

**Problématique et solutions potentielles afin de réduire  
la contamination de l'eau par les pesticides dans les  
secteurs de production de pommes de terre**

**Revue de littérature et plan d'action**

**Réalisés par**  
Agrinova

**Présentés au**  
CRAAQ (Comité pomme de terre)

**Mars 2014**



Ce projet a été réalisé en vertu du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1, et bénéficie d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation en soutien de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture.



### Auteurs

**Samuel Morissette**, agronome, M.Sc., Agrinova

**Stéphane Martel**, agronome, M.Sc., Agrinova

### Réviseurs

**Laure Boulet**, agronome, conseillère régionale en horticulture, experte sectorielle pomme de terre, MAPAQ, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent

**Bruno Gosselin**, coordonnateur du Réseau d'avertissements phytosanitaires, MAPAQ, Direction de la phytoprotection

**Pierre Lafontaine**, agronome, Ph.D., chercheur, Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

**Sébastien Martinez**, agronome, M.Sc., professionnel de recherche, Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

### Merci également aux membres du sous-comité agroenvironnement du Comité pomme de terre :

**Marie-Hélène April**, coordonnatrice de la SPQA, MAPAQ, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable

**Denise Bachand**, chargée de projets, CRAAQ

**Marie-Pascale Beaudoin**, conseillère horticole, MAPAQ, Direction régionale du Saguenay - Lac-Saint-Jean

**Christian Beaudry**, agronome, gérant de territoire – horticole, Bayer CropSciences

**Annie Berger**, agronome, économiste, Fédération des producteurs de pommes de terre du Québec

**Laure Boulet**, agronome, conseillère régionale en horticulture, experte sectorielle pomme de terre, MAPAQ, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent

**Francis Desrochers**, producteur, MAXI-SOL inc.

**Isabelle Giroux**, analyste qualité de l'eau, MDDEFP, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service de l'information sur les milieux aquatiques

**Bruno Gosselin**, coordonnateur du Réseau d'avertissements phytosanitaires, MAPAQ, Direction de la phytoprotection

**Gilles Hamel**, agronome, conseiller, Club agroenvironnemental spécialisé dans la pomme de terre (CASP)

**Pierre Lafontaine**, agronome, Ph.D., chercheur, Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

**Samuel Morissette**, agronome, chargé de projets, Agrinova

**Philippe Parent**, agronome, M.Sc., Université Laval et Patates Dolbec

**Stéphane Perreault**, agronome, conseiller spécialisé pommes de terre, La Coop fédérée

**Guy Roy**, agronome, directeur R&D, Groupe Gosselin Production FG Inc., professionnel de recherche, Université Laval

**Christine Villeneuve**, MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Ouest



## TABLE DES MATIÈRES

<b>Table des matières</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>5</b>
<b>Contexte</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Problématique</b> .....	<b>8</b>
1.1. Processus de contamination par les pesticides .....	8
1.2. Sources ponctuelles et sources diffuses .....	9
1.3. Matières actives détectées dans l'eau .....	9
1.3.1. Eau souterraine .....	13
1.3.2. Eau de surface .....	13
1.4. Risques associés aux principales matières actives utilisées en production de pommes de terre .....	15
1.4.1. Métribuzine et atrazine .....	16
1.4.2. s-Métolachlore.....	16
1.4.3. Linuron .....	17
1.4.4. Néonicotinoïdes (Clothianidine, Imidaclopride, Thiaméthoxame).....	17
1.4.5. Azoxystrobine .....	18
1.4.6. Chlorothalonil.....	18
1.4.7. Fénamidone .....	19
1.4.8. Mancozèbe.....	19
1.5. Constats .....	19
<b>2. Actions et solutions potentielles</b> .....	<b>22</b>
2.1. Méthodes préventives .....	23
2.1.1. Le dépistage et les modèles prévisionnels .....	23
2.1.2. La résistance variétale .....	24
2.1.3. La manipulation des pesticides et la gestion des contenants .....	24
2.1.4. Atténuation de la dérive.....	25
2.1.5. Atténuation de l'érosion et du ruissellement .....	26
2.2. Les méthodes culturales bénéfiques .....	26
2.2.1. Les rotations .....	26
2.2.2. Le travail réduit du sol et les autres pratiques de conservation .....	28
2.2.3. Le désherbage mécanique et le faux semis .....	28
2.3. Les méthodes d'épandage et le choix des matières actives .....	29
2.3.1. Le respect des étiquettes.....	29
2.3.2. les applications localisées d'insecticides .....	29
2.3.3. Les applications d'herbicides en bandes .....	30
2.3.4. Les modes d'application.....	30
2.3.5. Le choix des matières actives .....	31
2.4. Les autres méthodes .....	32
2.4.1. Les méthodes mécaniques .....	32
2.4.1.1. Les pièges-fosses.....	32
2.4.1.2. Les aspirateurs.....	33
2.4.2. Les méthodes biologiques .....	33
2.4.2.1. Les biopesticides .....	33
2.4.2.2. Les cultures pièges .....	33
2.4.2.3. La punaise masquée .....	33
2.4.3. Les méthodes thermiques .....	34



<b>3. Freins et incitatifs à la mise en place de solutions .....</b>	<b>35</b>
3.1 Freins à l'adoption .....	35
<b>4. Plan d'action .....</b>	<b>37</b>
<b>5. Références .....</b>	<b>42</b>
<b>ANNEXE 1. Liste des intervenants qui ont collaboré au projet « Problématiques et solutions afin de réduire la contamination de l'eau par les pesticides » .....</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE 2. Résultats de la consultation des intervenants.....</b>	<b>48</b>





## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Nombre d'applications de pesticides pour l'entreprise modèle (adapté de CRAAQ, 2010).....	6
Tableau 2.	Fréquence de détection, indices de toxicité (aigu et chronique) et indices environnementaux (persistance et lessivage) des matières actives analysées dans quatre études différentes (Québec et Maritimes) .....	12
Tableau 3.	Fréquence de détection et de dépassement du critère pour l'irrigation ainsi que des critères de vie aquatique chronique (CVAC) et aigu (CVAA) pour les principaux pesticides utilisés en production de pommes de terre et détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle (adapté de Giroux et Fortin, 2010) .....	15
Tableau 4.	Caractéristiques des principaux pesticides détectés dans l'eau souterraine et l'eau de surface (Giroux, 2003; Giroux et Sarrasin, 2011; Giroux et Fortin, 2010; Giroux, 2013).....	21
Tableau 5.	Les méthodes pour réduire l'utilisation des pesticides en production de pommes de terre ainsi que l'impact sur la santé et l'environnement .....	22
Tableau 6.	Recommandation de pratiques culturales pour lutter contre la rhizoctonie .....	23
Tableau 7.	Consignes pour choisir la période d'application en fonction de la vitesse du vent.....	25
Tableau 8.	Effets des différents systèmes culturaux sur la sévérité de la rhizoctonie sur un cycle de 3 ans (adapté de Larkin <i>et al.</i> , 2011).....	27
Tableau 9.	Recommandations pour réussir le désherbage mécanique (adapté de Douville, 2001) .....	28
Tableau 10.	Quantité de matière active par hectare (g/ha ou ml/ha) selon le mode d'application et les recommandations sur les étiquettes .....	31
Tableau 11.	Nombre total d'applications et quantité totale de matière active (m.a.) appliquée selon le type de pesticide et la région de production (adapté de De Jong et De Snoo, 2002) .....	32

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Synthèse des processus qui mènent à la contamination de l'eau à la suite des applications de pesticides .....	8
Figure 2.	Prototype de pyrodésherbeur combiné à un système pneumatique pour déloger les doryphores des plants (Khelifi <i>et al.</i> , 2007).....	34



## CONTEXTE

La grande majorité des entreprises de production de pommes de terre ont recours aux pesticides afin de prévenir, de supprimer ou de réprimer les mauvaises herbes, les insectes ou les maladies. Le Tableau 1 présente le nombre d'applications de pesticides selon l'entreprise modèle des Références économiques (CRAAQ, 2010). Les pesticides représentent plus de 25 % des coûts des intrants. En moyenne, les applications de fongicides représentent 66 % des applications totales de pesticides. Cette situation est semblable à celle des provinces maritimes où les producteurs de pommes de terre appliquent généralement 1 à 2 herbicides, 2 à 4 insecticides et 8 à 10 fongicides (Xing *et al.*, 2012). À titre d'exemple, les fongicides utilisés en production de pommes de terre correspondent à plus de 80 % de tous les pesticides utilisés par les entreprises en production de pommes de terre de l'Île-du-Prince-Édouard (White *et al.*, 2006).

**Tableau 1. Nombre d'applications de pesticides pour l'entreprise modèle (adapté de CRAAQ, 2010)**

Type de pesticide	Nombre d'applications
Herbicide (inclut les défanants)	2
Insecticide <sup>1</sup>	3
Fongicide	
En bande à la plantation	1
Traitement de semence	1
De contact	6
Translaminaire	2
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

<sup>1</sup> Bien que l'application en bandes ou en enrobage lors de la plantation soit très courante, c'est l'application foliaire qui est utilisée dans le budget de l'entreprise modèle.

L'emploi des pesticides représente notamment un risque de contamination de l'eau souterraine et de l'eau de surface. Le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) réalise annuellement une campagne d'échantillonnage pour évaluer la qualité de plusieurs cours d'eau localisés dans des régions agricoles. Également, le Ministère assure un suivi des eaux souterraines. Plusieurs pesticides ont été détectés dans l'eau souterraine dans des puits situés à proximité des exploitations de pommes de terre.

Environ la moitié (49 %) des puits échantillonnés contenaient des pesticides durant la période 1999-2001 (Giroux, 2003). Plus récemment, le MDDEFP a constaté une augmentation du nombre de puits contaminés avec 69 % des puits échantillonnés contenant des pesticides pour la période 2008-2009 (Giroux et Sarrasin, 2011). Bien que les concentrations mesurées soient inférieures aux valeurs critiques établies, cette situation demeure préoccupante. Lorsqu'il y a plus d'un pesticide dans l'eau, des effets additifs ou synergiques pourraient survenir (Giroux et Fortin, 2010). Des études rapportent aussi la contamination de l'eau de surface par les pesticides dans les régions productrices de pommes de terre (Xing *et al.*, 2012; Giroux, 2013).



Outre les effets potentiellement négatifs sur la santé des utilisateurs de pesticides, la migration des pesticides dans l'eau représente également un risque de dégradation de la qualité de l'eau potable. Enfin, la contamination de l'eau de surface menace également la faune et la flore en plus de dégrader la qualité de l'eau d'irrigation.

Ce document présente une brève synthèse de la situation de la contamination de l'eau souterraine et de surface au Québec. Différentes solutions pouvant permettre de diminuer les risques de contamination de l'eau sont documentées pour les principaux ennemis des cultures de pommes de terre (plantes nuisibles, doryphore, mildiou et rhizoctonie). En complément, plusieurs intervenants impliqués dans la culture de la pomme de terre, principalement des conseillers, ont été sollicités afin d'identifier les freins à l'adoption des différentes solutions et de proposer des incitatifs. Cette démarche constitue un préambule à la proposition de solutions et à l'élaboration d'un plan d'action face à cette problématique.





## 1. PROBLÉMATIQUE

### 1.1. PROCESSUS DE CONTAMINATION PAR LES PESTICIDES

Pendant l'application des pesticides, le vent peut contribuer au transport des pesticides par voie aérienne (dérive). À la suite de l'épandage, les pesticides peuvent contaminer l'environnement selon différentes voies. Le traitement des semences et des plantons ainsi que les applications de pesticides au sol et foliaires contaminent le sol. Les pesticides présents dans le sol contaminent l'eau souterraine ou de surface à la suite d'évènements de pluie. La source de contamination des cours d'eau et des puits à la suite des épandages de pesticides est principalement d'origine diffuse (érosion, ruissellement, lessivage, écoulement préférentiel et dérive). En revanche, les sources ponctuelles de contamination peuvent aussi contribuer à la contamination des puits ou des cours d'eau (Thériault, 2013).

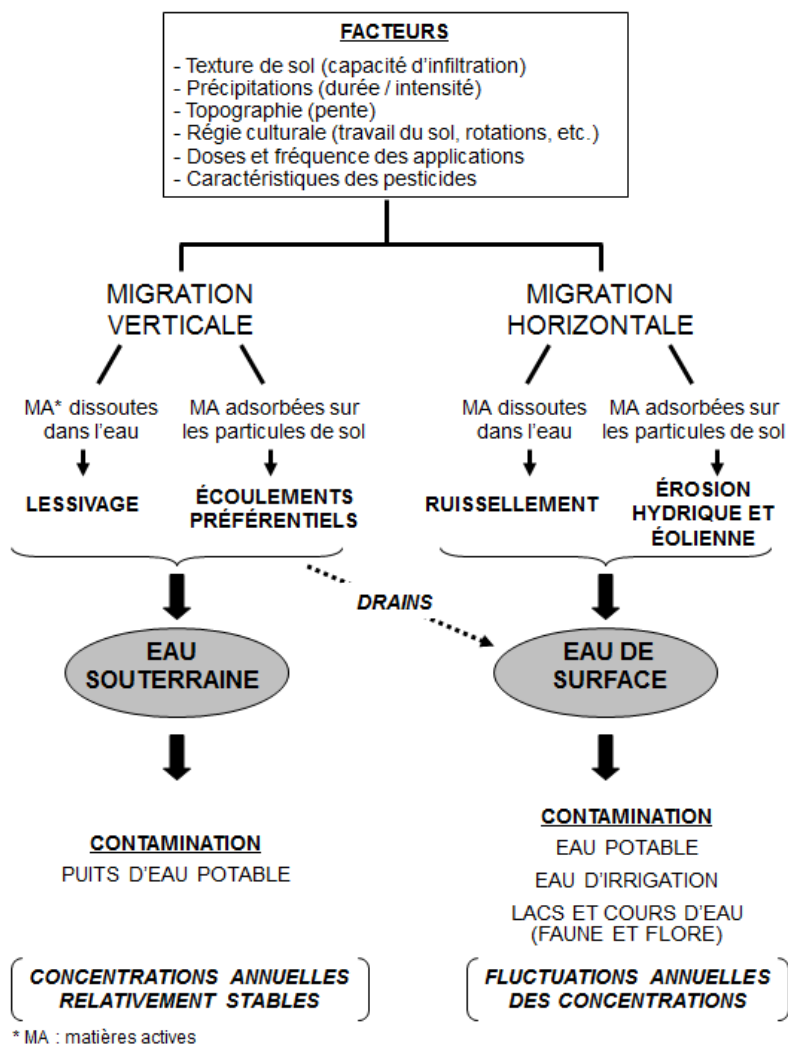


Figure 1. Synthèse des processus qui mènent à la contamination de l'eau à la suite des applications de pesticides

La Figure 1 présente une synthèse des processus de contamination de l'eau par les pesticides à la suite de leur application. Le transport des pesticides vers l'eau de surface ou l'eau souterraine dépend de plusieurs facteurs. Le contexte pédoclimatique (texture et capacité d'infiltration, topographie, durée et intensité des





précipitations, etc.), les caractéristiques des pesticides (persistance, solubilité, etc.) ainsi que les éléments de régie (rotations des cultures, doses, fréquences et modes d'application, lutte intégrée, etc.) sont les principaux facteurs qui exercent une influence sur les processus de migration des pesticides. Les pesticides dissous dans l'eau ou adsorbés sur les particules peuvent migrer dans l'eau de surface (migration horizontale) ou dans l'eau souterraine (migration verticale). La migration horizontale de fait via les particules de sol (érosion) ou sous forme soluble dans l'eau (ruissellement). Le lessivage et les écoulements préférentiels sont les deux principaux mécanismes de migration verticale.

En plus de favoriser le ruissellement, les événements de pluie intense peuvent favoriser la migration verticale des pesticides fortement adsorbés sur les particules dans l'eau souterraine via les écoulements préférentiels (McGrath *et al.*, 2010). Les pesticides qui migrent verticalement aboutissent majoritairement dans l'eau de surface lorsqu'il y a présence de drains (Figure 1). Le transport des pesticides par dérive contamine directement l'eau de surface ou les sols lorsque les pesticides se redéposent à la surface. Par exemple, une étude réalisée dans les Maritimes a mis en évidence la présence constante pendant l'été de concentrations élevées de chlorothalonil dans l'air (White *et al.*, 2006).

