	tubulaire	x					-	101	9	~1980	-	65	25	Sable	7,9	2-3
M-44	2012-12-05	tubulaire	x					Adoucisseur	30	?	1975	?	15	12	Organique	6,5	85
M-45	2012-12-05	tubulaire	x					-	53	?	~2004	?	44	6,8	Loam	6,7	?

Annexe 4 Synthèse du formulaire d'information sur les puits et les champs voisins (suite)

		Caractéristiques générales du puits										Caractéristiques des champs au voisinage du puits						
N° puits	Date échantillonnage	Type puits	Utilisation de l'eau					Système traitement	Profondeur puits (m)	Niveau d'eau (m)	Année construction	Dénivellé (m ou %)	Distance puits-champs (m)	Superficie traitée (ha)	Type de sol	pH du sol	% M.O. du sol	
			Consommation		Autres usages agricoles													
			Humaine	Animale	Irrigation	Préparation mélanges pesticides	Lavage légumes ou fruits											
Ve-1	2013-09-26	tubulaire	X					-	27	18	2002	+ 2-3 %	21	4,6	Argileux	4-4,5	?	
Ve-2	2013-10-01	surface	X					Filtre à cartouche	6	2,4	1997	+ 2-3 %	55	5	Argileux	5,5-6	4,8-5,8	
Ve-3	2013-10-24	tubulaire	X					-	91	?	~1980	+ 6-7 %	20	16	Sablonneux et graveleux	6,5	?	
Ve-4	2013-10-24	surface	X			X	X	-	2	1	~1958	+ 4 %	10	9	Gravier	-	-	
Ve-5	2013-10-29	tubulaire			X	X		-	70	24	2000	+ 5 %	40	32	Graveleux	6,5-7	?	
Ve-6	2013-10-29	tubulaire	X					-	15	?	~1983	+ 2 %	42	44,5	Graveleux	5,6	5	
Ve-7	2013-10-08	surface	X				X	-	5	4,5	~1953	+ 7 %	4	20	Limon sablonneux	?	?	
Ve-8	2013-11-07	tubulaire	X					-	49	9	~1988	- 7-8 %	10	42	Loam sablonneux	7	?	
Ve-9	2013-11-05	tubulaire	X					-	55	9	2000	+ 15 %	27	29	Loam graveleux	6-6,5	?	
Ve-10	2013-11-07	tubulaire	X					-	61	?	~1993	+ 4 %	10	22	Sableux et graveleux	6	5	
Ve-11	2013-11-07	tubulaire	X					-	61	?	~1988	+ 2 %	0	14	Sablonneux	6	4	
Ve-12	2014-09-15	surface	X				X	Adoucisseur	1	0	1976	- 4 %	21	1	Limoneux argileux	6	?	
Ve-13	2014-08-22	tubulaire	X					-	76	1,5	1991	+ 2 %	12	1,5	Glaieux	?	?	
Ve-14	2014-08-27	tubulaire	X			X	X	Préfiltre, UV	?	?	avant 2004	- 2 %	25	5	Sablonneux et gros gravier	?	?	
Ve-15	2014-09-24	surface	X			X		-	5	1,5	2004	+ et - 8 %	3	25	Loam sableux et argileux	6,5-7	3,5	
Ve-16	2014-09-04	tubulaire	X					-	74	18	1982	+ et - 6 à 8 %	75	2	Loam sableux et graveleux	6-7	4%	
Ve-17	2014-09-23	tubulaire			X			-	107 à 152	?	1988	plat	41	15	Argile sablonneux	?	4%	
Ve-18	2014-09-23	tubulaire	X			X		Filtration, système d'enlèvement du soufre et du fer	119	?	~1980	- 4 %	25	4	Terre Saint-Amable	?	?	
Ve-19	2014-09-23	tubulaire	X			X		-	91	?	avant 2003	- 2 %	32	8,24	Graveleux	6,3	6,1	
Ve-20	2014-09-23	surface	X		X	X	X	-	?	?	avant 2004	- 8 %	40	7,5	Loam sableux et rocheux	7	5%	
Ve-21	2014-08-28	tubulaire				X		-	154	8,8	1992	plat	28	63	?	6,4-6,8	2,3-2,5	
Ve-22	2014-08-28	tubulaire	X			X		Adoucisseur	15	?	?	plat	22	4,2	Loam Sainte-Brigide	?	?	
Ve-23	2014-09-09	tubulaire	X					-	69	?	~1989	+ et - 2 à 5 %	39	57	Loam	6,5	5	
Ve-24	2014-09-03	tubulaire	X					-	43	?	avant 1979	plat	2	4	Graveleux	?	?	
Vi-1	2013-10-01	tubulaire	X					Filtration	122	?	~1989	+ 1 à 4 %	15	5,4	Loam graveleux	6,2	2	
Vi-2	2013-10-08	tubulaire	X					-	76	?	1999	+ 3%	20	5	Loam silteux-sablonneux, avec un peu d'argile et fond d'ardoise	6	4,8	
Vi-3	2013-10-29	tubulaire	X					-	27	15	~1989	plat	30	2,5	Sable et loam	5	3	
Vi-4	2013-11-05	tubulaire	X			X	X	-	67	?	2000	plat	65	1,3	?	?	?	
Vi-5	2013-10-08	tubulaire	X					-	30	?	1920	- 1 %	50	2	Graveleux	7	-	
Vi-6	2013-11-07	surface			X	X		-	3,5	1	2001	+ 10 %	10	12	Loam sablonneux	6-6,5	6-8	
Vi-7	2014-10-20	tubulaire	X					-	122	?	2005	+ 6 à 8 %	52	4,9	Loam argileux	?	?	
Vi-8	2014-08-28	tubulaire	X			X		Filtration	107	?	1999	+ et - 12 %	35	1,3	Graveleux	6,5-7	8	
Vi-9	2014-10-20	tubulaire	X					Filtration	114	?	avant 2006	+ 11 %	12	2	Rocheux avec un peu de sable	?	?	

