



Rapport préliminaire: Carte de sensibilité des pollinisateurs au risque d'exposition aux pesticides et autres facteurs aggravants



**Aubert Michaud Ph.D,
Charles Fournier Marcotte agr.,
Hélène Moore agr. MSc.,
Mohamed Niang Ph.D.**

31/03/2015

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Programme Prime-Vert, sous-volet 3.1 – Approche régionale avec une aide financière du Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation.

TABLE DES MATIÈRES

FAITS SAILLANTS (RÉSUMÉ DU PROJET)	4
TABLEAU 1: POINTS DE CONTACT POUR LES INFORMATIONS SUR LE PROJET	5
TABLEAU 2: COORDONNÉES DU COMITÉ DIRECTEUR ET CONSULTATIF MAPAQ:	5
OBJECTIF DU PROJET ET SOUS OBJECTIFS DU PROJET	6
SOUS-OBJECTIFS	6
REVUE DE LITTÉRATURE.....	7
MÉTHODOLOGIE ET INDICATEURS RETENUS	9
TABLEAU 3: CONSULTANTS EN APICULTURE.....	10
TABLEAU 4: LISTE DES FACTEURS RETENUS ET BRÈVES EXPLICATIONS JUSTIFIANT LEUR SÉLECTION.	10
TABLEAU 5: FACTEURS, CRITÈRES ET INDICATEURS RETENUS.....	12
CHOIX DES PONDÉRATIONS ET VALEURS DES FACTEURS ET CRITÈRES	13
TABLEAU 6: LISTE DES SPÉCIALISTES CONSULTÉS POUR LA PONDÉRATION DES INDICATEURS, CRITÈRES ET FACTEURS.	13
TABLEAU 7: ÉLÉMENTS DU SONDAGE TRANSMIS AUX SPÉCIALISTES, VALEURS ET PONDÉRATIONS ATTRIBUÉES SUITE AU SONDAGE.....	15
TABLEAU 8: INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES TRANSMISES POUR UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DES ENJEUX.....	16
ÉLABORATION DU SIG, ET TRAITEMENTS SPATIALES DES DONNÉES,.....	18
TABLEAU 9: LISTE DES SOURCES D'INFORMATION GÉOSPATIALES INITIALES ET TRAITEMENTS DES DONNÉES.	18
TABLEAU 10: MÉTHODE DE CALCUL DES CRITÈRES.....	19
CALCUL DE L'INDICE FINAL.	20
FACTEUR DE DIVERSITÉ VÉGÉTALE	21
<i>Représentation spatiale de la diversité végétale</i>	<i>21</i>
EXPOSITION AUX PESTICIDES PAR VOIES AÉRIENNES	23
<i>Représentation spatiale d'exposition aux pesticides par voie aérienne</i>	<i>23</i>
EXPOSITION AUX PESTICIDES PAR VOIE HYDRIQUE.....	25
<i>Représentation spatiale du critère du drainage</i>	<i>25</i>
<i>Représentation spatiale du critère de la présence des cuvettes.....</i>	<i>26</i>
PERTURBATIONS (ROUTES).....	27
<i>Représentation spatiale des perturbations.....</i>	<i>27</i>
INDICE DE SENSIBILITÉ DES POLLINISATEURS AUX RISQUES D'EXPOSITION AUX PESTICIDES ET AUTRES FACTEURS AGGRAVANTS.	28
<i>Représentation spatiale de l'indice final.....</i>	<i>28</i>
<i>Représentation spatiale de la présence des ruchers.....</i>	<i>29</i>



QUELQUES LIMITATIONS DU MODÈLE.....	30
CONCLUSION.....	30
ANNEXES.....	31
<i>Annexe A 1 Soya</i>	<i>31</i>
<i>Annexe A 2 Maïs.....</i>	<i>32</i>
<i>Annexe A 3 Fraise d'automne</i>	<i>34</i>
<i>Tableau A 4 Fraise standard.....</i>	<i>37</i>
<i>Annexe A 5 Résumé Fraise</i>	<i>39</i>
<i>Annexe A 6 Framboise d'automne</i>	<i>40</i>
<i>Annexe A7 framboise standard.....</i>	<i>42</i>
<i>Annexe A8 Framboise résumé</i>	<i>43</i>
<i>Annexe A9 : Chaîne d'opérations du SIG.....</i>	<i>44</i>



Faits saillants (résumé du projet)