Les sols sableux utilisés pour la production de pommes de terre contiennent peu de matières organiques, sont souvent mal structurés et résistent moins bien à l'érosion. La conductivité hydraulique élevée de ces sols accélère la migration verticale des pesticides et leur faible activité biologique limite la biodégradation des pesticides, d'autant plus que la migration verticale est rapide (Giroux et Sarrasin, 2011). Les interactions entre les pesticides peuvent aussi influencer le devenir des pesticides dans l'environnement. La présence simultanée de plusieurs pesticides se traduit par des effets additifs et synergiques qui mènent à des sous-estimations du risque écotoxicologique (Giroux et Fortin, 2010). Il a été démontré que l'interaction entre certains pesticides (notamment le linuron) peut augmenter la persistance des produits (Swarcewicz *et al.*, 2013). D'après une étude réalisée dans le ruisseau Gibeault-Delisle dans les terres noires du bassin versant de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007 (Giroux et Fortin, 2010), le suivi de la concentration des pesticides dans l'eau de surface a permis de constater qu'entre 4 et 16 pesticides se retrouvaient simultanément dans tous les échantillons d'eau prélevés. Cette étude a été réalisée dans une zone de production maraîchère.

## 1.2. SOURCES PONCTUELLES ET SOURCES DIFFUSES

La contamination de l'eau par des sources ponctuelles de pesticides se produit généralement lors de mauvaises manipulations au remplissage ou au rinçage. La gestion inadéquate des contenants peut aussi générer de la contamination. Dans une étude réalisée aux États-Unis, Ritter (1990) rapporte des concentrations plus de 100 fois supérieures pour les puits à proximité des aires de remplissage et de rinçage. De plus, Reichenberger *et al.* (2007) rapportent que les sources ponctuelles contribuent de façon significative à la contamination de l'eau des rivières. Les événements de contamination de sources diffuses surviennent généralement à la suite d'un événement de pluie. Contrairement aux sources ponctuelles, la contamination diffuse est générée à l'échelle d'un ou plusieurs champs et ne provient pas d'un lieu précis.

## 1.3. MATIÈRES ACTIVES DÉTECTÉES DANS L'EAU

Le Tableau 2 dresse la liste des matières actives qui ont été détectées dans l'eau. Ces résultats proviennent de quatre études différentes (les références complètes figurent dans la bibliographie) :



- Giroux, I, 2003. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre. Échantillonnage de 79 puits de 1999 à 2001 (Capitale-Nationale, Lanaudière, Estrie, Centre-du-Québec, Saguenay-Lac-Saint-Jean et Bas-Saint-Laurent);
- Giroux, I. et B. Sarrasin. 2011. Pesticides et nitrates dans l'eau souterraine près de cultures de pommes de terre. Échantillonnage de 77 puits de 2008 à 2009 dans 5 régions du Québec (Capitale-Nationale, Lanaudière, Montérégie, Saguenay–Lac-Saint-Jean et Bas-Saint-Laurent). Ce sont des puits de producteurs agricoles (34 puits) ou de leurs voisins (43 puits). La plupart des puits échantillonnés ont moins de 10 mètres de profondeur. Au total, 42 pesticides et 7 produits de dégradation de pesticides ont été analysés;
- Giroux I. et J. Fortin. 2010. Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère – Ruisseau Gibeault-Delisle dans les « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007;
- Xing *et al.* 2012. Pesticide Application and Detection in Variable Agricultural Intensity Watersheds and Their River Systems in the Maritime Region of Canada.

Pour chacune des études, le pourcentage d'échantillons positifs est inscrit pour les matières actives analysées dans le cadre de l'étude. Les niveaux de toxicité aiguë, de toxicité chronique, de persistance et de lessivage sont aussi indiqués.

#### **La mobilité des pesticides**

Au niveau physico-chimique, la demi-vie (TD<sub>50</sub>) est une approximation de la **persistance** d'un pesticide dans le sol. *La persistance peut grandement varier selon les conditions comme l'humidité, le pH, la profondeur d'enfouissement et la température du sol. Un pesticide est peu persistant lorsque sa concentration initiale diminue de moitié en moins de 30 jours, modérément persistant en moins de 100 jours et persistant au-delà de 100 jours. Le coefficient d'adsorption (K<sub>OC</sub>) décrit la tendance d'un pesticide à se lier aux particules de sol; plus le coefficient est élevé, plus l'adsorption est importante. L'adsorption retarde, entre autres, la dégradation du pesticide. Un pesticide adsorbé peut se déplacer avec les particules de sol.*

La solubilité décrit la quantité de pesticide qui peut se dissoudre dans l'eau. Les pesticides très solubles ont tendance à se déplacer plus facilement par **ruissellement ou lessivage**.

#### **La toxicité des pesticides**

**La toxicité aiguë** se manifeste généralement immédiatement ou peu de temps (quelques minutes, heures ou jours) après une exposition unique ou de courte durée à un pesticide.

**La toxicité chronique** survient normalement à la suite de l'absorption répétée pendant plusieurs jours, plusieurs mois, et même plusieurs années, de faibles doses de pesticides qui peuvent s'accumuler dans l'organisme. Elle peut être aussi le résultat d'intoxications aiguës répétées.

- La CL<sub>50</sub> est la concentration létale médiane pour une matière active, soit la concentration provoquant la mort chez 50 % des organismes exposés pendant une période déterminée.

- La DL<sub>50</sub> (dose létale 50) est un indice du degré de toxicité aiguë d'une matière active. Cette valeur exprime la dose qui est mortelle pour 50 % d'un groupe expérimental d'organismes exposés.

- La CE<sub>50</sub> est la concentration efficace médiane d'une matière active, soit la concentration provoquant une réponse biologique binaire (par ex. : mobile ou immobile) chez 50 % des organismes exposés pendant une période déterminée.

Sources : [www.sagepesticides.qc.ca/Infos/UtilisationRationnelle.aspx](http://www.sagepesticides.qc.ca/Infos/UtilisationRationnelle.aspx) et [www.npic.orst.edu](http://www.npic.orst.edu)



La majorité des pesticides utilisés dans la production de pommes de terre sont bien couverts par les analyses faites par le MDDEFP. Le mancozèbe qui fait partie de la famille des dithiocarbamates, ou son métabolite (ETU), n'a pas été décelé dans l'eau souterraine lors de la première étude de Giroux (2003). Il n'a pas été analysé lors de la seconde étude de Giroux et Sarrasin (2011). Bien que l'atrazine soit retrouvée dans l'eau souterraine à proximité des champs de pommes de terre, ce n'est pas un pesticide homologué dans la culture. Cette situation est possiblement due à l'emploi de maïs dans la rotation avec la pomme de terre.



Tableau 2. Fréquence de détection, indices de toxicité (aigu et chronique) et indices environnementaux (persistance et lessivage) des matières actives analysées dans quatre études différentes (Québec et Maritimes)

Matière active et/ou métabolite	Produit commercial	Type d'application <sup>b</sup>	Fréquence de détection (%)				Indice <sup>c</sup>			
			Eau souterraine		Eau surface		Toxicité aiguë	Toxicité chronique	Persistance	Lessivage
			Prov. Québec 2008-2009	Prov. Québec 1999-2001	Gibeault-Delisle 2005-2007	Prov. maritimes 2003-2007				
<b>HERBICIDES</b>										
Atrazine			10	5	71	6	2	5	4	4
Diquat	REGLONE	Fo	25				3	1	4	1
EPTC	EPTAM	Sn		1	21		4	1	1	3
Linuron	LOROX	Sn	2		74	22	3	4	3	3
s-Métolachlore	DUAL	Sn	4	4	84		4	4	3	4
Métribuzine	SENCOR	Sn	30	33	90	17	3	3	4	4
Paraquat	GRAMOXONE	Fo	14				5	1	4	1
<b>FONGICIDES</b>										
Azoxystrobine	QUADRI	Fo, Si	15			<1	3	1	4	4
Chlorothalonil	BRAVO	Fo		5	34	19	4	5	1	1
Mancozèbe	DITHANE, MANZATE	Fo			83	3	3	5	1	1
Dimétomorphe	ACROBAT	Fo			5		2	1	4	
Fénamidone	REASON	Fo	4				3	1	1	1
Métalaxyl-M	RIDOMIL GOLD	Fo				19	3	1	3	4
<b>INSECTICIDES</b>										
Acétamipride	ASSAIL	Fo, Si, Pl					3	3	1	1
Chlorpyrifos	LORSBAN	Fo			100		4	3	3	1
Clothianidine	CLUTCH, TITAN	Fo, Si	4				1	5	4	4
Cyperméthrine	CYMBUSH	Fo				2	4	4	3	1
Diméthoate	CYGON, LAGON	Fo			2	5	2	4	1	1
Imidaclopride	ADMIRE	Fo, Pl, Si	61	35	100 <sup>a</sup>		2	1	4	4
Malathion	MALATHION	Fo		1	33		2	3	1	1
Perméthrine	POUNCE	Fo				5	1	5	3	1
Thiaméthoxame	ACTARA	Fo, Pl, Si	8				2	5	4	4

<sup>a</sup> : Échantillons prélevés en 2006 seulement

<sup>b</sup> : Fo = foliaire; Pl = planton; Si = sillon; Sn = sol nu

<sup>c</sup> : 1 = faible; 2 = léger; 3 = modéré; 4 = élevé; 5 = extrêmement élevé



---

### 1.3.1. EAU SOUTERRAINE

D'après le Tableau 2, les principaux pesticides détectés dans l'eau souterraine durant les deux campagnes d'échantillonnages (1998-2001 et 2008-2009) sont :

- les herbicides : métribuzine (Sencor), diquat (Reglone) et paraquat (Gramoxone);
- les fongicides : azoxystrobine (Quadris) et/ou fénamidone (Reason);
- les insecticides : imidaclopride (Admire), thiaméthoxame (Actara et Cruiser) et clothianidine (Clutch et Titan).

Contrairement à la métribuzine, le diquat et le paraquat possèdent un indice de lessivage faible et sont quand même détectés dans l'eau souterraine. Les herbicides sont majoritairement appliqués sur un sol nu (sauf le paraquat et le diquat utilisé comme défanant). Pour les fongicides, l'azoxystrobine est appliquée dans le sillon ou sur le feuillage et a un indice de lessivage élevé. Excepté la fénamidone, les fongicides appliqués sur le feuillage ne sont pas détectés dans l'eau souterraine. Les trois insecticides détectés font partie de la même classe d'insecticides (classe 4, néonicotinoïdes) et sont caractérisés par des indices de lessivage et de persistance élevés. Il est intéressant de noter que, jusqu'à tout récemment, seule cette classe d'insecticides (ces trois insecticides) ne sont pas appliqués uniquement sur le feuillage, mais peuvent être utilisés dans le sillon ou sur les plantons. Les applications de fongicides et d'insecticides sur le feuillage semblent donc réduire la migration verticale vers l'eau souterraine comparativement aux applications dans le sillon ou sur les plantons. Enfin, il importe de préciser que parmi les matières actives détectées dans l'eau souterraine, seuls le diquat et le paraquat n'ont pas été détectés dans l'eau de surface au Québec (Giroux et Sarrasin, 2011).

---

### 1.3.2. EAU DE SURFACE

Le Tableau 2 présente les principaux pesticides détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle (Giroux et Fortin, 2010). Les données d'une étude réalisée dans les Maritimes (Xing *et al.*, 2012) sont fournies à titre indicatif. Bien que l'étude de Giroux et Fortin (2010) n'ait pas été spécifiquement réalisée dans un bassin versant en production de pommes de terre, cette culture occupait environ 9 % de la surface cultivée du bassin versant à l'étude. Il importe de préciser que ce bassin versant, localisé sur des terres noires, est occupé majoritairement par la production maraîchère, qui nécessite également l'usage de plusieurs pesticides.

D'une part, certains pesticides détectés sont peu ou pas utilisés dans la pomme de terre. D'autre part, des pesticides utilisés en production de pommes de terre n'ont pas été analysés. Ainsi, la fénamidone, l'azoxystrobine, le thiaméthoxame et la clothianidine n'ont pas été analysés dans le ruisseau Gibeault-Delisle (Giroux et Fortin, 2010). Il faut noter une fréquence de détection de 83 % pour le mancozèbe (dithiocarbamates) et de 34 % pour le chlorothalonil. Des pesticides détectés dans l'eau de surface du ruisseau Gibeault-Delisle n'ont pas été détectés dans l'eau souterraine : mancozèbe, dimétomorphe, chlorpyrifos et diméthoate.



Par ailleurs, une étude réalisée dans les bassins versants de la rivière l'Assomption (ruisseaux Chartier et Point-du-Jour) et de la rivière Portneuf (rivière Blanche), deux régions de production intensive de pommes de terre, a aussi permis de détecter plusieurs pesticides utilisés en production de pommes de terre (Giroux, 2013). Parmi les pesticides les plus fréquemment détectés, on retrouve :

- les herbicides : métribuzine (Sencor), s-métolachlore (Dual II Magnum) et linuron (Lorox);
- les fongicides : azoxystrobine (Quadris) et/ou fénamidone (Reason);
- les insecticides : imidaclopride (Admire), thiaméthoxame (Actara et Cruiser) et clothianidine (Clutch et Titan).

Les trois herbicides fréquemment détectés dans l'eau de surface possèdent des indices de lessivage et de persistance variant de modérés à élevés. Comme pour les insecticides détectés dans l'eau souterraine, les trois insecticides détectés dans l'eau de surface sont caractérisés par des indices de lessivage et de persistance élevés.

Le chlorothalonil et le mancozèbe figurent parmi les principaux fongicides détectés dans l'eau de surface du ruisseau Gibeault-Delisle (Giroux et Fortin, 2010) et sont employés régulièrement en production de pommes de terre. Par ailleurs, ces deux pesticides sont également utilisés pour la production de carottes et d'oignons. Il importe de préciser qu'en dépit du faible niveau de persistance et de lessivage de ces deux matières actives, leur présence est observée à des niveaux élevés (Tableau 2). La dérive et la fréquence d'application peuvent expliquer cette présence importante dans l'eau de surface. Dans les Maritimes, ces deux matières actives ont aussi été détectées dans l'eau de surface de bassins versants majoritairement cultivés en pommes de terre (Xing *et al.*, 2012). Le chlorothalonil est la matière active la plus souvent détectée et qui a dépassé la norme pour la qualité de l'eau le plus fréquemment (Xing *et al.*, 2012). Par conséquent, même si ces matières actives n'ont pas été détectées dans le bassin versant de la rivière l'Assomption et dans le bassin versant de la rivière Portneuf (Giroux, 2013), elles ont été incluses dans la liste des matières actives problématiques. Une autre étude a démontré la présence de métribuzine entre 1996 et 1999 dans l'eau de surface à l'Île-du-Prince-Édouard (Cairns, 2002). Ces mêmes pesticides ont aussi été détectés dans l'eau de surface au Québec (Giroux et Fortin, 2010).

Le Tableau 3 met en évidence la fréquence de détection ainsi que la fréquence de dépassement des critères pour la qualité de l'irrigation et la vie aquatique (chronique et aigu). Généralement, le dépassement des critères est plus fréquent lorsque la fréquence de détection est élevée. Parmi les pesticides détectés dans l'eau de surface, le chlorpyrifos dépasse toujours le CVAC et le CVAA. L'imidaclopride dépasse aussi fréquemment le CVAC (43 %). Il est à noter que les critères sont parfois dépassés de plusieurs dizaines de fois pour le chlorothalonil ou l'imidaclopride. Il importe de préciser que pour plusieurs matières actives, aucun critère n'est disponible. Globalement, le ruissellement des herbicides, des fongicides ainsi que des insecticides représente une menace pour la qualité de l'eau de surface.



**Tableau 3. Fréquence de détection et de dépassement du critère pour l'irrigation ainsi que des critères de vie aquatique chronique (CVAC) et aigu (CVAA) pour les principaux pesticides utilisés en production de pommes de terre et détectés dans le ruisseau Gibeault-Delisle (adapté de Giroux et Fortin, 2010)**

	Nom commercial	Fréquence de détection (%)	Fréquence de dépassement		
			CVAC (%) <sup>c</sup>	CVAA (%) <sup>c</sup>	Critère pour l'irrigation (%) <sup>d</sup>
<b>HERBICIDES</b>					
Métribuzine	SENCOR	90	22	-	40
Linuron <sup>a</sup>	LOROX	74	8	-	74
<b>FONGICIDES</b>					
Chlorothalonil	BRAVO	34	23	-	2
<b>INSECTICIDES</b>					
Chlorpyrifos	LORSBAN	100	100	100	-
Imidaclopride <sup>b</sup>	ADMIRE	100	43	0	-
Perméthrine	POUNCE	43	2	2	-

<sup>a</sup> : Les concentrations de linuron ont probablement été sous-estimées.