Annexe 4 Synthèse du formulaire d'information sur les puits et les champs voisins (suite)

		Caractéristiques générales du puits									Caractéristiques des champs au voisinage du puits						
N° puits	Date échantillonnage	Type puits	Utilisation de l'eau					Système traitement	Profondeur puits (m)	Niveau d'eau (m)	Année construction	Dénivellé (m ou %)	Distance puits-champs (m)	Superficie traitée (ha)	Type de sol	pH du sol	% M.O. du sol
			Consommation		Autres usages agricoles												
			Humaine	Animale	Irrigation	Préparation mélanges pesticides	Lavage légumes ou fruits										
PF-1	2013-10-01	surface	X					Filtration et UV	6	1,5	~2003	plat	3	9,25	Loam argileux sablonneux	6,4	7,2
PF-2	2013-02-20	surface	X				X	-	2	1,2	1980	+ 3 m	152	2	Sable	6,5	8
PF-3	2013-02-19	surface	X					-	3	1,2	1977	?	10	10	Loam sableux	6,7	2,3
PF-4	2013-03-25	tubulaire			X		X	-	91	?	1993	?	75	30	Loam sablonneux	6,0-6,5	4
PF-5	2013-06-26	tubulaire		X				-	41	?	1992	- 10 %	4	6,1	Semi-argileux	6,5	6-7
PF-6	2013-06-26	surface	X					-	4	1,2	~1998	+ 3 %	14	6	Terre jaune, mi-sablonneux et mi-argileux	6,2	2-3
PF-7	2013-06-26	tubulaire			X		X	-	38	30	~2004	- 2 %	102	12	Limon et sable	6,5-7	6-7
PF-8	2013-06-25	tubulaire	X					-	50	12	1990	+ 12 m	48	10	Sablonneux et schisteux	5-6	3-5
PF-9	2013-10-10	tubulaire	X				X	-	30	?	1975	+ 2 à 5 %	85	9	Sablonneux	6,2-6,3	4,3 et 4,7
PF-10	2013-10-10	surface	X					-	4	1	~1983	+ et - 15 %	10	1,2	?	?	?
PF-11	2013-10-10	tubulaire	X					-	49	?	1990	plat	67	60	Sablonneux	6,5	4-5
PF-12	2013-10-10	mixte	X					-	91 et 3	? et 0,3	2010 et 1994	+ 1 à 3 %	30	11,5	Loam argileux à sablonneux	6,5-7	4-8
PF-13	2013-10-31	surface	X					-	3	1,2	1970	+ 4 %	1	12	Sable graveleux	5-6	9,3-11,5
PF-14	2013-02-20	tubulaire	X					Filtration et UV	15	2,4	1978	?	91	10	Sable	6,8	3-5
PF-15	2013-02-28	tubulaire	X					-	34	1,5	?	- 5 m	30	1,5	Loam sableux graveleux	5,7-6,2	3,1-6,5
PF-16	2013-02-28	surface	X		X		X	-	4	0,6	?	- 5 m	30	1,5	Loam sableux graveleux	5,7-6,2	3,1-6,5
PF-17	2014-08-29	tubulaire	X					-	30	1,8	1966	+ 10 %	10	2	Graveleux	5-7	6-7
PF-18	2014-08-29	tubulaire	X					Préfiltre, UV, adoucisseur	75	?	avant 1974	plat	75	15	Loam argileux	6,5-7	3-5
PF-19	2014-06-27	surface	X					-	2	0	avant 1999	+ 1 %	50	11	?	6-7	9
PF-20	2014-06-27	tubulaire	X				X	-	137	?	~1990	plat	50	10	Loam sableux graveleux	5-6	3-4
PF-21	2014-08-27	tubulaire	X	X				-	30	?	~1960	- 3 %	2	3,2	Loam sablonneux	6-6,5	?
PF-22	2014-08-27	surface	X					-	5	3	avant 1943	- 4 %	13	10	Sablonneux et pierreux	6,5	3
PF-23	2014-06-27	tubulaire	X					-	?	9	~1963	+ 5 %	60	40	Loam graveleux	6	?
PF-24	2014-09-04	tubulaire	X		X		X	-	9	3	1976	plat	57	40	Loam sablonneux	6,5	3
PF-25	2014-09-24	tubulaire	X	X				Adoucisseur	9	?	1980	+	130	?	Argile	?	?
PF-26	2014-09-04	tubulaire	X					-	55	?	~2002	plat	7	1,9	Calcaire	6,2-6,3	?
PF-27	2014-09-08	tubulaire			X		X	-	37	12	~1994	plat	79	50	Argile-Limoneux	6-7	3-4
PF-28	2014-09-03	tubulaire	X					-	51	?	avant 1994	plat	68	13	Loam sableux	6	3,5

Annexe 5 Facteurs de risque et d'atténuation pour les puits échantillonnés
Puits avec détection de pesticides