Ce projet visait à produire une carte représentant les zones de sensibilité, du territoire de la Chaudière-Appalaches, au risque d'exposition des pollinisateurs aux insecticides et autres facteurs aggravants. À terme, l'utilisation de cette carte permettra aux utilisateurs de prendre en considération le risque relativement plus élevé d'exposition aux pesticides, et réciproquement les sites plus propices à l'établissement de ruchers à l'échelle de la région de Chaudière-Appalaches. La carte permettra également de cibler les secteurs à risque élevé à proximité des ruchers contribuant ainsi à prioriser des zones d'intervention. La réalisation du projet comprenait deux étapes. Dans un premier temps, une grille des facteurs à considérer par rapport aux risques d'exposition des pollinisateurs aux insecticides et autres facteurs aggravants a été développée. Après plusieurs consultations, des valeurs spécifiques ont été attribuées aux facteurs, critères et indicateurs retenus. La distribution des valeurs traduit l'impact du facteur sur le risque appréhendé de l'exposition des pollinisateurs aux pesticides. Dans un deuxième temps, un système d'information géographique (SIG) a été développé représentant la distribution spatiale des valeurs de chacun des critères individuels retenus. Un indice global de risque a été généré, intégrant au plan spatial les contributions de l'ensemble des critères de risque. La carte produite identifie de façon conviviale, par une séquence de couleurs, les endroits les plus à risque pour les ruchers, et ceux qui sont les plus propices à accueillir des ruchers. De plus, une carte indiquant une densité relative de ruchers sur le territoire y est superposée. La cartographie sera ultimement disponible sur l'outil géomatique Info-Sol.

Cependant considérant le temps alloué au projet, ***des étapes de validation, d'analyse de sensibilité et de consultation seront nécessaires à la production d'un SIG final.*** Ce projet est ***novateur*** et n'a pu être validé par d'autres travaux de la même nature. Ceci justifie la nécessité de compléter le projet par une phase II. ***Les auteurs du projet tiennent à préciser que le SIG produit ne devrait pas servir, à ce stade, à planifier des interventions ou à être diffusé comme étant un produit prêt à une utilisation pratique.***

Pour mener à terme ce projet une équipe de réalisation a été formé de deux personnes du Club de fertilisation de la Beauce et de deux personnes de l'IRDA (tableau 1). Cette équipe était chapeauté par un comité formé de conseillers du MAPAQ (tableau2).

Tableau 1: Points de contact pour les informations sur le projet

Nom	Coordonnées
Aubert Michaud agr.Ph.D	Chercheur IRDA. 2700, rue Einstein Québec (Québec) G1P 3W8Tél.: 418 643-2380 Télec.: 418 644-6855 (aubert.michaud@irda.qc.ca)
Charles Fournier-Marcotte agr.	Conseiller, Club de fertilisation de la Beauce, 111C rue Principale, Sainte-Hénédine (Québec) GOR2S0 Tel: 418-935-3531 Télec.: 418- 935-7288 Courrier électronique: clfb@globetrotter.net
Hélène Moore agr. MSc	Chargé de projet, Club de fertilisation de la Beauce, 111C rue Principale, Sainte-Hénédine (Québec) GOR2S0 Tel: 418-935-3531 Télec.: 418- 935-7288 Courrier électronique: clfb@globetrotter.net
Mohamed Niang Ph.D	Professionnel de recherche, IRDA, 2700, rue Einstein Québec (Québec) G1P 3W8Tél.: 418 643-2380 Télec.: 418 644-6855 (mohamed.niang@irda.qc.ca)

Tableau 2: Coordonnées du Comité directeur et consultatif MAPAQ:

Nom	Coordonnées
Line Bilodeau, agr., M.Sc.	Direction régionale de la Chaudière-Appalaches Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation 675, route Cameron, bureau 100 Sainte-Marie (Québec) G6E 3V7 Tel: 418 386-8116, poste 1524 Cell: 418 928-2093 Télec:418 386-8345 line.bilodeau@mapaq.gouv.qc.ca
Jean-François Guay, PhD.Sc.Env.	Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) 675 route Cameron, bureau 100, Sainte-Marie, Québec, G6E3V7 Téléphone : (418) 386-8116 poste 1521 Courriel : jean-francois.guay@mapaq.gouv.qc.ca
Pierre Ayotte, technologiste agricole.	Centre de services-MAPAQ 5410, boul. Guillaume-Couture, bureau 77 Lévis (Québec) G6V 4Z2 Téléphone: 418 837-7105 poste 2960 Télécopie: 418 837-1138 Courriel: pierre.ayotte@mapaq.gouv.qc.ca

Objectif du projet et sous objectifs du projet

Identifier les lieux géographiques présentant un risque élevé de mortalité des pollinisateurs et abeilles d'élevage dans la région de la Chaudière Appalaches en lien avec l'utilisation des pesticides.