<sup>b</sup> : Échantillons prélevés en 2006 seulement (total de 7 échantillons).

<sup>c</sup> : Critères de vie aquatique chronique (CVAC) et aigu (CVAA). Source : MDDEP (2009). Pour certains pesticides, aucun critère n'est disponible.

<sup>d</sup> : Source : CCME, 2006. Pour certains pesticides, aucun critère n'est disponible.

#### 1.4. RISQUES ASSOCIÉS AUX PRINCIPALES MATIÈRES ACTIVES UTILISÉES EN PRODUCTION DE POMMES DE TERRE

La contamination de l'eau souterraine représente un risque permanent pour les utilisateurs de l'eau potable provenant des puits contaminés. En effet, les concentrations mesurées dans les puits demeurent relativement stables pendant toute l'année (Giroux et Sarrasin, 2011). Contrairement au sol, l'absence de vie microbienne dans l'eau souterraine empêche la dégradation des molécules. Contrairement aux pesticides présents dans l'eau souterraine, les concentrations de pesticides dans l'eau de surface fluctuent annuellement, principalement avec les événements de précipitations (Xing *et al.*, 2012). La contamination de l'eau de surface par les pesticides représente un risque pour la faune et la flore en plus de nuire à la qualité de l'eau pour l'irrigation (Tableau 3). La présence de pesticides dans l'eau de surface représente également un risque pour la qualité de l'eau de consommation.

La qualité de l'eau du ruisseau Gibeault-Delisle, une région de production maraîchère intensive incluant des pommes de terre, ne respecte pas les normes pour l'irrigation des cultures (Giroux et Fortin, 2010). L'irrigation est utilisée dans plusieurs régions productrices de pommes de terre pour une superficie supérieure à 5 000 hectares (Bergeron, 2012). L'irrigation est employée davantage dans la région de Lanaudière qui regroupe plus de 60 % des superficies totales irriguées au Québec (Ferland, 2006). La présence de pesticides dans l'eau d'irrigation est préoccupante pour les effets phytotoxiques potentiels sur la culture irriguée et pour la contamination des aliments récoltés (Giroux et Fortin, 2010).

La prochaine section présente les principaux risques pour la santé et l'environnement associés aux matières actives problématiques utilisées en production de pommes de terre. Seules les matières actives qui ont été détectées dans l'eau de surface ou dans l'eau souterraine sont jugées problématiques dans le



cadre de ce document. Les informations proviennent notamment de SAgE pesticides ([www.sagepesticides.qc.ca/](http://www.sagepesticides.qc.ca/)).

#### 1.4.1. MÉTRIBUZINE ET ATRAZINE

*La métribuzine est utilisée en prélevée ou en postlevée hâtive pour la lutte contre les feuilles larges et les graminées. L'atrazine est utilisée dans le maïs en rotation avec les pommes de terre.*

Comme la métribuzine, l'atrazine fait partie du groupe 5 et possède un potentiel de lessivage et de persistance élevé. En revanche, la toxicité chronique de l'atrazine est extrêmement élevée alors que pour la métribuzine, le niveau de toxicité chronique est modéré. L'atrazine pourrait potentiellement causer des effets nocifs sur la fonction hypothalamique-hypophysaire chez les humains alors qu'elle est modérément toxique pour les poissons d'eau douce.

Les études de toxicité aiguë avec la métribuzine indiquent une faible toxicité pour les mammifères. Des études sur l'exposition chronique ont démontré des effets thyroïdiens et des variations des taux d'hormones thyroïdiennes, mais qui ont été considérés comme ayant une faible signification toxicologique. La métribuzine ne semblait pas toxique pour la reproduction et le développement dans les études animales.

La métribuzine et ses métabolites sont faiblement à légèrement toxiques chez les animaux aquatiques. Les études de toxicité indiquent que les plantes aquatiques sont très sensibles à cet herbicide. Le critère de qualité pour la protection des espèces aquatiques est dépassé dans 22 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Gibeault-Delisle. Des effets sur les espèces aquatiques sont donc probables. La métribuzine et ses métabolites n'occasionnent pas de bioaccumulation chez les espèces aquatiques. La métribuzine est modérément toxique chez les oiseaux exposés par voie orale et faiblement toxique chez les oiseaux exposés par voie alimentaire. Cet herbicide est faiblement toxique chez les abeilles.

#### 1.4.2. S-MÉTOLACHLORE

*Cet herbicide est utilisé en présemis ou prélevée pour la lutte contre les feuilles larges et les graminées.*

Au niveau de la toxicité aiguë pour les mammifères, le S-métolachlore est faiblement toxique quelle que soit la voie d'exposition. Le S-métolachlore n'a pas causé de toxicité particulière dans les études chroniques chez les animaux. Toutefois, il est classé comme un cancérigène possible chez l'humain pour avoir causé une augmentation de nodules néoplasiques et de carcinomes hépatocellulaires à une dose élevée chez les rats femelles.

Le S-métolachlore est légèrement à modérément toxique chez les poissons et les invertébrés aquatiques d'eau douce. Les effets néfastes sur les algues et les plantes aquatiques surviennent à des concentrations plus faibles comparativement à ce qui est observé chez les animaux aquatiques. Le S-métolachlore est pratiquement non toxique chez les oiseaux. Il est légèrement toxique chez les oiseaux exposés par voie alimentaire. Le S-métolachlore est pratiquement non toxique chez les abeilles.





---

### 1.4.3. LINURON

*Cet herbicide est utilisé en prélevée pour la lutte contre les feuilles larges et les graminées.*

Le linuron possède une faible toxicité aiguë par voies orale et cutanée et il est modérément toxique par inhalation. Toutefois, à long terme, des études de toxicité chronique chez le rat et la souris ont révélé des effets à la fois systémiques et oncogènes affectant les tissus endocriniens et non endocriniens. Chez le rat, les effets endocriniens comprenaient un nombre accru de kystes ovariens, une ectasie des vacuoles corticosurrénales, des adénomes et une hyperplasie des cellules de Leydig se manifestant à la dose d'essai minimale. Il a démontré quelques évidences de toxicité; diverses malformations ont été observées à une dose non toxique pour les mères, ce qui indique une sensibilité fœtale potentielle.

Le linuron est modérément toxique chez les poissons d'eau douce. Il est hautement toxique chez les invertébrés aquatiques d'eau douce. Ces caractéristiques chimiques indiquent qu'il est susceptible de se bioaccumuler dans les tissus des organismes aquatiques. Le critère de qualité pour la protection des espèces aquatiques est dépassé dans 8 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Gibeault-Delisle. Des effets sur les espèces aquatiques sont donc probables. Le linuron est légèrement toxique chez les oiseaux exposés par voie orale. Il est légèrement à faiblement toxique chez les oiseaux exposés par voie alimentaire. Cet herbicide est pratiquement non toxique chez les abeilles. À noter que l'herbe à poux et que le séneçon vulgaire ont acquis une résistance au linuron (Bernier, 2013).

---

### 1.4.4. NÉONICOTINOÏDES (CLOTHIANIDINE, IMIDACLOPRIDE, THIAMÉTHOXAME)

*Cette classe de pesticides visent plusieurs insectes dont principalement le doryphore de la pomme de terre.*

Les insecticides à base de néonicotinoïdes (imidaclopride, thiaméthoxame, clothianidine et acétamipride) sont les insecticides les plus vendus dans le monde et, globalement, environ 60 % des néonicotinoïdes utilisés mondialement servent à traiter des semences (Goulson, 2013). Les trois matières actives présentent de faibles risques pour les organismes aquatiques et un risque modéré pour les oiseaux. Le critère de qualité pour la protection des espèces aquatiques est dépassé dans 43 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Gibeault-Delisle. Malgré la toxicité relativement faible de l'imidaclopride pour les organismes aquatiques, des effets sur la vie aquatiques sont probables. En ce qui concerne la toxicité aiguë, la clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame présentent une faible toxicité. Pour ce qui est de la toxicité à long terme, la clothianidine et le thiaméthoxame ont démontré des effets nocifs élevés au niveau du système hépatique ou de la reproduction. Le thiaméthoxame est considéré comme cancérigène probable chez les humains.

En revanche, les néonicotinoïdes sont toxiques à faibles doses pour les insectes, notamment les abeilles domestiques directement exposées pendant le traitement ou exposées aux résidus présents sur les cultures et les plantes nuisibles en floraison. Par exemple, pour l'abeille domestique, la  $DL_{50}$  est de 5 ng d'imidaclopride. Certaines études relient la toxicité de l'imidaclopride à la baisse des populations d'abeilles (Boucher, 2013; Yang *et al.*, 2011). Appliquée comme traitement de semences, la matière active



est absorbée par les racines et transportée dans tous les tissus de la plante. Une concentration entre 5 et 10 ppb (parties par milliard) dans la sève est généralement suffisante pour offrir une protection durant presque toute la saison.

D'après Goulson (2013) :

L'imidaclopride a été détectée dans plus de 89 % des échantillonnages d'eau de surface en Californie et 19 % excédaient les normes environnementales de 1,05 ppb. Aux Pays-Bas, des concentrations jusqu'à 200 ppb ont été mesurées. Le clothianidine, l'imidaclopride et le thiaméthoxame se dégradent rapidement dans l'eau par photolyse, ce qui peut rendre plus difficile leur détection. De plus, les produits de dégradation comme l'imidaclopride oléfine ne sont pas analysés, même s'ils représentent un risque de toxicité.

Bien qu'ils présentent un faible risque pour les vertébrés, les néonicotinoïdes sont dommageables pour divers insectes bénéfiques. La végétation en bordure des champs peut notamment contenir des concentrations significatives de matière active même si elle n'a pas été traitée.

#### 1.4.5. AZOXYSTROBINE

*L'azoxystrobine est utilisée principalement contre la rhizoctonie (application dans le sillon). En application foliaire, elle est homologuée pour lutter contre le mildiou, la brûlure hâtive et la dartrose.*

La toxicité aiguë de l'azoxystrobine chez des sujets de laboratoire exposés par voies orale, cutanée et par inhalation est relativement faible. En ce qui concerne la toxicité à long terme, l'azoxystrobine est peu toxique. L'azoxystrobine présente une toxicité élevée chez les invertébrés et les poissons d'eau douce. Elle est aussi toxique pour les plantes aquatiques. Elle est peu toxique pour les oiseaux et les abeilles.

#### 1.4.6. CHLOROTHALONIL

*Le chlorothalonil est utilisé contre le mildiou et la brûlure hâtive (application foliaire).*

Chez les mammifères, le chlorothalonil possède un risque élevé d'intoxication par voie respiratoire, mais il est faiblement toxique par voies cutanée et orale. L'EPA considère qu'il existe un risque d'irritation sévère des yeux jusqu'au 7<sup>e</sup> jour après l'application. Pour les expositions à long terme, les études animales subchroniques, chroniques et sur le développement ont démontré que les reins et l'estomac étaient les principaux organes cibles. Les études de cancérogénicité chez les rats et les souris ont révélé la présence de papillomes et de carcinomes à ces mêmes organes. Le chlorothalonil est classé par l'EPA comme cancérigène probable chez l'humain par toutes les voies d'exposition.

Le chlorothalonil est extrêmement toxique chez les poissons ( $CL_{50} - 96 \text{ h} = 23 \text{ à } 84 \text{ ppb}$ ) et les invertébrés aquatiques d'eau douce. Le critère de qualité pour la protection des espèces aquatiques est dépassé dans 23 % des échantillons prélevés dans le ruisseau Gibeault-Delisle. Des effets sur les espèces aquatiques sont donc probables. Les algues vertes sont sensibles à ce fongicide. Il est faiblement toxique chez les oiseaux et les abeilles.



- Une étude réalisée à l'Île-du-Prince-Édouard a démontré une fréquence élevée de chlorothalonil dans l'air. Cette voie d'exposition est mal connue et pourrait représenter un danger pour certains organismes (White *et al.*, 2006).
- La contamination des eaux de surface par les pesticides, entre autres par le chlorothalonil, dans les régions de production intensive de pommes de terre a été associée à la mort de plusieurs poissons sur l'Île-du-Prince-Édouard (Gormley *et al.*, 2005).
- Le chlorothalonil est davantage toxique pour les amphibiens que pour les poissons ou les invertébrés. D'après les concentrations rapportées dans la littérature, le chlorothalonil pourrait représenter un risque pour le développement des larves d'amphibiens (Yu *et al.*, 2013).

#### 1.4.7. FÉNAMIDONE

*La fénamidone est utilisée contre le mildiou et la brûlure hâtive (application foliaire).*

La fénamidone est faiblement toxique par toutes les voies d'exposition à court terme. À long terme, la fénamidone est faiblement toxique. À l'opposé, la fénamidone est très toxique pour les poissons et les invertébrés d'eau douce avec une CL<sub>50</sub> (96 h) aiguë de 0,74 mg/L chez la truite arc-en-ciel et une CE<sub>50</sub> (48 h) aiguë de 0,18 mg/L chez *Daphnia magna*. Elle est faiblement toxique pour les oiseaux et les abeilles.

#### 1.4.8. MANCOZÈBE

*Le mancozèbe est utilisé contre le mildiou et la brûlure hâtive (application foliaire).*

Bien que le mancozèbe n'ait pas été rapporté dans l'eau souterraine, sa présence a été notée dans l'eau de surface. Sa présence a aussi été notée dans des études menées dans les Maritimes. Sa fréquence de détection est toutefois moins élevée comparativement au chlorothalonil.

Le mancozèbe possède une faible toxicité aiguë par les différentes voies d'exposition. À long terme, la toxicité du mancozèbe et de son principal métabolite, ETU, est considérée comme extrêmement élevée. Les études mammaliennes ont démontré des effets thyroïdiens, lesquels pourraient indiquer un potentiel endocrinien. La classification de la cancérogénicité du mancozèbe (cancérogène probable chez l'humain) est en partie basée sur celle de son principal métabolite, l'ETU. Le mancozèbe est hautement toxique chez les poissons et les invertébrés aquatiques d'eau douce. Il est faiblement toxique chez les oiseaux et les abeilles.

### 1.5. CONSTATS

L'application de pesticides dans les cultures comporte des risques de contaminer l'eau de surface et l'eau souterraine. La contamination de l'eau représente un risque tant pour la santé humaine que pour l'environnement. En production de pommes de terre, les pesticides qui se retrouvent dans l'eau de surface et l'eau souterraine visent principalement le contrôle des mauvaises herbes, du doryphore, du mildiou, de la brûlure hâtive et de la rhizoctonie.



Les pesticides détectés dans l'eau souterraine sont sensiblement les mêmes que ceux détectés dans l'eau de surface. La concentration de certaines matières actives détectées dans l'eau de surface excède les seuils critiques pour la vie aquatique et pour la qualité de l'eau d'irrigation (Tableau 3). ***Bien que les concentrations mesurées dans l'eau souterraine n'excèdent pas les critères pour la santé, les effets additifs et synergiques entre les pesticides demeurent inconnus*** (Giroux et Sarrasin, 2011).

À la lumière des informations présentées au Tableau 4, l'indice de lessivage associé aux matières actives ne traduit pas toujours le risque de lessivage vers l'eau souterraine. Certaines matières actives sont détectées dans l'eau souterraine (diquat, paraquat, fénamidone, chlorothalonil) en dépit d'un faible indice de lessivage. Les herbicides appliqués sur le feuillage ne sont pas détectés dans l'eau de surface, contrairement aux herbicides appliqués sur sol nu. Ce constat souligne l'importance des méthodes d'application sur les pertes environnementales. Bien qu'aucune statistique ne soit disponible pour quantifier l'utilisation de chaque matière active pour le secteur de la pomme de terre, le Tableau 2 montre certaines tendances. Enfin, il faut garder à l'esprit tous les autres facteurs (événements de précipitations, type de sol, fréquence d'application, etc.) qui modulent fortement les risques de pertes.