Code puits	FACTEURS DE RISQUE						FACTEURS D'ATTÉNUATION OU REMARQUE
	Distance cultures-puits < 30,5 mètres	Profondeur du puits < 10 mètres	Préparation pesticides (1)	Pente vers puits (2)	Sol sableux graveleux ou rocailleux	Autres	
M-4				X	X		Puits profond (58 m) à + de 100 m des cultures
M-10	X	X			X		-
M-7	X		X			Plusieurs puits reliés	Puits profonds (20 à 122 mètres)
M-19		X	X		X		-
M-27	X	X			X		-
M-29			X		X	Échantillon prélevé dans une serre; pluies fortes sept.-oct. 2012 (100-125 mm) avant échantillonnage fév. 2013	Puits profond (30 mètres)
M-44	X		X				Puits profond (30 mètres); sol organique
Ve-1	X						Sol argileux; puits profond (27 mètres)
Ve-14	X		X		X		-
Ve-4	X	X	X				-
Ve-15	X	X	X	X		Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	-
Ve-17				X		Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Puits profond (plus de 100 mètres)
Ve-7	X	X			X	Pluies fortes en sept. 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage oct. 2013	-
Ve-9	X			X	X	Pluies fortes en sept. 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage nov. 2013	Puits profond (55 mètres)
Ve-10	X			X	X		Puits profond (61 mètres)
Ve-11	X				X	Puits dans le verger	Puits profond (61 mètres)
Ve-21	X		X	X		Pluies fortes en juin 2014 (150-175 mm) avant échantillonnage oct. 2014	Puits profond (154 mètres)
Vi-2	X			X	X	Pluies fortes en sept. 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage oct. 2013	-
Vi-5					X	Pluies fortes en sept. 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage oct. 2013	-
Vi-6	X	X	X	X		Puits mal protégé	-
Vi-7				X		Préparation pesticides proche; pluies fortes	Loam argileux; puits profond (122 mètres)
PF-2		X	X		X	Pluies fortes juin et oct. 2012 (150-175 mm) avant échantillonnage fév. 2013	-
PF-3	X	X			X	Pluies fortes juin et oct. 2012 (150-175 mm) avant échantillonnage fév. 2013	-
PF-4			X		X	Puits ds serre; pluies fortes juin et oct. 2012(150-175 mm) avant échantillonnage mars 2013	Puits profond (91 mètres)
PF-1	X	X				Puits dans un verger	-
PF-17	X			X	X	Pluies fortes en juil. 2014 (150-175 mm) avant échantillonnage août 2014	Puits profond (30 mètres)
PF-18				X		Pluies fortes en juil. 2014 (150-175 mm) avant échantillonnage août 2014	Puits profond (75 mètres); sol argileux
PF-13	X	X		X	X		-
PF-9			X	X	X	Pluies fortes août 2013 (100-125 mm) avant échantillonnage oct. 2013	Puits profond (30 mètres)
PF-10	X	X		X		Pluies fortes août 2013 (125-150 mm) avant échantillonnage oct. 2013	-
PF-6	X	X				Pluies fortes en mai (175-200 mm) et juin 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage juin 2013	-
PF-11					X	Pluies fortes août 2013 (100-125 mm) avant échantillonnage oct. 2013	Puits profond (49 mètres)