Sous-objectifs

#1: Identifier les secteurs où le risque de mortalité des abeilles est particulièrement élevé dans le but de préparer des stratégies d'intervention permettant de réduire les facteurs associés au risque.

#2: Permettre aux apiculteurs d'identifier, sur le territoire, les lieux les plus propices à l'installation de ruchers.

Revue de littérature

Au cours des deux dernières décennies, la réduction apparente de l'abondance des pollinisateurs de toutes sortes a suscité des inquiétudes dans le monde entier. Des baisses de populations ont été signalées sur pas moins de quatre continents. Parallèlement à ces observations, partout sur la planète, l'abeille mellifère (*Apis mellifera*) a connu une chute dramatique de ses populations. Les chercheurs et les apiculteurs ont avancé de nombreuses hypothèses pour expliquer ce déclin. (M. Chagnon, 2008) Par exemple, à la fin des années 1990, aux États-Unis, au Canada et partout ailleurs dans le monde, le varroa, fut identifié comme la cause principale des pertes de colonies d'abeilles. Différentes maladies virales et microbiennes, associées ou non avec le varroa, sont venues envenimer davantage la situation (M. Chagnon, 2008) de même que l'apparition d'autres parasites. Parallèlement, un autre problème encore plus grave a commencé à être observé en Europe et aux États-Unis : le syndrome de l'effondrement des colonies ou CCD. Au Québec, 40 p. 100 des colonies auraient été perdues en 2007. En 2008 les pertes ont été, en moyenne, de 19 % pour le Québec alors que la moyenne canadienne était de 35 % (CAPA). (M. Chagnon, 2008). En fait, plusieurs études indiquent qu'une combinaison de facteurs seraient à l'origine de ce déclin. Pott et al. indiquent que malgré les efforts de recherches pour identifier les causes du déclin des colonies d'abeilles aucun facteur ne peut expliquer à lui seul ce phénomène. Par contre, une l'interactions entre plusieurs facteurs serait l'explication la plus probable expliquant les taux de mortalité élevés des colonies d'abeilles (Simon G. Potts). Un consensus semble ressortir quant aux facteurs généralement en cause:

- déclin de la diversité des plantes à fleurs
- (Pasquale et al., 2013);
- destruction, fragmentation et dégradation de l'habitat, en grande partie à cause du développement agricole et du développement urbain (Grixtia, 2009; Kremen, 2002; Larsen, 2005; Richards, 2001);
- introduction d'espèces végétales exotiques envahissantes (Potts et al., 2010);
- toxicité et utilisation à grande échelle des pesticides (Desneux, 2007; Kevan, 1975; Pettis, 2013);
- pollution atmosphérique (Girling et al., 2013);
- changement climatique (Potts et al., 2010);
- maladies et parasites (Potts et al., 2010).

Parmi ces facteurs, les pesticides constituent une menace majeure pour les pollinisateurs. Il est démontré depuis longtemps que l'application de pesticides pour la répression des ravageurs agricoles peut avoir des répercussions négatives sur les colonies d'abeilles mellifères. Depuis des décennies, des mortalités massives d'abeilles sont observées partout là où l'agriculture et l'apiculture coexistent.(M. Chagnon, 2008).

Plus récemment une étude menée au Québec, indique que le taux de mortalité des abeilles domestiques est quatre fois plus élevé lorsqu'elles sont à proximité d'un champ de maïs. Les analyses des eaux de surface révélaient qu'elles contenaient des traces de composés néonicotinoïdes (Labrie et al. 2013). Les insecticides du groupe des néonicotinoïdes sont fortement toxiques pour les insectes, dont des abeilles, à

de très faibles concentrations. Les néonicotinoïdes, sont largement utilisés comme enrobages de semences, en plus d'être appliquées par épandage de façon traditionnelle. Selon l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada et l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis, le clothianidine (composé du groupe des néonicotinoïde) est « fortement toxique » pour les abeilles. Pourtant, en 2008, plus de 95 p. 100 du maïs semé au Québec était traité avec ce produit (Gagnon, 2008)

Selon plusieurs chercheurs, la toxicité des pesticides pour les abeilles mellifères est un bon indicateur des risques pesant sur d'autres espèces d'abeilles (M.Chagnon, 2008).