**Tableau 4. Caractéristiques des principaux pesticides détectés dans l'eau souterraine et l'eau de surface (Giroux, 2003; Giroux et Sarrasin, 2011; Giroux et Fortin, 2010; Giroux, 2013)**

Pesticides	Matière active	Nom commercial	I.L. <sup>a</sup>	I.P. <sup>b</sup>	Type d'application <sup>c</sup>	Eau souterraine	Eau de surface
<b>Herbicides</b>	Métribuzine	Sencor	4	4	Sn	x	x
	Diquat	Reglone	1	4	Fo	x	
	Paraquat	Gramoxone	1	4	Fo	x	
	S-métolachlore	Dual II Magnum	4	3	Sn	x	x
	Linuron	Lorox	3	3	Sn	x	x
<b>Insecticides</b>	Imidaclopride	Admire	4	4	Fo, Pl, Si	x	x
	Thiaméthoxame	Actara/Cruiser	4	4	Fo, Pl, Si	x	x
	Clothianidine	Clutch et Titan	4	4	Fo, Si	x	x
<b>Fongicides</b>	Azoxystrobine	Quadris	4	4	Fo, Si	x	x
	Fénamidone	Reason	1	1	Fo	x	x
	Chlorothalonil	Bravo	1	1	Fo	x	x
	Mancozèbe	Dithane, Manzate	1	1	Fo		x

<sup>a</sup> Indice de lessivage : 1= faible; 2 = léger; 3 = modéré; 4 = élevé

<sup>b</sup> Indice de persistance : 1= faible; 2 = léger; 3 = modéré; 4 = élevé

<sup>c</sup> Type d'application : Fo = foliaire; Pl = plançon; Si = sillon; Sn = sol nu



## 2. ACTIONS ET SOLUTIONS POTENTIELLES

Le Tableau 5 présente un sommaire des solutions pouvant permettre de réduire les risques de contamination de l'eau. Les solutions ont été classées en quatre catégories : 1) les méthodes préventives; 2) les méthodes culturales bénéfiques; 3) les méthodes d'application et le choix des matières actives; et 4) les autres méthodes regroupant les méthodes mécaniques, biologiques et thermiques.

**Tableau 5. Les méthodes pour réduire l'utilisation des pesticides en production de pommes de terre ainsi que l'impact sur la santé et l'environnement**

<b>Méthodes préventives</b>	Dépistage et modèles prévisionnels Résistance variétales Manipulation des pesticides et gestion des contenants Atténuation de la dérive (buses, haies brise-vent) Atténuation de l'érosion et du ruissellement (bandes riveraines, zones tampons, voies d'eau engazonnées)
<b>Méthodes culturales bénéfiques</b>	Rotations Travail réduit du sol et autres pratiques de conservation Désherbage mécanique et faux semis
<b>Méthodes d'application et choix des matières actives</b>	Respect des étiquettes (meilleure connaissance des mécanismes d'action et des modalités d'application) Application localisée d'insecticides Application d'herbicides en bandes Mode d'application Choix des matières actives
<b>Autres méthodes</b>	<u>Mécaniques</u> Pièges-fosses (combinés aux rotations); aspirateurs <u>Biologiques</u> Punaise masquée, biopesticides, cultures pièges <u>Thermiques</u> Brûleur au propane (doryphores et plantes nuisibles)

Plusieurs méthodes s'inscrivent dans une logique de lutte intégrée qui vise notamment à intégrer un ensemble de pratiques culturales pour s'adresser à une problématique spécifique et réduire ainsi l'usage des pesticides. Par exemple, le Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) propose une liste de pratiques culturales pour lutter contre la rhizoctonie (Tableau 6). Cette approche de lutte intégrée vise à identifier un ensemble de pratiques culturales pour diminuer l'usage des pesticides.



**Tableau 6. Recommandation de pratiques culturales pour lutter contre la rhizoctonie<sup>1</sup>**

Pratiques culturales ...	... recommandées pour
<ul style="list-style-type: none"><li>• Choix de semences de qualité (certification)</li><li>• Rotations</li><li>• Amendements organiques pour favoriser les champignons antagonistes</li></ul>	Réduire la quantité d'inoculum dans les tubercules
<ul style="list-style-type: none"><li>• Plantation en sol chaud (herse)</li><li>• Réchauffer les semences</li><li>• Prégermination des tubercules</li><li>• Plantation à une faible profondeur (5-7 cm)</li></ul>	Favoriser la croissance des plants au printemps
<ul style="list-style-type: none"><li>• Réduire le délai entre le défanage et la récolte</li><li>• Enlever le sol potentiellement contaminé sur les tubercules</li></ul>	Réduire le développement de la rhizoctonie

## 2.1. MÉTHODES PRÉVENTIVES

### 2.1.1. LE DÉPISTAGE ET LES MODÈLES PRÉVISIONNELS

#### Dépistage

Le dépistage des ennemis de culture oriente les interventions phytosanitaires. Les trois principales étapes consistent à échantillonner la culture, identifier les ennemis et intervenir en fonction de seuils. Les seuils d'intervention pour la pomme de terre sont disponibles dans le manuel de l'observateur Pomme de terre du RAP, mais ne sont pas établis pour tous les ravageurs.

Pour obtenir plus d'information sur le dépistage :

[www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche4.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche4.pdf)

#### Modèles prévisionnels

Les modèles prévisionnels sont des outils d'aide à la décision qui permettent de cibler les interventions à un moment opportun, en fonction du stade de développement d'un ennemi de culture et des conditions climatiques. Les modèles constituent une approche similaire au dépistage en établissant un seuil d'intervention. Le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL) a évalué le modèle Mileos® pour le mildiou (Lafontaine, 2012). Le modèle a permis de réduire le nombre d'applications (1 à 5 annuellement) sans que les symptômes du mildiou apparaissent dans les champs ayant reçu moins d'applications. D'autres modèles évalués par le CIEL ont permis aussi de réduire le nombre d'applications. Le modèle Mileos® est actuellement en cours de validation à l'échelle commerciale.

<sup>1</sup> [www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a04pdt09.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a04pdt09.pdf)



Van Der Heyden *et al.* (2012) ont validé la possibilité de mettre sur pied un réseau de détection hâtive du mildiou de la pomme de terre basé sur le suivi de l'inoculum aérien (capteurs de spores). Le nombre de sites, le nombre de capteurs par site ainsi que le type d'emplacement (vents dominants, présence d'entrepôt, présence d'une haie brise-vent, historique d'infection) sont des critères essentiels pour assurer l'efficacité de cette approche communautaire qui permet de cibler plus précisément les périodes d'intervention et de choisir le type de fongicide à utiliser.

L'utilisation de la méthode du « boum d'éclosion » pour le dépistage du doryphore a démontré son efficacité au Québec. Cette technique repose sur le suivi de 30 feuilles avec des masses d'œufs de doryphore. La première application d'insecticide se réalise lorsque le niveau d'éclosion cumulatif atteint 30 %. Les traitements foliaires d'insecticides déclenchés par le dépistage permettent d'éviter l'application systématique d'insecticides dans le sillon ou sur les semences.

Pour obtenir plus d'information sur la méthode de dépistage du « boum d'éclosion » :  
[www.agrireseau.qc.ca/pdt/documents/VT045.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/pdt/documents/VT045.pdf)

#### 2.1.2. LA RÉSISTANCE VARIÉTALE

Le choix de variétés résistantes au mildiou facilite la gestion de cette maladie. En Angleterre et aux Pays-Bas, des essais ont démontré que les variétés résistantes au mildiou peuvent contribuer à limiter le nombre d'applications ou à réduire la dose de fongicide (Mackay, 2000). La résistance des pommes de terre au mildiou est une voie prometteuse pour réduire l'utilisation des fongicides. Enfin, la pomme de terre modifiée génétiquement pour produire du Bt représente un potentiel intéressant pour réduire l'utilisation des insecticides utilisés contre le doryphore.

#### 2.1.3. LA MANIPULATION DES PESTICIDES ET LA GESTION DES CONTENANTS

La contamination ponctuelle des pesticides peut être diminuée en conscientisant les utilisateurs sur les bonnes pratiques liées à la manipulation des pesticides (Reichenberger *et al.*, 2007). Des mesures de sécurité adéquates doivent être adoptées lors du transport, de la préparation de la bouillie, du rinçage des contenants et de l'élimination des résidus. Fait *et al.* (2007) ont obtenu des réductions significatives des concentrations de pesticides à proximité des aires de remplissage par l'emploi d'un filtre biologique.

Pour obtenir plus d'information sur la manipulation des pesticides et la gestion des contenants :  
[www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche9.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche9.pdf)

Pour obtenir plus d'information sur les risques concernant la santé des utilisateurs et les mesures préventives :  
[www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche7.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche7.pdf)





#### 2.1.4. ATTÉNUATION DE LA DÉRIVE

L'entretien et le réglage du pulvérisateur sont des éléments de gestion importants qui visent notamment à assurer l'uniformité des applications et à éviter le surdosage ou le sous-dosage des produits. De plus, le choix des buses et la hauteur de la rampe d'application peuvent atténuer la dérive des pesticides.

Pour obtenir plus d'information sur l'entretien et le réglage du pulvérisateur :

[www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche1.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche1.pdf)

Pour obtenir plus d'information sur le programme Action-réglage offert par le MAPAQ et pour connaître les personnes accréditées :

[www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/bonnespratiques/pesticides/Pages/Programmeactionreglage.aspx](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/bonnespratiques/pesticides/Pages/Programmeactionreglage.aspx)

Les haies brise-vent ont la capacité de limiter la vitesse du vent et la dérive des pesticides (Hamel et Pilarski, 2010). Toutefois, pour éviter la dérive, le choix du moment d'application en fonction des conditions météorologiques propices demeure essentiel (Tableau 7).

**Tableau 7. Consignes pour choisir la période d'application en fonction de la vitesse du vent<sup>2</sup>**

Vent à 10 m d'altitude*	Vent à hauteur de la rampe	Signes visibles	Herbicides	Fongicides Insecticides
< 4 km/h	< 2 km/h	Fumée montant à la verticale		
de 4 à 7 km/h	de 2 à 3,5 km/h	Fumée s'inclinant sous le vent		
de 7 à 13 km/h	de 3,5 à 6,5 km/h	Sensation de souffle sur le visage		
de 13 à 20 km/h	de 6,5 à 10 km/h	Feuilles et pétioles en mouvement constant		
> 20 km/h	> 10 km/h	Petites branches en mouvement Poussière soulevée		

\* : Selon les données météorologiques

\*\* : Ce pictogramme représente le phénomène d'inversion thermique : durant une journée chaude et ensoleillée, il y a un risque accru d'évaporation avant que les gouttelettes touchent la cible, car elles restent plus longtemps en suspension dans l'air lorsqu'il y a peu de vent.

<sup>2</sup> [www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche5.pdf](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche5.pdf)



### 2.1.5. ATTÉNUATION DE L'ÉROSION ET DU RUISSELLEMENT

Les bandes riveraines contribuent à réduire la quantité de pesticides présents dans l'eau de ruissellement ou sur les particules de sol qui migrent vers les cours d'eau. La largeur des bandes riveraines détermine l'efficacité de celles-ci à réduire les pertes de pesticides. En moyenne, la charge de pesticides diminue de 50 % avec une bande riveraine large de 5 mètres alors que les bandes riveraines de 10 mètres abaissent la charge de 90 % (Reichenberger *et al.*, 2007). Les propriétés de sorption ( $K_{OC}$ ) des pesticides influencent leur niveau de rétention dans les bandes riveraines; les pesticide qui possèdent un  $K_{OC}$  supérieur à 1 000 sont retenus à ~ 70 % alors que le taux de rétention moyen des pesticides qui ont un  $K_{OC}$  inférieur à 1 000 varie de 45 à 50 % (Arora *et al.*, 2010). Pour être plus efficaces, les aménagements doivent être combinés à de bonnes pratiques culturales pour réduire davantage les pertes de pesticides (USDA, 2000). Les pratiques culturales comme le travail réduit permettent de réduire l'érosion et le ruissellement.

Les voies d'eau engazonnées ainsi que les autres aménagements comme les marais filtrants ou les bassins de rétention agissent efficacement pour ralentir le ruissellement et réduire les pertes de pesticides vers les cours d'eau (AIM, 2011). Les herbicides appliqués sur un sol nu en début de saison sont plus susceptibles de migrer vers l'eau de surface.

## 2.2. LES MÉTHODES CULTURALES BÉNÉFIQUES

### 2.2.1. LES ROTATIONS

En premier lieu, il convient de rappeler que la production de pommes de terre apporte une faible quantité de matière organique au sol et contribue à la dégradation des sols, plus particulièrement dans un contexte de monoculture. Or, d'une part, la qualité des sols influence le développement des maladies telluriques et, d'autre part, un sol de bonne qualité est moins susceptible à l'érosion et au ruissellement. L'adoption de bonnes méthodes culturales permet donc de réduire la susceptibilité de la culture au développement des maladies tout en réduisant le ruissellement et le transfert des pesticides vers les cours d'eau. Le travail réduit du sol, les rotations, les engrais verts ainsi que l'ajout d'amendements sont des pratiques qui favorisent la qualité des sols. Outre l'amélioration de la qualité du sol, les rotations contribuent à réduire la pression des ennemis de culture et le développement de résistance en diversifiant les produits phytosanitaires utilisés. Par exemple, les rotations retardent l'arrivée des doryphores et permettent à la culture de mieux s'implanter.

#### Amélioration de la qualité des sols avec les méthodes culturales bénéfiques

D'après Grandy *et al.* (2002), réduire la fréquence de la pomme de terre dans les cycles de rotation contribue à augmenter le carbone organique dans les sols et à améliorer leur structure. Les rotations courtes de 2 ans (pomme de terre/céréales) sont insuffisantes pour restaurer la structure des sols (Po *et al.*, 2009). Carter *et al.* (2009) ont constaté que les rotations de 3 ans



(pomme de terre/orge+trèfle/trèfle) favorisent la formation de macro-agrégats et l'amélioration des propriétés biologiques du sol, comparativement aux rotations de 2 ans (pomme de terre/orge). Le calcul du bilan humique démontre qu'un système de rotation de 2 ans incluant le soya, le canola ou l'orge est négatif (Clément et N'Dayegamiye, 2009). Le choix des cultures de rotation et la longueur des rotations déterminent l'effet des rotations sur la qualité du sol.

La longueur des rotations et la fréquence de la pomme de terre dans la rotation ont une incidence sur les maladies telluriques de la pomme de terre (Bollen, 1989). Par exemple, Larkin *et al.* (2011) ont observé des réductions substantielles de la rhizoctonie avec des cycles de rotation sur 3 ans (Tableau 8). Carter et Sanderson (2001) ont constaté un effet significatif des rotations d'une durée de 3 ans, par rapport à celles de 2 ans, sur la sévérité de la rhizoctonie. Comparativement à une rotation de 2 ans, les rotations de 3 ans génèrent des rendements vendables supérieurs (Carter et Sanderson, 2001). Larkins *et al.* (2010) ont constaté que l'effet des rotations sur la réduction de la sévérité de la rhizoctonie est prépondérant par rapport aux cultures de couverture. Ces auteurs jugent que les systèmes de rotation de 2 ans sont trop courts car, à long terme, ils ont constaté une augmentation de la gale commune et de la verticilliose. Ils recommandent des rotations de 3 ans, incluant du canola, du colza, de l'orge ou de la moutarde avant l'année en pomme de terre, ainsi qu'une culture de couverture (céréale ou ray-grass) à l'automne.

**Tableau 8. Effets des différents systèmes culturaux sur la sévérité de la rhizoctonie sur un cycle de 3 ans (adapté de Larkin *et al.*, 2011)**

Système de culture <sup>1</sup>	Pourcentage de réduction de la sévérité <sup>2,3</sup>			
	2006	2007	2008	Moyenne
a) Or/Tr - P	44 <sup>c</sup>	52 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	34
b) Or/Lu - Lu - P (en travail réduit)	24 <sup>b</sup>	57 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	29
c) Or/Lu - Lu - P (en travail réduit et ajout de compost <sup>4</sup> )	52 <sup>c</sup>	-6 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	16
d) Mou/Col - HS/Se - P (en travail réduit et ajout de compost)	27 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	44

<sup>1</sup> P (pomme de terre), Or (orge), Tr (trèfle), Lu (luzerne), Mou (moutarde), Col (colza), HS (herbe du Soudan-sorgho) et Se (seigle).

<sup>2</sup> Les valeurs sont significativement différentes lorsque la lettre est différente de a (LSD test;  $P < 0,05$ ).

<sup>3</sup> Pourcentage de réduction de la sévérité par rapport à une monoculture de pomme de terre. Un nombre négatif indique une augmentation de la sévérité.