PF-12	X	X		X		2 puits reliés; pluies fortes août 2013 (100-125 mm) avant échantillonnage oct. 2013	-
PF-19		X		X		Puits mal protégé	-
PF-20			X		X		Puits profonds (137 mètres)
PF-22	X	X			X		-
PF-23				X	X		Remarque: profondeur du puits inconnue
PF-14					X		Puits d'une profondeur de 15 mètres
PF-26	X				X (sol calcaire)	Contenants près du puits; pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échant. sept.	Puits profond (55 mètres)
PF-24		X			X	Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept 2014	Puits sous l'asphalte
PF-27			X				Sol argileux; puits profond (37 mètres)
PF-28					X	Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Puits profond (51 mètres)

Annexe 5 Facteurs de risque et d'atténuation pour les puits échantillonnés (suite)
Puits sans détection de pesticides

Code puits	FACTEURS DE RISQUE						FACTEURS D'ATTÉNUATION OU REMARQUE
	Distance cultures-puits < 30,5 mètres	Profondeur du puits < 10 mètres	Préparation pesticides (1)	Pente vers puits (2)	Sol sableux graveleux ou rocailleux	Autres	
M-1	X	X	X				Remarque : couverture analytique incomplète
M-2							Puits profond (76 mètres)
M-3			X		X	Eau d'un toit s'accumule au sol près du puits	Puits profond (76 mètres)
M-5	X	X				Pluies fortes juin et oct. 2012 (150-175 mm) avant échantillonnage déc. 2012	
M-6	X						Sol argileux
M-8	X	X					Sol argileux
M-9	X	X			X		
M-11	X				Non précisé		
M-12	X		X		X	Pluies fortes sept. (125-150 mm) et oct. (100-125 mm) avant échantillonnage déc. 2012	Puits profond (26 mètres)
M-13	X	X	X				Sol argileux
M-14							Remarque: aucune info disponible sur le puits
M-15	X	X					Sol argileux
M-16	X						Sol argileux; puits profond (24 mètres)
M-17		X					Sol argileux; puits sous la maison
M-18	X		X				Sol argileux; puits profond (30 mètres)
M-21	X	X			X		
M-22	X						Sol argileux; puits profond (23 mètres)
M-23		Non précisée	X				
M-24	X		X				Sol argileux; puits profond (24 mètres)
M-25							Sol argileux et sableux
M-28		X				Pluies fortes sept. (100-125 mm) et oct. (125-150 mm) avant échantillonnage nov. 2012	Sol argileux
M-30	X					Contamination antérieure par E. coli	Sol argileux
M-31			X				Puits profond (26 mètres)
M-32	X	X	X		X		
M-33	X						Puits profond (38 mètres); sol organique
M-34	X				X		Lac entre culture et puits; puits profond (61 m)
M-36			X		X		Distance 60 mètres; puits profond (61 mètres)
M-37							Puits profond (18 mètres); sol organique ?
M-38	X		X				Puits profond (32 mètres); sol organique
M-39	X		X				Puits profond (49 mètres); sol organique
M-40							Sol argileux; puits profond (46 mètres)
M-41	X	Non précisée				Puits dans le champ	Sol argileux
M-42	X			X	X		Puits profond (110 mètres) dans le roc
M-43					X		Puits profond (101 mètres) dans le roc
M-45							Puits profond (53 mètres)