Nous pouvons nous interroger sur l'importance qu'ont les pollinisateurs dans notre environnement et pourquoi leur déclin suscite-t-il autant d'intérêt. Du simple point de vue de l'agriculture, il a été estimé que 87 des 124 principales espèces cultivées pour la consommation humaine dans 200 pays du monde dépendent, à différents niveaux, de la pollinisation par les insectes (Klein *et al.*, 2007). Les pollinisateurs sont essentiels à 13 de ces cultures, 30 en dépendent fortement et 27 en dépendent modérément. Cependant, en volume de production, seulement 35 pourcent (23 X 10⁸TM) de la nourriture produite à l'échelle mondiale est dépendante de la pollinisation croisée par les insectes car certaines cultures importantes telles que le riz, le maïs et le blé sont pollinisées par le vent. La pollinisation entomophile assure aussi la production de semences des plantes fourragères et des grandes cultures telles que la luzerne et le trèfle. Ces dernières sont utilisées pour nourrir les animaux qui, à leur tour, fournissent de la viande et des produits laitiers. En utilisant la moyenne des coefficients de dépendance estimés par divers auteurs (Louvreau, 2004 ; Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 2001 ; Morse et Caldron, 2000 ; de Oliveira, 2005), la valeur monétaire des services de la pollinisation pour les principales cultures du Québec a été estimée selon les superficies et les valeurs des cultures en 2008. Les résultats calculés s'élèvent à 166 millions de dollars canadiens (Chagnon, 2008)

Au Québec, ainsi que dans le reste du Canada atlantique, ce sont les cultures fruitières qui dépendent le plus des pollinisateurs, principalement la pomme, la fraise, la canneberge et le bleuet nain. Les deux tiers des colonies d'abeilles mellifères loués pour la pollinisation sont destinés à ces cultures (Chagnon, 2008)

Devant ces faits et compte tenu de l'importance des pollinisateurs pour l'agriculture, le Ministère de l'Agriculture des pêcheries et de l'Alimentation, Direction de la Chaudière-Appalaches a décidé de faire produire une carte permettant de repérer sur son territoire les secteurs les plus à risques d'augmenter le taux de mortalité des abeilles afin d'offrir aux intervenants un outil d'aide à la décision tant pour planifier des stratégies d'interventions que pour choisir les bons emplacements où installer des ruchers.



Méthodologie et indicateurs retenus

La première étape du projet a été de retenir tous les facteurs qui pouvaient contribuer au risque de mortalité des pollinisateurs. Les discussions ont, dans un premier temps, identifié l'exposition aux pesticides comme étant un facteur important à considérer. Cependant, ce facteur se devait d'être raffiné. L'exposition aux pesticides s'exprime de plusieurs manières voici les constats suite aux rencontres préliminaires:

- Les ruchers peuvent être affectés lors de l'application des pesticides, particulièrement les insecticides, entre autre par la dérive des produits. L'incidence du vent et des cultures qui reçoivent régulièrement des traitements devaient faire partie des indicateurs à retenir.
- Les traitements de semence aux néonicotinoïdes sont l'objet de plusieurs études qui soupçonnent ces produits d'affecter la santé des abeilles. Ainsi, les cultures traitées avec ces produits devaient être ciblées.
- Les petites flaques d'eau où s'abreuvent les abeilles peuvent être des sources de contamination lorsque les pesticides s'y retrouvent dilués.
- Le nombre de ruchers est un élément qui n'augmente pas nécessairement le risque environnemental, sauf s'il y a compétition pour la nourriture, mais la concentration de ruchers dans une zone à risque augmente le nombre d'abeille pouvant être affecté par l'environnement. Les apiculteurs sont conscients qu'il faut éviter une trop grande concentration de ruchers au même endroit et ils considèrent généralement ce facteur lors du choix de leurs emplacements.
- La présence de lignes électriques a été de prime abord retenue.

Par la suite, une consultation avec des spécialistes en apiculture (tableau 3) a été menée afin de valider chacun des facteurs et d'en ajouter ou d'en éliminer selon l'expertise des consultants. Voici les principaux points que cette consultation a permis de préciser pour ultimement produire une liste finale des facteurs à considérer. *Le tableau 4* présente les facteurs retenus et les décrit brièvement.