<sup>4</sup> Ajout de compost annuellement.

Bélanger (2003) a noté une efficacité des rotations en blocs sur 2 ans à réduire les populations de doryphores mais la présence de volontaires et la capacité de l'insecte à entrer en diapause prolongée peut réduire l'efficacité des rotations courtes. La distance entre 2 champs en rotation doit être de 0,3 à 0,9 km pour maximiser la distance que les doryphores doivent parcourir (Alyokhin, 2009).



### 2.2.2. LE TRAVAIL RÉDUIT DU SOL ET LES AUTRES PRATIQUES DE CONSERVATION

Le travail réduit du sol ou le semis direct permet de maintenir une proportion de résidus organiques (> 30 % de la surface) jugée critique pour le maintien de la qualité des sols. D'une part, la présence de résidus contribue à protéger le sol de l'érosion et à ralentir le ruissellement. D'autre part, au même titre que les rotations, l'amélioration de la structure et de la qualité du sol par les pratiques de conservation confère au sol une résistance accrue à l'érosion. Toutes les pratiques qui peuvent améliorer la structure du sol (amendements organiques, engrais verts, sous-solage, etc.) contribuent à réduire le ruissellement et l'érosion et, par le fait même, la migration des pesticides vers l'eau de surface.

### 2.2.3. LE DÉHERBAGE MÉCANIQUE ET LE FAUX SEMIS

Le désherbage mécanique (sarcler) est une méthode alternative permettant de réduire l'utilisation des herbicides (Douville, 2001). Pour réaliser un désherbage mécanique efficace, le dépistage est primordial. Le dépistage permet d'évaluer non seulement le niveau d'infestation et le type de mauvaises herbes, mais aussi l'efficacité d'un traitement. L'efficacité du désherbage dépend des ajustements du sarcler et des conditions de sol (Tableau 9).

Douville (2001) propose différentes séquences d'interventions pour le désherbage mécanique incluant la technique du faux semis. La technique du faux semis consiste à faire un léger travail mécanique du sol pour stimuler la levée des mauvaises herbes avant le semis de la culture principale (7 à 10 jours) afin de les détruire lors du semis. Par contre, un frein majeur à l'utilisation de la technique du faux semis est la courte saison de production du Québec. Les variétés comme la Goldrush, la Burbank ou la Chieftain nécessitent une pleine saison de croissance, ce qui limite les superficies disponibles pour pratiquer le faux semis.

**Tableau 9. Recommandations pour réussir le désherbage mécanique (adapté de Douville, 2001)**

Recommandations pour réussir le désherbage mécanique
➤ Faire une inspection du sarcler en début de saison et pendant l'opération de sarclage
➤ Sarcler dans les mêmes rangs que le planteur pour éviter d'endommager les plants et garantir un sarclage efficace
➤ Ne pas sarcler trop profondément pour ne pas ralentir la vitesse et pour réduire la consommation de carburant
➤ Ne pas sarcler un sol humide pour éviter de compacter le sol et pour maximiser la destruction des mauvaises herbes
➤ Ne pas sarcler trop tardivement car si le sarclage se fait après l'apparition des boutons floraux, les rendements peuvent être réduits de 10 à 15 %



## 2.3. LES MÉTHODES D'ÉPANDAGE ET LE CHOIX DES MATIÈRES ACTIVES

### 2.3.1. LE RESPECT DES ÉTIQUETTES

Les informations contenues sur l'étiquette de chaque pesticide doivent être lues et respectées. Par exemple, les mesures de précaution à adopter contribuent à protéger l'utilisateur alors que le respect des zones tampons lors de l'application limite la migration des pesticides vers l'eau de surface. Par ailleurs, il est envisageable aussi de moduler la dose en fonction de la pression et d'utiliser la plus petite dose recommandée sur l'étiquette lorsque c'est possible. Également, la réduction des doses d'herbicide est une solution qui est applicable à certains contextes. Les agronomes qui recommandent les doses réduites ou les producteurs qui appliquent les doses réduites doivent connaître les implications légales reliées à cette pratique. L'emploi des doses réduites peut aussi contribuer au développement de résistances.

#### Extrait de l'ABC du conseiller agricole (section 4.5.5.3 - A)<sup>3</sup>

*Une dose réduite est une dose inférieure à la plus petite dose indiquée sur l'étiquette en vigueur d'un herbicide homologué pour un usage visé. Comme les directives d'emploi pour lesquels le produit est homologué ne sont pas respectées, il s'agit d'un usage interdit par la loi sur les produits antiparasitaires (LPA). L'agronome ne peut donc légalement recommander l'utilisation de doses réduites. Il est à noter cependant que si cette pratique **n'entraîne pas un danger pour la santé ou la sécurité humaine ou pour l'environnement**, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) considère qu'il est inapproprié de prendre action **contre les utilisateurs ne crée pas de conditions dangereuses à la santé ou l'environnement**, aucune mesure légale ne sera prise auprès des conseillers ou des utilisateurs qui en font l'essai. En effet, selon l'ARLA, une telle pratique ne va pas à l'encontre de l'esprit de la loi. Ainsi, si un producteur agricole désire mettre en œuvre cette pratique, ce dernier demeure entièrement responsable des éventuels dommages aux cultures ou de la perte de rendement engendrés par son emploi. L'utilisation des doses réduites a pour effet d'invalider la garantie du fabricant. De plus, si l'emploi de doses réduites entraînait des pertes pour les utilisateurs, les conseillers qui recommandent un tel emploi pourraient être tenus responsables de leurs recommandations dans des actions civiles.*

Pour obtenir plus d'information sur les doses réduites :

<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/bsp06-06.pdf>

[http://www.umanitoba.ca/outreach/naturalagriculture/weed/files/herbicide/reduced\\_rates\\_f.htm](http://www.umanitoba.ca/outreach/naturalagriculture/weed/files/herbicide/reduced_rates_f.htm)

<http://www.clubsconseils.org/accueil/affichage.asp?B=767>

### 2.3.2. LES APPLICATIONS LOCALISÉES D'INSECTICIDES

Le traitement du pourtour des champs avec un insecticide foliaire contre le puceron, le principal vecteur du virus PVY, a permis de réduire d'environ 95 % la superficie traitée (Carroll *et al.*, 2009). Sur le même principe que les pièges-fosses, le traitement en périmètre des champs avec un insecticide au sillon ou en traitement de semences est aussi très intéressant pour le contrôle du

<sup>3</sup> <http://www.abcdconseiller.qc.ca/default.aspx?ID=Accueil&PageID=4>



doryphore. Pour une bonne efficacité de cette technique, la rotation des cultures en blocs doit être utilisée afin de favoriser la migration des populations de doryphores. Des traitements foliaires d'insecticides pourront être requis au cours de la saison afin de contrôler les populations dans le milieu du champ. Cette technique permet de réduire la quantité d'insecticides utilisée et de créer un refuge pour des souches de doryphores non résistantes aux insecticides.

---

### 2.3.3. LES APPLICATIONS D'HERBICIDES EN BANDES

L'application d'herbicides en bandes est une approche qui contribue à réduire non seulement les doses appliquées et les coûts de production, mais aussi les risques de contamination de l'eau (Jean, 2008). En postlevée, l'application des herbicides en bandes a permis de réduire la dose de 66 % sans affecter la productivité mais, à la plantation, l'efficacité a été moindre que l'épandage pleine largeur (SPPTRQ, 2003). En combinaison avec le sarclage, l'application en bandes d'une demi-dose d'herbicide permet d'obtenir un niveau de répression très satisfaisant (SPPTRQ, 2003). Des essais récents (Gagnon, 2012) réalisés au Québec et dans les provinces maritimes ont confirmé que l'application en bandes jumelée au sarclage mécanique réprime les mauvaises herbes aussi efficacement que les applications pleine largeur. Il importe cependant d'aligner le jet des buses adéquatement sur le rang pour garantir le succès des applications en bandes. Il est recommandé d'utiliser le planteur et le sarclage-butteur pour appliquer les herbicides en bandes (Gagnon, 2012). Les cultivars hâtifs et à fort développement végétatif sont plus faciles à traiter avec des applications en bandes (Jean, 2008). Les systèmes d'application en bandes permettent aussi de localiser des applications à des endroits qui présentent des niveaux d'infestation problématiques, surtout pour les espèces plus difficiles à réprimer (Douville, 2001).

Pour en savoir davantage sur les applications d'herbicides en bandes dans la production de pommes de terre :

[www.agrireseau.qc.ca/pdt/documents/PDT-herb-bandes-VF.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/pdt/documents/PDT-herb-bandes-VF.pdf)

---

### 2.3.4. LES MODES D'APPLICATION

Le choix du mode d'application d'un pesticide exerce une influence sur les risques de contamination de l'eau. À titre d'exemple, les applications foliaires d'insecticides contre le doryphore requièrent des doses inférieures à celles des applications sur les tubercules pour atteindre le même niveau d'efficacité, sans affecter les rendements (Bélanger et Pagé, 2005). Par conséquent, les risques de contamination de l'eau et de développement de résistances sont moindres.

Pour réaliser les traitements foliaires contre le doryphore, il est recommandé<sup>4</sup>:

- de ne pas faire plus de 3 applications avec le même produit ou avec un produit du même groupe;
- de ne pas traiter plus d'une génération d'insectes avec le même groupe de produits;
- puisque les larves sont plus sensibles que les adultes aux insecticides, il faut le plus possible diriger nos interventions contre les jeunes larves.



Pour les néonicotinoïdes, l'application sous forme de traitement de plantons représente près de 60 % des utilisations d'insecticides. Les études réalisées à ce sujet montrent que moins de 20 % de la matière active est absorbée alors que l'absorption en application foliaire excède souvent 50 % (Goulson, 2013). L'application dans le sillon ou l'application sous forme d'enrobage des plantons représentent un risque équivalent de perte dans l'environnement. L'application dans le sillon est toutefois plus susceptible aux pertes par ruissellement et lessivage à la suite d'importantes précipitations en début de saison<sup>5</sup>. Dans certains cas, l'utilisation d'insecticides systémiques à la plantation, comme c'est le cas avec des semences traitées avec des néonicotinoïdes, est contradictoire avec la lutte intégrée qui vise à cibler les interventions en fonction d'un niveau de risque (Goulson, 2013). Le Tableau 10 présente les doses d'application en fonction du mode d'application. La concentration de matière active pour un hectare est largement inférieure (de 3 à 6 fois) pour les applications foliaires.

**Tableau 10. Quantité de matière active par hectare (g/ha ou ml/ha) selon le mode d'application et les recommandations sur les étiquettes**

Matière active	Au sillon	Enrobage des plantons <sup>1</sup>	Foliaire <sup>2</sup>
Clothianidine (Titan <sup>3</sup> , Clutch, Clothianidine <sup>4</sup> ) g/ha	132 - 223	139 - 280	70 - 104
Imidaclopride (Admire) ml/ha	833 - 1333	582 - 873	400
Thiaméthoxame (Actara, Cruiser Max, Actara) ml/ha	377 - 488	385 - 497	218

<sup>1</sup> Basé sur un taux de plantation de 2 240 kg/ha (2 000 lb/ac)

<sup>2</sup> Basé sur 2 applications foliaires

<sup>3</sup> Concentration de 600 g m.a./L

<sup>4</sup> Concentration de 0,5 g m.a./g

### 2.3.5. LE CHOIX DES MATIÈRES ACTIVES

Le choix des matières actives en fonction de leur toxicité pour l'environnement et la santé constitue une approche permettant de réduire les conséquences d'une contamination de l'eau. D'une part, à dose et efficacité égales, la toxicité des matières actives est variable et la matière active la moins toxique devrait être privilégiée. D'autre part, le choix des pesticides doit considérer le groupe de pesticides afin de permettre des rotations entre les produits utilisés et de limiter ainsi le développement de résistances.

Le Tableau 11 présente les résultats d'une enquête menée aux Pays-Bas entre la pratique conventionnelle et une pratique de gestion intégrée basée sur un programme de certification. Bien que le nombre d'applications ait peu varié sauf pour les herbicides, le choix des matières actives permet de réduire les quantités de matières actives appliquées de façon importante (De Jong et De Snoo, 2002). Cependant, il faut considérer la toxicité parfois plus élevée des matières actives utilisées en plus petites quantités. Par exemple, les néonicotinoïdes sont toxiques à très faibles doses chez les abeilles.

<sup>4</sup> [www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a06pdt13.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/a06pdt13.pdf)

<sup>5</sup> Groves, communication personnelle, 2013



**Tableau 11. Nombre total d'applications et quantité totale de matière active (m.a.) appliquée selon le type de pesticide et la régie de production (adapté de De Jong et De Snoo, 2002)**

	<b>Conventionnelle</b>	<b>Intégrée</b>
<b>Nombre d'applications</b>		
Herbicide	3,2	0,8
Insecticide	2,2	2,2
Fongicide	11,6	10,5
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>13,4</b>
<b>Quantité de matière active (kg m.a./ha)</b>		
Herbicide	2,2	0,6
Insecticide	0,43	0,07
Fongicide	7,9	1,7
<b>TOTAL</b>	<b>10,5</b>	<b>2,4</b>

Les traitements foliaires à base d'acide phosphoreux (Confine) en combinaison avec un fongicide contre le mildiou comme le chlorothalonil (Bravo) permet de réduire les applications de fongicides (Peters, 2009). L'acide phosphoreux agit en synergie avec le fongicide afin d'augmenter l'efficacité de la protection (Wang-Pruski *et al.*, 2010; Lim *et al.*, 2013).

## 2.4. LES AUTRES MÉTHODES

### 2.4.1. LES MÉTHODES MÉCANIQUES

#### 2.4.1.1. Les pièges-fosses

Le piège-fosse est une méthode mécanique qui consiste à installer une tranchée recouverte d'un plastique afin d'empêcher les doryphores adultes de migrer vers d'autres parcelles. L'inclinaison de la pente des parois de la tranchée doit être supérieure à 46° (Boiteau *et al.*, 1994). La présence de particules de sol sur le plastique empêche les doryphores de sortir du piège, mais les précipitations les aident à s'en échapper. D'après les essais de Boiteau *et al.* (1994), un champ encerclé d'une tranchée a réduit de 47 à 49 % les adultes du printemps et de 40 à 90 % les adultes de seconde génération. Lorsque le périmètre du champ n'est pas totalement encerclé par une tranchée, l'efficacité des pièges est moindre et peut même être nulle. Les auteurs recommandent donc d'utiliser les pièges en combinaison avec les insecticides. Le coût d'installation des pièges est inversement proportionnel à la dimension du champ (Boiteau et Vernon, 2000). La rotation en blocs constitue une prémisses essentielle pour l'utilisation des pièges-fosses.





---

#### 2.4.1.2. Les aspirateurs

L'aspiration des doryphores se réalise en les délogeant avec un jet d'air pour ensuite les aspirer. Boiteau *et al.* (1992) ont constaté l'inefficacité de l'aspiration pour l'élimination des grosses larves (27 %) alors qu'environ 50 % des insectes étaient aspirés. D'après Khelifi *et al.* (2007), l'aspiration des larves s'est révélée moins efficace que l'utilisation de la flamme.

Pour obtenir plus d'information sur l'aspiration des doryphores :

[www.attra.ncat.org/attra-pub/viewhtml.php?id=128](http://www.attra.ncat.org/attra-pub/viewhtml.php?id=128)

---

### 2.4.2. LES MÉTHODES BIOLOGIQUES

---

#### 2.4.2.1. Les biopesticides

Un projet réalisé au Québec visait à évaluer plusieurs bioinsecticides contre le doryphore en production biologique (CIEL, 2009). Le Bt (Novodor) et le spinosad (Entrust), deux produits homologués utilisés en alternance en régie biologique, ont démontré une efficacité significative. Il importe de préciser que le Bt est efficace seulement contre les larves. Malheureusement, il s'avère que la formulation de Bt pour lutter contre le doryphore n'est pas disponible au niveau commercial. Les résultats du CIEL (2009) ont aussi permis d'identifier d'autres bioinsecticides efficaces contre le doryphore qui pourraient faire l'objet d'une éventuelle : le NeemAzal 1,2 % EC, l'Azera (pyréthre et azadirachtine) et le Botaniguard (*Beauveria bassiana*, souche GHA). Le Botaniguard est efficace contre les larves et contre les adultes<sup>6</sup>.