Annexe 5 Facteurs de risque et d'atténuation pour les puits échantillonnés (suite)
Puits sans détection de pesticides (suite)

Code puits	FACTEURS DE RISQUE						FACTEURS D'ATTÉNUATION OU REMARQUE
	Distance cultures-puits < 30,5 mètres	Profondeur du puits < 10 mètres	Préparation pesticides (1)	Pente vers puits (2)	Sol sableux graveleux ou rocailleux	Autres	
Ve-2		X		X		Puits relié à un réservoir souterrain qui récolte l'eau d'infiltration provenant du verger	Sol argileux
Ve-3	X				X		Puits profond (91 mètres)
Ve-5			X	X	X		Puits profond (70 mètres)
Ve-6					X		Remarque : puits peu productif
Ve-8	X				X	Pluies fortes sept. 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage nov. 2013	Puits profond (49 mètres)
Ve-12	X	X					Puits en haut de pente par rapport cultures
Ve-13	X			X			Sol argileux; puits profond (76 mètres)
Ve-16				X	X		Puits profond (74 mètres)
Ve-18	X		X		X	Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Puits en haut de pente par rapport cultures
Ve-19			X		X	Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Puits profond (91 mètres)
Ve-20		non précisée	X		X	Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Puits de surface mais situé dans un boisé
Ve-22	X		X			Pluies fortes juin 2014 (150-175 mm) avant échantillonnage août 2014	Puits surélevé par rapport au verger
Ve-23				X			Puits profond (69 mètres)
Ve-24	X				X		Puits profond (43 mètres)
Vi-1	X				X		Puits profond (122 mètres)
Vi-3	X				X		Puits profond (27 mètres); faible densité vergers en amont
Vi-4			X		non précisé		Puits profond (67 mètres); sous niveau rivière ?
Vi-8			X		X	Pluies fortes juin 2014 (175-200 mm) avant échantillonnage août 2014	Puits profond (107 mètres)
Vi-9	X				X	Pluies fortes juin 2014 (150-175 mm) avant échantillonnage août 2014	Puits profond (114 mètres); eau séjourne dans un réservoir
PF-5	X					Pluies fortes juin 2013 (150-175 mm) avant échantillonnage juin 2013	Sol argileux; puits profond (41 mètres)
PF-7			X	X		Rejet des eaux de lavage à proximité du puits; pluies fortes mai (150-175 mm) et juin 2013 (125-150 mm) avant échantillonnage juin 2013	Puits profond (38 mètres)
PF-8					X	Pluies fortes mai 2013 (200-225 mm) avant échantillonnage juin 2013	Puits profond (50 mètres); dans schiste ?
PF-15	X				X		Puits profond (34 mètres); pente vers la rivière (Granby)
PF-16	X	X	X		X		Secteur boisé entre le puits et les cultures
PF-21	X				X		Puits profond (30 mètres)
PF-25		X				Pluies fortes juin 2014 (250-300 mm) avant échantillonnage sept. 2014	Sol argileux; rivière importante entre le puits et cultures

***Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques***

Québec 