---

#### 2.4.2.2. Les cultures pièges

Dans un contexte de rotation des cultures, l'apparition des doryphores dans un nouveau champ de pommes de terre se manifeste principalement en bordure des champs. Cette logique suggère que l'implantation de cultures pièges permettrait d'attirer les doryphores. Hoy *et al.* (2000) n'ont pas réussi à démontrer une réduction des populations adultes avec l'utilisation de cette méthode. Ces auteurs proposent plutôt de procéder au dépistage de la bordure des champs pour localiser les épandages d'insecticides.

---

#### 2.4.2.3. La punaise masquée

La lutte biologique implique l'utilisation de prédateurs qui contrôlent le développement de ravageurs. Le principal défi de la lutte biologique en plein champ est la distribution des prédateurs. À l'Université Laval, une équipe a mis au point un système mécanique pour la distribution de la punaise masquée (*Perillus bioculatus*) dont la larve se nourrit principalement d'œufs de doryphores (De Ladurantaye, 2011). Des essais réalisés en Montérégie en 2013 se sont avérés concluants. Il demeure que la méthode est encore trop dispendieuse pour un usage

---

<sup>6</sup> [www.agrisk.umn.edu/cache/ARL02956.htm](http://www.agrisk.umn.edu/cache/ARL02956.htm)



commercial, le coût des punaises étant trop élevé. La compagnie Anatis Bioprotection évalue la possibilité de baisser les coûts de la punaise masquée. Toutefois, de nombreux essais doivent être réalisés pour valider l'efficacité de la méthode.

### 2.4.3. LES MÉTHODES THERMIQUES

L'utilisation de la chaleur permet de réprimer les insectes comme le doryphore ainsi que les mauvaises herbes. Un brûleur au propane contre le doryphore a été évalué sous les conditions du Québec (Laguë *et al.*, 1999). Deux opérations ont été réalisées pour atteindre un niveau de contrôle satisfaisant. Le premier passage a consisté à diriger les flammes directement sur les rangs de pomme de terre; les plants résistent à la chaleur lorsqu'ils ont une hauteur inférieure à 10 cm. Lors du deuxième passage plus tard en saison, un jet d'air pneumatique a été utilisé pour déloger les doryphores des plants et les diriger dans l'entre-rang sous les flammes (Figure 2). Aucun effet négatif sur la productivité n'a été noté et cette méthode a permis de contrôler les populations de doryphores aussi efficacement que les insecticides pour la première moitié de la saison. Moyer (1992) propose des consignes pour la fabrication et l'opération du brûleur au propane spécifiquement pour faire la lutte au doryphore.



Figure 2. Prototype de pyrodésherbeur combiné à un système pneumatique pour déloger les doryphores des plants (Khelifi *et al.*, 2007)

Le brûleur au propane peut aussi servir à éliminer les mauvaises herbes<sup>7</sup>. Pour obtenir plus d'information sur le pyrodés herbage : [www.irda.qc.ca/ documents/ Results/473.pdf](http://www.irda.qc.ca/documents/Results/473.pdf)

<sup>7</sup> [www.fr.slideshare.net/ElisaMendelsohn/flame-weeding-for-vegetable-crops-9578599](http://www.fr.slideshare.net/ElisaMendelsohn/flame-weeding-for-vegetable-crops-9578599)



### 3. FREINS ET INCITATIFS À LA MISE EN PLACE DE SOLUTIONS

Une consultation a été tenue auprès de plus d'une vingtaine d'intervenants œuvrant dans le secteur de la pomme de terre et (ou) de la phytoprotection, dont les membres du sous-comité agroenvironnement du Comité pomme de terre (annexe 1) afin de discuter des résultats de la revue de littérature. Les solutions proposées en lien avec les problématiques identifiées ont été discutées en tenant compte des freins et des incitatifs identifiés pour leur adoption. Un sondage<sup>8</sup> a aussi été effectué auprès de conseillers du secteur. Quoique le nombre de répondants soit faible, les résultats viennent renforcer les constats réalisés par les intervenants et sont présentés en annexe 2.

#### 3.1 FREINS À L'ADOPTION

La consultation de la littérature n'a pas permis d'identifier concrètement les principaux incitatifs ou les freins à l'adoption des solutions pour réduire la contamination de l'eau par les pesticides. Au niveau de la consultation des intervenants, il est rapidement apparu qu'aucune solution pour une problématique donnée, n'est adaptable à toutes les entreprises agricoles. Un diagnostic doit être réalisé sur chaque ferme afin d'identifier des solutions adaptées à la situation de l'entreprise (Tellier, 2006).

Les solutions alternatives de lutte aux ravageurs présentent souvent des contraintes, notamment en termes de disponibilité de ressources, nécessitent des adaptations ou peuvent représenter un risque d'efficacité moindre que l'utilisation de pesticides. D'autres freins évoqués à l'adoption de stratégies alternatives sont aussi le manque de maturité technologique, le coût élevé ou le manque d'efficacité (La Durantaye, 2011).

D'autre part, c'est souvent une combinaison de pratiques qui réduit réellement le niveau d'utilisation des pesticides. Or, l'adoption d'une ou plusieurs nouvelles pratiques par une entreprise peut être perçue comme étant complexe à gérer. Mackay (2000) cite en exemple l'adoption d'une nouvelle variété qui implique une modification de la régie à plusieurs niveaux. Un autre exemple de stratégie qui exige une combinaison de pratiques est l'utilisation de traitements insecticides foliaires comparativement à l'utilisation d'insecticides systémiques à la plantation (sur le planton ou au sillon) pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre. Afin d'être efficace, cette pratique nécessite l'utilisation de rotations des cultures pour réduire la pression des insectes et un suivi régulier des champs afin d'intervenir au moment opportun. Cette technique, qui permet généralement d'utiliser moins de pesticides ainsi que de réduire la possibilité de lessivage des produits vers les eaux souterraines, exige donc un suivi plus serré des champs.

---

<sup>8</sup> Sondage réalisé afin de connaître le point de vue des conseillers quant aux solutions applicables sur les entreprises agricoles et de dresser un portrait des principales matières actives utilisées, de la fréquence d'application et des méthodes d'application employées. Les résultats de ce sondage sont présentés en annexe.



Malgré la documentation importante qui illustre très bien l'effet prépondérant des pratiques culturales sur la productivité des sols et l'incidence des maladies, les producteurs évoluent dans un contexte où il est difficile d'adopter des pratiques durables comme moyen préventif afin d'améliorer la productivité des sols et de réduire l'incidence des ennemis de la pomme de terre. Selon [Larkin \(2008\)](#), les impacts des régies sont trop souvent spécifiques à des conditions pédoclimatiques précises.

De plus, le changement de régies culturales intensives par l'introduction de rotations longues ou l'utilisation d'engrais verts sur toute une saison réduit, à court terme, les revenus des entreprises. Les entreprises doivent mettre de côté les revenus générés par la culture principale afin d'intégrer une autre culture dont la rentabilité est faible, voire nulle. En effet, il est reconnu que les bénéfices au niveau de la productivité et de l'incidence des maladies prennent plus d'un cycle de rotation avant d'être effectifs. À plus long terme, l'amélioration de la productivité des sols permet de combler ce manque à gagner, mais l'évaluation concrète de ces gains demeure difficile à réaliser et à concevoir pour un producteur agricole. Dans certains cas, le manque de disponibilité de sols propices à la culture de pommes de terre limite les possibilités de rotation plus longues. L'introduction et le maintien de changements au niveau des pratiques de régie sur une entreprise demandent de la part des gestionnaires une grande confiance dans l'amélioration des sols et le retour à la rentabilité.

En contrepartie, les entreprises qui décident de mettre en place de nouvelles pratiques n'ont peu ou pas de valeur ajoutée à leur produit ou accès à des compensations monétaires. L'implantation de bandes riveraines au-delà de la pratique courante n'est pas compensée malgré que les bienfaits sur la qualité de l'environnement profitent à l'ensemble de la population. De plus, l'emploi de méthodes alternatives peut présenter un risque dans certains cas. La mise sur pied d'une marque ou d'un label « agroenvironnemental » pourrait être un incitatif intéressant pour certains producteurs.





## 4. PLAN D'ACTION

À la suite des consultations mentionnées auparavant, les équipes de travail d'AgriNova et du Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL) ont identifié les principaux enjeux de la réduction de la contamination de l'eau dans la production de pommes de terre. Un plan d'action visant la mise en place des conditions favorisant l'atteinte de cet objectif a ensuite été élaboré, et plusieurs actions sont proposées étant reliées à l'un ou l'autre des quatre enjeux identifiés :

- Enjeu 1 - Éducation, formation et sensibilisation;
- Enjeu 2 - Adoption de méthodes pour réduire la contamination;
- Enjeu 3 - Gestion du risque;
- Enjeu 4 - Recherche, développement et transfert technologique.

Dans les tableaux qui suivent, chaque action proposée s'est vu accorder un ordre de priorité, de 1 à 3 (1 étant la priorité la plus élevée). L'échéancier proposé pour chacune (court, moyen ou long terme) est basé sur :

- le sentiment d'urgence;
- le degré de préoccupation;
- la complémentarité avec d'autres actions;
- la facilité et la rapidité de mise en œuvre.

Des responsables sont identifiés pour la mise en place de ces actions, mais la concertation des acteurs est prioritaire. Elle doit aussi se faire avec d'autres secteurs de production. La communication entre les diverses régions du Québec est importante également. Il va de soi que les fournisseurs de pesticides sont aussi concernés, de par leur expertise de pointe en phytoprotection et leur rôle auprès des entreprises de pommes de terre.

Le Comité pomme de terre du CRAAQ aura à définir de quelle façon le milieu pourrait bénéficier des informations qui se trouvent dans le présent plan d'action et, surtout, quelles seront les suites à donner.

Soucieux de débiter rapidement les actions, le Comité pomme de terre va profiter de la tribune qui lui est offerte lors de son prochain colloque en y présentant des conférences pour sensibiliser les producteurs face à la problématique et pour proposer quelques solutions pouvant être mises en place sur la ferme afin de réduire les risques de contamination des eaux de surface ou souterraine.



<b>Enjeu 1 - Éducation, formation et sensibilisation</b> <b>Actions proposées</b>	<b>Priorité</b> <b>(1 à 3)</b>	<b>Échéancier</b> <b>(court, moyen et long terme)</b>	<b>Responsables</b>
• Diffuser <sup>1</sup> la problématique et les solutions	1	Court	Ministères UPA
• Diffuser les projets pilotes sur les technologies matures (ex. : vitrines lors de la journée champêtre)	1	Court	Ministères Fournisseurs
• Offrir au secteur de la pomme de terre des formations continues spécialisées sur les pesticides (mécanismes d'action, limites d'efficacité, méthodes d'application)	1	Court	Instituts de formation Fournisseurs
• Offrir des formations sur les méthodes de dépistages « standardisées » et proposer des seuils d'interventions	1	Court	Ministères Instituts de formation
• Faire connaître les programmes de soutien et de financement actuel	1	Court	Ministères Services-conseils
• Obligation de formation continue pour le permis d'utilisation de pesticides (producteurs)	2	Moyen	Ministères
• Sensibiliser le consommateur (critères esthétiques, etc.)	3	Long	Associations de producteurs OAQ Ministères
• Formation universitaire (cours obligatoire sur les pesticides)	2	Long	Instituts de formation

<sup>1</sup> La fiche synthèse publiée par le CRAAQ à la suite de ce projet est une première initiative en ce sens.



Enjeu 2 - Adopter des méthodes pour réduire la contamination Actions proposées	Priorité (1 à 3)	Échéancier (court, moyen et long terme)	Responsables
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des puits et des zones tampons pour le respect des distances</li> </ul>	1	Court	Producteurs UPA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assurer le respect des étiquettes, des zones tampons et de la réglementation</li> </ul>	1	Court	Services-conseils Ministères
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Offrir de l'encadrement technique spécialisé dans la réduction de la contamination (diagnostic et plan d'action personnalisé)</li> <li>• Utiliser tous les moyens possibles afin d'augmenter l'efficacité des pulvérisations (réglage et entretien des pulvérisateurs, buses anti-dérive, hauteur des rampes, etc.)</li> <li>• Choix de pesticides possédant des indices de risque plus faibles pour la santé et l'environnement, qui sont moins lessivables ou qui sont peu persistants</li> <li>• Méthodes alternatives ou lutte biologique</li> </ul>	1	Moyen/long	Services-conseils Ministères (soutien financier)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Récupérer les eaux de lavage des équipements de tranchage et de plantation</li> <li>• Aménager des sites sécuritaires pour le remplissage et le nettoyage des pulvérisateurs</li> </ul>	1	Moyen/long	Producteurs Fournisseurs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en place des bandes riveraines</li> </ul>	1	Moyen/long	Ministères (réglementation)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Méthodes de luttés contre l'érosion (engrais verts d'automne, pratiques de conservation des sols, etc.)</li> <li>• Utiliser des méthodes culturales qui permettent de réduire les problématiques phytosanitaires : rotations, réduction de la compaction, etc.</li> </ul>	2	Moyen/long	Services-conseils Producteurs



<b>Enjeu 3 - Gestion du risque</b> <b>Actions proposées</b>	<b>Priorité</b> <b>(1 à 3)</b>	<b>Échéancier</b> <b>(court, moyen et long</b> <b>terme)</b>	<b>Responsables</b>
• Soutenir l'encadrement technique	1	Court	Ministères (financement)
• Offrir des compensations ou des incitatifs à la mise en place de mesures contraignantes (bandes riveraines, zones tampons, etc.)	2	moyen	Ministères (financement)
• Faire reconnaître l'avantage des bonnes pratiques (ex. : certification agroenvironnementale, politique fiscale, écoconditionnalité,	2	Moyen/long	Ministères Associations de producteurs
• Documenter les risques (seuils de toxicité pour les matières actives non documentées)	2	Moyen/long	Ministères
• Soutenir les solutions alternatives (ex. : pesticides à risques réduits comme le Bt, punaises masquées, pièges fosses, etc.)	1	Moyen	Ministères Industrie





<b>Enjeu 4 - Recherche, développement et transfert technologique</b> <b>Actions proposées</b>	<b>Priorité</b> <b>(1 à 3)</b>	<b>Échéancier</b> <b>(court, moyen et long terme)</b>	<b>Responsables</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Expérimenter et diffuser les méthodes de dépistages et les seuils d'interventions</li> </ul>	1	Court	Services-conseils Producteurs
<ul style="list-style-type: none"> <li>Réaliser des projets de recherche ou de transfert technologique pour les solutions en développement s</li> </ul>	1	Moyen/long	Instituts de recherche Services-conseils
<ul style="list-style-type: none"> <li>Documenter les solutions alternatives (ex. : fiche décrivant la technique, les coûts et les impacts)</li> </ul>	1	Court	Instituts de recherche Services-conseils
<ul style="list-style-type: none"> <li>Poursuivre le suivi de la qualité de l'eau de surface et de l'eau souterraine en incluant les nouvelles molécules</li> </ul>	1	Court	Ministères
<ul style="list-style-type: none"> <li>Faire des projets-pilotes ou de démonstration dans les principales régions</li> </ul>	2	Moyen	Ministères Services-conseils
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mettre en place un fonds pour le financement de la recherche (ex. : taxer les ventes de pesticides, sauf les pesticides à risques réduits)</li> </ul>	2	Moyen/long	Fournisseurs Industrie Réglementation
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rechercher des nouvelles matières actives à risques réduits</li> </ul>	3	Moyen/long	Fournisseurs Instituts de recherche



## 5. RÉFÉRENCES

- Alyokhin, A. 2009. Colorado potato beetle management on potatoes: current challenges and future prospects. In: Tennant P, Benkeblia N (Eds) Potato II. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology 3 (Special Issue 1): 10-19.
- AIM (Advancing Intelligent Mitigation). 2011. Vegetative Buffer Strips - A Proven Field Mitigation Measure to Reduce Pesticide Runoff from Agricultural Fields. European Crop Protection Association. 8 p. [http://abe.ufl.edu/carpaena/files/pdf/software/vfsmod/VFS\\_Flyer\\_07\\_09\\_09\\_FINAL.pdf](http://abe.ufl.edu/carpaena/files/pdf/software/vfsmod/VFS_Flyer_07_09_09_FINAL.pdf)
- Arora, K., S.K. Mickelson, M.J. Helmers et J.L. Baker. 2010. Review of pesticide retention process occurring in buffer strips receiving agricultural runoff. *J. Environ. Qual.* 46(3): 618-647.
- Bélanger, B. 2003. La lutte au doryphore de la pomme de terre et la rotation en blocs. *Agrosol.* 14(1) : 47-53.
- Bélanger, B. et D. Pagé. 2005. Essais de différentes stratégies de lutte au doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Rapport de recherche. IRDA. 17 p.
- Bergeron, D. 2012. L'irrigation de la pomme de terre au Québec : état de la situation et tendances. Colloque sur la pomme de terre 2012, 23 novembre, Lévis (Québec). 2 p.
- Bernier, D. 2013. Présence d'un nouvel ennemi dans nos cultures: La résistance aux herbicides. Journée Pesticides en grandes cultures. 31 janvier, St-Lambert-de-Lauzon. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/profil/Pages/JourneePesticidesgrandescultures.aspx>
- Boiteau, G., Y. Pelletier, G.C. Misener et G. Bernard. 1994. Development and evaluation of a plastic trench barrier for protection of potato from walking adult Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 87: 1325-1331.
- Boiteau, G. et R. Vernon. 2000. Barrières physiques contre les insectes nuisibles, pp. 239-263. Dans : La lutte physique en phytoprotection, Vincent, C., B. Panneton et F. Fleurat-Lessard. Institut national de la recherche agronomique, INRA Paris. 347 p.
- Boiteau, G., G.C. Misener, R.P. Singh et G. Bernard. 1992. Evaluation of a vacuum collector for insect pest control in potato. *Am. Potato J.* 69: 157-166.
- Bollen, G.J., O. Hoekstra, K. Scholte, T.W. Hofman, M.J. Celetti et A. Schirring. 1989. Incidence of soilborne pathogens in potato related to the frequency of potato growing on a clay loam. *Proc. Int. Conf. Effects crop rotation on potato production in the temperate zones* 40: 203-222.
- Boucher, C. 2013. Comment se portent nos pollinisateurs? Problématique de surmortalité des colonies d'abeilles. Journée Pesticides en grandes cultures, 31 janvier, St-Lambert-de-Lauzon. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/profil/Pages/JourneePesticidesgrandescultures.aspx>
- Cairns, D. 2002. Effects of Land Use Practices on Fish, Shellfish and Their Habitats on Prince Edward Island. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2408. 157 p.



- Carroll, M.W., E.B. Radcliffe, I.V. MacRae, D.W. Ragsdale, K.D. Olson et T. Badibanga. 2009. Border treatment to reduce insecticide use in seed potato production: biological, economic, and managerial analysis. *American Journal of Potato Research* 86: 31-37.
- Carter, M.R., J.B. Sanderson et R.D. Peters. 2009. Long-term conservation tillage in potato rotations in Atlantic Canada : Potato productivity, tuber quality and nutrient content. *Canadian Journal of Plant Science*. 89: 273-280.
- Carter, M.R. et J.B. Sanderson. 2001. Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease, and soil quality parameters on a fine sandy loam in Eastern Canada. *Soil & Tillage Research* 63:1-13.
- Clément, M.F. et A. N'Dayegamiye. 2009. Rotation dans la culture de la pomme de terre : bilans humiques et logiciel de calcul. Colloque sur la pomme de terre, 13 novembre. 6 p.
- CIEL (Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière). 2009. Lutte contre le doryphore de la pomme de terre en production biologique : détermination de l'efficacité de nouveaux bio-insecticides. Rapport final PSDAB. 33 p.
- CRAAQ (Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec). 2010. Pomme de terre de table – Budget, Avril 2010. Références économiques. 10 p.
- De Jong, F.M.W. et G.R. De Snoo, 2002. A comparison of the environmental impact of pesticide use in integrated and conventional potato cultivation in The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 91: 5-13.
- De Ladurantaye, S. 2011. Distribution mécanique au champ de punaises prédatrices pour la lutte biologique contre le doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Mémoire de maîtrise, Université Laval (Département génie agroalimentaire). 110 p.
- Douville, Y. 2001. Réduction des herbicides - Pomme de terre. Stratégie phytosanitaire – Brochure technique. 11 p. <http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/slv09-055.pdf>
- Ferland, P. 2006. L'irrigation : portrait pour le Québec. Colloque sur l'irrigation, 10 février, Boucherville (Québec). 6 p.
- Gabriella Fait, Marco Nicelli, George Fragoulis, Marco Trevisan et Ettore Capri. 2007. Reduction of Point Contamination Sources of Pesticide from a Vineyard Farm. *Environmental Science & Technology* 41(9) : 3302-3308.
- Gagnon, A. 2011. Application d'herbicides en bandes dans la culture de la pomme de terre. Colloque sur la pomme de terre, 8 novembre, CRAAQ.
- Giroux, I., 2003. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions en culture de pommes de terre, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, envirodoq no ENV/2003/0233, 23 pages et 3 annexes.
- Giroux, I. 2013. MDDEFP, Direction du suivi de l'état de l'environnement, communication personnelle.



Giroux, I. et 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. 31 p. et 5 annexes.

Giroux, I. et J. Fortin. 2010. Pesticides dans l'eau de surface d'une zone maraîchère – Ruisseau Gibeault-Delisle dans les « terres noires » du bassin versant de la rivière Châteauguay de 2005 à 2007, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement et Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire. 28 p.

Gormley K., K. Teather et D. Guignon. 2005. Changes in salmonid communities associated with pesticide runoff events. *Ecotoxicology* 14: 671-678.

Goulson, D. 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides – Review. *Journal of Applied Ecology* 50: 977-987.

Grandy, A. S., Porter, G. A. et M. S. Erich. 2002. Organic Amendment and Rotation Crop Effects on the recovery of Soil Organic Matter and Aggregation in Potato Cropping Systems, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1311-1319.

Hamel, G. et C. Pilarski. 2011. La haie brise-vent : ses effets sur la réduction de la dérive et de la migration des pesticides. Fédération des producteurs maraîchers du Québec (FPMQ). Rapport présenté au Conseil québécois de l'horticulture (CQH). 33 p.

Hoy, C.W., T.T. Vaughn et D.A. East. 2000. Increasing the effectiveness of spring trap crops for *Leptinotarsa decemlineata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96(3): 193-204.

Jean, C. 2008. Application d'herbicide en bandes dans la pomme de terre. Appui à la stratégie phytosanitaire – Brochure technique. 8 p.

<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/documents/PDT-herb-bandes-VF.pdf>

Khelifi, M. C. Laguë et Y. de Ladurantaye. 2007. Physical Control of Colorado Potato Beetle: A Review. *Applied Engineering in Agriculture* 23(5): 557-569.

Lafontaine, P. 2012. Utilisation de modèles prévisionnels pour lutter contre le mildiou de la pomme de terre. Colloque sur la pomme de terre, 23 novembre, CRAAQ. 3 p.

Laguë C, M. Khelifi, J. Gill et B. Lacasse. 1999. Pneumatic and thermal control of Colorado potato beetle. *Can. Agric. Engineering* 41: 53-57.

Larkin, R.P., T.S. Griffin et C.W. Honeycutt. 2010, Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield and soil microbial communities. *Plant Dis.* 94: 1491-1502.

Larkin, R.P., C.W. Honeycutt, T.S. Griffin, O.M. Olanya, J.M. Halloran et Z. He. 2011. Effects of different potato cropping system approaches and water management on soilborne diseases and soil microbial communities. *Phytopathology* 101: 58-67.

Lim, S., T. Borza, R.D. Peters, R.H. Coffin, K.I. Al-Mughrabi, D.M. Pinto et G. Wang-Pruski. 2013. Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. *Journal of Proteomics* 93 (20 November 2013) : 207–223.



---

Mackay, G.R. 2000. Basic and Applied Research Needs for Sustained Crop Health of the Potato. *Amer J of Potato Res.* 77: 334-338.

McGrath, G.S., C. Hinz, M. Sivapalan, J. Dressel, T. Pütz et H. Vereecken. 2010. Identifying a rainfall event threshold triggering herbicide leaching by preferential flow. *Water Resources Research.* 46(2): 12 p.

Moyer, D. 1992. Fabrication and Operation of a Propane Flamer for Colorado Potato Beetle Control. Cornell Cooperative Extension - Suffolk Co., Riverhead, NY. February.

Peters, R.D. 2009. Utilisation des produits à base d'acides phosphoreux pour lutter contre le mildiou et la pourriture rose. Colloque sur la pomme de terre "Une production à protéger". 13 novembre, Québec.

Po, E.A., S.S. Snapp et A. Kravchenko. Rotational and Cover Crop Determinants of Soil Structural Stability and Carbon in a Potato System. *Agronomy Journal* 101(1): 175-183.

Reichenberger, S., M. Bach, A. Skitschak et H.-G. Frede. 2007. Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground and surface water and their effectiveness; a review. *Sci. Total Environ.* 384: 1-35.

Ritter, W.F. 1990. Pesticide contamination of ground water in the United States-A review. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes* Volume 25, Issue 1, pages 1-29.

SPPTRQ (Syndicat des producteurs de pomme de terre de la région de Québec). 2003. L'application des herbicides en bandes dans la pomme de terre. Rapport final réalisé dans le cadre du Programme agroenvironnemental de soutien à la Stratégie phytosanitaire du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000. 28 p.

Swarcewicz, M., A. Gregorczyk et J. Sobczak. 2013. Comparison of linuron degradation in the presence of pesticide mixtures in soil under laboratory conditions. *Environ. Monit. Assess.* 185(10): 8109-8114.

Tellier, S. 2006. Les pesticides en milieu agricole : état de la situation environnementale et initiatives prometteuses, Direction des politiques en milieu terrestre, Service des pesticides, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 90 p.

Thériault, P.A. 2013. Pesticides et environnement : comment gérer le risque ? Journée Pesticides en grandes cultures. Saint-Lambert-de-Lauzon, 31 janvier 2013.

<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/profil/Pages/JourneePesticidesgrandescultures.aspx>

USDA (United States Department of Agriculture). 2000. Conservation buffers to reduce pesticide losses. Natural Resources Conservation Service (NRCS). March.

Van Der Heyden, H., L. Brodeur et O. Carisse. 2012. Implantation d'un réseau local de détection hâtive de *P. infestans*. Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 11.1 – Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture.

Wang-Pruski, G., R.H. Coffin, R.D. Peters, K.I. Al-Mughrabi, H.W. Platt, D.M. Pinto, S. Veenhuis-MacNeill, W. Hardy, S. Lim et T. Astatkie. 2010. Phosphorous Acid for Late Blight Suppression in Potato Leaves. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 4(2): 25-29.



White, L. M., W. R. Ernst, G. Julien, C. Garron et M. Leger. 2006. Ambient air concentrations of pesticides used in potato cultivation in Prince Edward Island, Canada. *Pest. Manag. Sci.* 62: 126-136.

Xing Z, L. Chow, A. Cook, G. Benoy, H. Rees, B. Ernst, F. Meng, S. Li, T. Zha, C. Murphy, S. Batchelor et L.M. Hewit. 2012. Pesticide application and detection in variable agricultural intensity watersheds and their river systems in the maritime region of Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 63(4): 471-483.

Yang, E.-C., H.-C. Chang, W.-Y. Wu, Y.-W. Chen. 2012. Impaired Olfactory Associative Behavior of Honeybee Workers Due to Contamination of Imidacloprid in the Larval Stage. *PLoS ONE* 7(11): 1-8.

Yu, S., M.R. Wages, G.P. Cobb et J.D. Maul. 2013. Effects of chlorothalonil on development and growth of amphibian embryos and larvae. *Environmental Pollution* 181: 329-334.



## ANNEXE 1

### Liste des intervenants qui ont collaboré au projet « Problématiques et solutions afin de réduire la contamination de l'eau par les pesticides »

Nom	Fonction	Organisation
Annie Berger	agronome, économiste	Fédération des producteurs de pommes de terre du Québec
Bruno Gosselin	coordonnateur du Réseau d'avertissements phytosanitaires	MAPAQ, Direction de la phytoprotection
Carrolyn O'Grady	agronome, conseillère en agroenvironnement et développement régional	MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Ouest
Christian Beaudry	agronome, gérant de territoire – horticole	Bayer CropSciences
Christine Villeneuve	conseillère en horticulture légumière	MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Ouest
Daniel Bergeron	agronome, M.Sc., conseiller horticole	MAPAQ, Direction régionale de la Capitale-Nationale
Élaine Grignon	agronome, coordonnatrice du Pôle d'excellence en lutte intégrée	CLD des Jardins-de-Napierville
Francis Desrochers	producteur	MAXI-SOL inc.
Guy Roy	agronome, directeur R-D et contrôle qualité professionnel de recherche	Groupe Gosselin Production FG Inc. et consultant Université Laval
Hervé Van Der Heyden	chargé de projets	Phytodata
Isabelle Giroux	analyste qualité de l'eau	MDDEFP, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Service de l'information sur les milieux aquatiques
Laure Boulet	agronome, conseillère régionale en horticulture, experte sectorielle pomme de terre	MAPAQ, Direction régionale du Bas-Saint-Laurent
Luc Bérubé	agronome	Groupe Pousse-Vert / CET Pommes de terre
Luc Brodeur	directeur général	Phytodata
Marie-Hélène April	coordonnatrice de la SPQA	MAPAQ, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable
Marie-Pascale Beaudoin	conseillère horticole	MAPAQ, Direction régionale du Saguenay - Lac-Saint-Jean
Mélissa Gagnon	agronome, conseillère horticole	MAPAQ, Direction régionale de Montréal-Laval-Lanaudière
Nadia Surdeck	conseillère en agroenvironnement	Club Pleine Terre
Philippe Parent	agronome, M.Sc.	Université Laval et Patates Dolbec
Pierre Lafontaine	agronome, chercheur	Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)
Roxana Bindea	agronome, M.Sc.	MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Ouest
Samuel Morissette	agronome, chargé de projets	Agrinova
Sébastien Martinez	agronome, professionnel de recherche	Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)
Stéphane Martel	agronome, M.Sc., chargé de projet	Agrinova
Stéphane Perreault	agronome, conseiller spécialisé pommes de terre	La Coop fédérée
Sylvie Therrien	agronome, conseillère en gestion intégrée des ennemis des cultures	MAPAQ - Direction de la phytoprotection



## ANNEXE 2. RÉSULTATS DE LA CONSULTATION DES INTERVENANTS

Un total de 9 conseillers ont rempli le sondage qui visait à recueillir de l'information sur les principales matières actives utilisées, la fréquence et les méthodes d'applications ainsi que sur les solutions (freins et incitatifs). Les réponses des conseillers devaient refléter l'usage des pesticides pour une entreprise type. Les tableaux qui suivent se veulent une synthèse des réponses apportées au sondage. Ils sont suivis des questions du sondage.

	Fréquence d'application : nombre / an <sup>1</sup>	Méthodes d'application <sup>2</sup>	Fréquence d'utilisation des matières actives <sup>3</sup>
<b>Herbicides</b>	2 à 4 (9/9)	Préplantation : < 10 % (5/9) 10 à 20 % (4/9) Prélevée : 70 % (1/9) > 90 % (7/9) Postlevée : 10 à 30 % (5/9) 40 à 80 % (3/9) Défanant : > 70 % (7/9)	Diquat : 88 % (5/9) Linuron : 71 % Métribuzine : 54 %
<b>Insecticides</b>	2 (2/9) 3 (1/9) 4 (1/9) > 5 (5/9)	Sillon : 50-60 % (6/9) Planton : 30 à 40 % (3/9) 50 à 80 % (3/9) Foliaire : 10 à 20 % (3/9) 80 à 100 % (5/9) Foliaire seulement : < 10 % (7/9) 20 % (2/9)	Thiaméthoxam : 64 % Huile minérale : 53 % Flonicamide : 44 % Clothianidine : 41 % Diméthoate : 31 %
<b>Fongicides</b>	6 à 8 (3/9) > 10 (6/9)	Planton et sillon (9/9)	Mancozèbe : 75 % Chlorothalonil : 67 % Azoxystrobine : 36 %

<sup>1</sup> Le chiffre entre parenthèse indique la proportion de répondants ayant fourni cette réponse.

<sup>2</sup> Le pourcentage indique le niveau d'utilisation des méthodes d'application pour une entreprise type; p. ex., plus de 90 % des herbicides sont appliqués en postlevée pour l'entreprise type de 7 conseillers. Les méthodes d'application pour les fongicides ont été regroupées (planton et sillon).

<sup>3</sup> Le pourcentage indique le niveau d'utilisation des principales matières actives pour une entreprise type; p. ex., le diquat représente 88 % des herbicides utilisés pour l'entreprise type de 5 conseillers.





	Pratique la lutte intégrée <sup>1</sup>		Pratiques utilisées
	OUI	NON	
<b>Herbicides</b>	44 %	56 %	Dépistage, rotation, désherbage mécanique, application localisée
<b>Insecticides</b>	89 %	11 %	Dépistage avec pièges collants jaunes pour les « insectes volants » (cicadelles, pucerons) Dépistage « classique » pour les doryphores, altises, vers-gris, etc. Application foliaire en bordure
<b>Fongicides</b>	89 %	11 %	Dépistage classique pour évaluer le type de fongicide (protectant, systémique local ou systémique complet) Rotation Modèles prévisionnels pour le mildiou

<sup>1</sup> Proportion des entreprises pratiquant ou non la lutte intégrée.

Solutions	Priorité <sup>1</sup>					Nombre de conseillers
	#1	#2	#3	#4	#5	
Dépistage (décompte visuel, pièges, modèles, capteurs, etc.)	3	3	1	1	0	8
Atténuation du ruissellement (bandes riveraines, voies d'eau engazonnées)	2	0	2	0	1	5
Rotations	1	3	1	0	0	5
Choix de matières actives moins à risques	1	0	3	0	1	5
Application localisée	0	0	0	2	2	4
Méthode d'application (foliaire vs au sillon)	0	1	0	2	0	3
Résistance variétale	0	0	0	0	2	2
Travail du sol	0	0	0	2	0	2
Pièges-fosses (combinés aux rotations)	1	0	0	0	0	1
Faux semis	0	0	0	0	1	1
Manipulation des pesticides et gestion des contenants	0	1	0	0	0	1
Atténuation de la dérive (buses, haies brise-vent)	0	0	1	0	0	1
<b>Solutions proposées dans le sondage, mais non sélectionnées par aucun conseiller</b>						
Désherbage mécanique, doses réduites, paillis, aspirateurs, lutte biologique (punaise masquée, etc.), cultures pièges et brûleur au propane (doryphores et mauvaises herbes)						
<b>Autres solutions proposées</b>						
Pomme de terre transgénique Bt						
Application de fongicides en bandes (avec système RTK) pour les premiers épandages lorsque les plants sont petits						

<sup>1</sup> Les conseillers devaient choisir 5 solutions à prioriser par ordre d'importance (#1 étant la plus prioritaire). Le nombre de conseillers ayant choisi la solution figure à la dernière colonne; p.ex., 8 conseillers ont choisi le dépistage : 3 comme priorité #1, 3 comme priorité #2, etc.



Incitatifs	Priorité <sup>1</sup>					Nombre de conseillers
	#1	#2	#3	#4	#5	
Mise en place de projets pilotes	2	5	1	0	0	8
Support (Ressources humaines ou monétaires)	1	2	4	1	0	8
Formation et diffusion	5	1	1	0	0	7
Règlements	0	0	0	1	4	5
Mise en place d'une norme de certification	0	0	1	3	0	4
Produits moins nocifs	0	0	0	1	0	1
<b>Freins</b>						
Autres méthodes inefficaces ou risquées	3	1	1	1	1	7
Manque d'informations	2	2	3	0	0	7
Ressources limitées (humaines ou monétaires)	0	1	2	2	1	6
Incompatibilité des méthodes disponibles	1	2	0	2	0	5
Autres (manque de choix de matières actives, exigence sanitaire des pommes de terre de semence, manque de sensibilisation)	2	1	0	0	1	4
Pas une priorité	0	0	0	0	1	1

<sup>1</sup> : Les conseillers devaient choisir 5 solutions à prioriser par ordre d'importance (#1 étant la plus prioritaire). Le nombre de conseillers ayant choisi la solution figure à la dernière colonne; p.ex., 8 conseillers ont choisi le dépistage : 3 comme priorité #1, 3 comme priorité #2, etc.

# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

## Mise en contexte

La présence de pesticides dans l'eau souterraine et dans l'eau de surface a été constatée par le MDDEFP à proximité d'exploitations de pommes de terre. Brièvement, dans l'eau souterraine, 49% et 69% des puits échantillonnés durant les périodes 1999-2001 et 2008-2009 respectivement contenait au moins un pesticide. Au niveau de l'eau de surface, plusieurs pesticides ont aussi été détectés. Dans la grande majorité des cas, les concentrations mesurées étaient inférieures aux valeurs critiques établies. Voici les principaux pesticides détectés dans l'eau souterraine et dans l'eau de surface.

- Herbicides : métribuzine (Sencor), métolachlore (DUAL), le diquat (Reglone), le paraquat (Gramoxone) et le linuron (Lorox)
- Insecticides : imidaclopride (Admire), thiaméthoxame (Actara et Cruiser) et clothianidine (Clush et Titan)
- Fongicides : azoxystrobine (Quadris), chlorothalonil (Bravo) et fénamidone (Reason)

Dans ce contexte, le Comité pomme de terre du CRAAQ souhaite dresser un portrait de la situation et mettre en place un plan d'action. Nous souhaitons obtenir votre contribution à titre d'expert pour compléter le sondage suivant. Afin que le processus soit efficace, nous vous suggérons d'avoir en main les informations concernant l'utilisation des pesticides des entreprises que vous conseillez.

Merci pour votre contribution

## Section générale

N.B. Tout au long du questionnaire, lorsque des quantités ou des fréquences vous sont demandées, veuillez inscrire des nombres entiers, sans symbole.

### 1. Quelle est votre région d'intervention la plus importante ?

- Montérégie
- Lanaudière
- Bas-Saint-Laurent
- Saguenay - Lac-Saint-Jean
- Centre-du-Québec
- Capitale-Nationale
- Laurentides
- Mauricie
- Chaudière-Appalaches
- Estrie
- Gaspésie

### 2. À combien d'entreprises offrez-vous du service ?

Nombre d'entreprises

## Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

**3. Quelle est la superficie annuelle en pomme de terre pour la totalité des producteurs couverts (acres) ?**

Nombre d'acres

### Section sur les pratiques (1 de 3)

Herbicide

**4. Combien de traitements herbicides votre entreprise-type effectue-t-elle annuellement (incluant le défanage) ?**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 ou plus

**5. Quelle est la fréquence d'application des herbicides pour les moments d'intervention pour votre entreprise-type ?**

**Exemple : seul 15% des clients utilisent le traitement de préplantation alors que 90% utilisent le post levée.**

Préplantation

Prélevée

Post levée

Défanant

# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

## 6. Quelle est la fréquence d'utilisation des matières actives suivantes pour votre entreprise-type ?

**Exemple : 15% des entreprises utilisent le Métolachlor, 60% des entreprises utilisent le Linuron, etc.**

EPTC EPTAM	<input type="text"/>
Métolachlore DUAL II MAGNUM	<input type="text"/>
Linuron LOROX	<input type="text"/>
Glufosinate d'ammonium IGNITE	<input type="text"/>
Glyphosate Plusieurs formulations disponibles	<input type="text"/>
Glyphosate/glufosinate d'ammonium ROUNDUP FASTFORWARD PRESEMIS	<input type="text"/>
Métribuzine SENCOR, LEXONE	<input type="text"/>
Flumioxazine CHÂTEAU WDG	<input type="text"/>
Paraquat GRAMOXONE	<input type="text"/>
Carfentrazone-éthyle AIM EC	<input type="text"/>
Rimsulfuron PRISM	<input type="text"/>
Cléthodime	<input type="text"/>
SELECT, CENTURION, ARROW, SHADOW, COMPASS, CLETHODIME	<input type="text"/>
Fénoxaprop-p-éthyl EXCEL SUPER	<input type="text"/>
Fluazifop-p-butyl VENTURE L	<input type="text"/>
Séthoxydime POAST ULTRA	<input type="text"/>
Diquat REGLONE	<input type="text"/>
Hydrazile maléique ROYAL MH 60	<input type="text"/>

## 7. Est-ce que vos entreprises utilisent des méthodes de lutte intégrée par rapport aux mauvaises herbes (dépistage, application localisée sur le rang, application localisée dans les foyers,...) ?

- Non
- Oui, spécifier les mesures mises en place et la fréquence d'utilisation :

## Section sur les pratiques (2 de 3)

Insecticide

## Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

### 8. Combien de traitements insecticides votre entreprise-type effectue-t-elle annuellement ?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 ou plus

### 9. Quelle est la fréquence des méthodes d'application pour votre entreprise-type ?

**Exemple, 25% au sillon, 75% enrobage de plantons, 15% en foliaire.**

Au sillon

Au planton

Foliaire

Foliaire exclusivement

# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

## 10. Quelle est la fréquence d'utilisation des matières actives suivantes pour votre entreprise-type ?

Carbaryl SEVIN	<input type="text"/>
Méthomyl LANNATE	<input type="text"/>
Oxamyle VYDATE L	<input type="text"/>
Acéphate ORTHENE	<input type="text"/>
Chlorpyrifos CHLORPYRIFOS, WARHAWK, LORSBAN, NUFOS, PYRINEX, CITADEL	<input type="text"/>
Diazinon DIAZINON	<input type="text"/>
Diméthoate CYGON, LAGON	<input type="text"/>
Malathion MALATHION, FYFANON, PRO MALATHION	<input type="text"/>
Naled DIBROM	<input type="text"/>
Phosmet IMIDAN	<input type="text"/>
Endosulfan THIODAN, THIONEX	<input type="text"/>
Cyperméthrine UP-CYDE, RIPCORDER	<input type="text"/>
Deltaméthrine DECIS	<input type="text"/>
lambda-cyhalothrine MATADOR, WARRIOR, SILENCER	<input type="text"/>
Perméthrine POUNCE, AMBUSH, PERM UP	<input type="text"/>
Acétamipride ASSAIL	<input type="text"/>
Imidaclopride ADMIRE, ALIAS, GRAPPLE	<input type="text"/>
Thiaméthoxam ACTARA	<input type="text"/>
Clothianidine CLUTCH, CLOTHIANIDINE	<input type="text"/>
Sulfoxaflor CLOSER	<input type="text"/>
Spinosad ENTRUST, SUCCESS	<input type="text"/>
Spinétorame DELEGATE	<input type="text"/>
Pymétrozine FULFILL	<input type="text"/>
Flonicamide BELEAF	<input type="text"/>
Bacillus thuringiensis var. tenebrionis NOVODOR	<input type="text"/>
Novaluron RIMON	<input type="text"/>
Cyromazine GOVERNOR	<input type="text"/>
Spirotétramate MOVENTO	<input type="text"/>
Chlorantraniliprole CORAGEN	<input type="text"/>
Savon (insecticide) OPAL, NEUDOSAN, SAFER'S	<input type="text"/>
Kaolin SURROUND	<input type="text"/>
Huile minérale SUPERIOR, BARTLETT SUPERIOR	<input type="text"/>

## Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

**11. Est-ce que vos entreprises utilisent des méthodes de lutte intégrée par rapport aux insectes (dépistage, application en bordure seulement, rotation en bloc avec fosse, dépistage) ?**

- Non
- Oui, spécifier les mesures mises en place et la fréquence d'utilisation :

### Section sur les pratiques (3 de 3)

Fongicide

**12. Combien de traitements fongicides votre producteur-type effectue-t-il annuellement (inclure les traitements de plantons et au sillon) ?**

- 2-4
- 4-6
- 6-8
- 10 et plus



# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

## 13. Quelle est la fréquence d'utilisation des matières actives suivantes pour votre entreprise-type ?

Chlorothalonil BRAVO, ECHO	<input type="text"/>
Cuivre COPPER, GUARMAN COPPER OXYCHLORIDE, KOCIDE	<input type="text"/>
Mancozèbe DITHANE, MANZATE, PENNCOZEB	<input type="text"/>
Métiram POLYRAM DF	<input type="text"/>
Difénoconazole INSPIRE	<input type="text"/>
Metconazole METCONAZOLE, QUASH	<input type="text"/>
Boscalide CANTUS WDG	<input type="text"/>
Penthiopyrade VERTISAN	<input type="text"/>
Fluopyram LUNA PRIVILEGE	<input type="text"/>
Azoxystrobine QUADRIIS, ABOUND, AZOXY	<input type="text"/>
Fluoxastrobine EVITO	<input type="text"/>
Pyraclostrobine HEADLINE EC	<input type="text"/>
Cyazofamide TORRENT, CYAZOFAMID, RANMAN	<input type="text"/>
Fluazinam ALLEGRO	<input type="text"/>
Acide phosphoreux CONFINE EXTRA, WINFIELD PHOSPHITE EXTRA	<input type="text"/>
Phosphites de sodium, de potassium et d'ammonium PHOSTROL	<input type="text"/>
Mandipropamide REVUS	<input type="text"/>
Amétoctradine BAS	<input type="text"/>
Bacillus subtilis SERENADE ASO, SERENADE MAX	<input type="text"/>
Penthiopyrade VERTISAN	<input type="text"/>
Métiram POLYRAM	<input type="text"/>
Thiophanateméthyl SENATOR	<input type="text"/>
Penflufen + prothioconazole EMESTO SILVER	<input type="text"/>
Fludioxonil MAXIM	<input type="text"/>
Saponines de Chenopodium quinoa HEAD UP	<input type="text"/>

## Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

**14. Est-ce que vos producteurs utilisent des méthodes de lutttes intégrées par rapport aux champignons (dépistage, modèle prévisionnel, variété résistante, capteur de spores, rotation des cultures, ...) ?**

- Non
- Oui, spécifier les mesures mises en place et la fréquence d'utilisation :

### Section sur la réduction des pesticides

**15. Est-ce que la présence de pesticides dans l'eau est connue de la part des entreprises?**

- Oui, par tous.
- Oui, par la plupart.
- Par une minorité seulement.
- Non, pas du tout.

### Section sur la réduction des pesticides (suite)

**16. Comment perçoivent-il cette situation? Mettre la fréquence des observations (pourcentage des clients qui...).**

Juge la situation critique	<input type="text"/>
Juge la situation préoccupante	<input type="text"/>
Neutre, pas de jugement particulier	<input type="text"/>
Juge que ce n'est pas une problématique	<input type="text"/>

### Section sur la réduction des pesticides (suite)

**17. Pensez-vous qu'il est possible de réduire la présence des pesticides dans l'eau ?**

- Oui
- Non

### Section sur la réduction des pesticides (suite)

# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

## 18. Quelles mesures devraient être mises en place afin de réduire la présence des pesticides dans l'eau ?

Mettre en ordre de priorités les mesures suivantes (en choisir 5 au maximum et inscrire en ordre de priorité de 1 à 5).

	1	2	3	4	5
Dépistage (décompte visuel, pièges, modèles, capteurs, ...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Résistance variétale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manipulation des pesticides et gestion des contenants	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atténuation de la dérive (buses, haies brise-vent)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atténuation du ruissellement (bandes riveraines, voies d'eau)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Travail du sol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Désherbage mécanique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Faux semis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paillis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dose réduite	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Application localisée	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Méthode d'application (foliaire vs au sillon)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Choix de matières actives moins à risque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pièges-fausseurs (combiné aux rotations)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aspirateurs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lutte biologie (punaise masquée,...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Biopesticides	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cultures pièges	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Brûleur propane (doryphores et mauvaises herbes)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre (spécifier ci-dessous)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Autre (spécifier...)

## Section sur la réduction des pesticides (suite)

# Solutions potentielles pour réduire les risques de contamination de l'eau par

**19. Quels sont les incitatifs à la mise en place de pratiques pouvant réduire la contamination ? Mettre en ordre de priorités les mesures suivantes (en choisir 5 au maximum et inscrire en ordre de priorité de 1 à 5).**

	1	2	3	4	5
Formation et diffusion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place d'une norme de certification	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Règlements	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Support (RH ou monétaire)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mise en place de projets pilotes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre (spécifier ci-dessous)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Autre (spécifier...) :

**20. Quels sont les freins à la mise en place de pratiques pouvant réduire la contamination ? Mettre en ordre de priorités les mesures suivantes (en choisir 5 au maximum et inscrire en ordre de priorité de 1 à 5).**

	1	2	3	4	5
Ressources limitées (RH ou monétaire)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Incompatibilité des méthodes disponibles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manque d'informations	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autres méthodes inefficaces ou risquées	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pas une priorité	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Autre (spécifier ci-dessous)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Autre (spécifier...) :

**21. Vous pouvez inscrire vos commentaires à propos de la contamination et des méthodes possibles d'atténuation de la contamination.**