- La diversité est apparue comme un élément très important dans le maintien de la santé d'un rucher. Ce facteur a été identifié par les spécialistes en apiculture comme étant le plus important à considérer. Ce n'est pas tant la présence d'une culture préjudiciable à la santé des pollinisateurs qui peut être dommageable que son étendu autour des ruchers. Ainsi, un champ de maïs inclus dans un paysage diversifié présente peu de risque pour la santé des ruchers. Par contre, **une grande superficie en monoculture** (culture à risque) sera très dommageable. La même constatation est faite pour le nombre de rucher, s'il y a beaucoup de diversité de cultures autour des ruchers, la pression du nombre devient moins importante. Le critère de diversité du paysage a donc été ajouté à la liste préliminaire.
- La présence de lignes électriques a été retirée des facteurs à risque puisqu'aucune étude sérieuse n'appuie l'hypothèse d'un impact négatif sur les abeilles.
- La proximité de routes passantes (autoroutes, grandes routes) a été ajoutée puisqu'elle contribue à augmenter le facteur de stress.

Cette rencontre a également permis de mieux comprendre les enjeux et contraintes de cette production en regard de la problématique des pesticides. Par exemple, le choix des sites de production des ruchers est une étape délicate pour les apiculteurs. Les sites propices ne sont pas si nombreux et se situent souvent sur des terres agricoles. Les apiculteurs sont prudents quant à leurs exigences auprès des entreprises agricoles. Il apparaît ainsi que c'est par une bonne information auprès de ces entreprises que les améliorations des pratiques pourront progresser.

Les spécialistes en apiculture ont également donné un poids à chacun des facteurs retenus selon leur importance par rapport au risque de mortalité des abeilles.

Tableau 3: Consultants en apiculture

Nom	Coordonnées
Nicolas Tremblay, agr.	Conseiller apicole provincial Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) 120-A chemin du roy Deschambault, Qc GOA 1S0 (418) 286-3353 poste 224 cell: (418) 806-1311
Mario Leclerc, apiculteur	Miellerie Prince-Leclerc 239 Haut de la Paroisse St-Agapit QC G0S 1Z0 Tél.: 418-888-3323

Tableau 4: Liste des facteurs retenus et brèves explications justifiant leur sélection.

Facteurs	Description du facteur
Diversité végétale	Ce facteur représente en fait le manque de diversité végétale . Il a été identifié par les apiculteurs comme étant celui pouvant aggraver le plus l'incidence des autres critères et accroître ainsi le risque de mortalité des abeilles.
Exposition aux pesticides par voies aériennes	Ce facteur fait référence à l'application des pesticides dans les cultures en général ainsi qu'au traitement des semences de certaines cultures avec des néonicotinoïdes. Le risque est associé à la possibilité de dérive des pesticides et à la présence de poussières de néonicotinoïdes dans l'air. Les cultures traitées avec des insecticides ont une grande incidence sur la santé des pollinisateurs de même que la système de gestion des pesticides dans le temps.
Exposition aux pesticides par voies hydriques	Il est reconnu que les pollinisateurs s'abreuvent dans de petites flaques d'eau. Ainsi les lieux où il y a risque d'accumulation d'eau à l'intérieur d'une culture traitée avec des pesticides présentent un risque accru.
Présence de routes	La proximité des routes augmentent le stress des abeilles qui sont alors davantage sensibles aux agresseurs. Seules les routes importantes sont ciblées.
Densité de la population de ruches	Ce critère est associé davantage au nombre d'abeilles dont la santé peut être affectée par leur environnement et le nombre de mortalité.

Par la suite, pour chaque facteur, des critères de vulnérabilité ont été retenus afin de permettre leur évaluation. Ainsi pour exprimer la diversité du territoire, l'occupation du sol s'est avéré le critère à retenir.

L'exposition aux pesticides par voie aérienne a été lié dans un premier temps à la culture à proximité des ruchers. En effet, les cultures qui reçoivent plusieurs traitements et/ou à des périodes critiques ou encore dont les semences sont traitées aux néonicotinoïdes augmentent la vulnérabilité des insectes aux pesticides particulièrement lorsque des insecticides sont utilisés. Dans un deuxième temps, le vent a été un critère à inclure dans ce facteur puisqu'il augmente les risques de dérive lors des applications de pesticides. Ainsi pour le facteur d'exposition aux pesticides par voie aérienne deux critères ont été retenus, la culture et le vent.

L'exposition aux pesticides par voie hydrique a été relié à la culture pour les mêmes raisons de base que pour le facteur d'exposition par voie aérienne, mais en tenant compte de la possibilité que les produits utilisés se retrouvent dans les aires d'abreuvement des abeilles. Les critères de drainage et de microtopographie ont été sélectionnés pour leur capacité à identifier les zones d'accumulation d'eau où peuvent s'abreuver les abeilles. Le facteur d'exposition aux pesticides par voies hydriques comporte donc trois critères soit: la culture, le drainage et la microtopographie du terrain.

Le facteur de présence des ruchers s'exprime simplement par la présence ou non de rucher. Le dernier facteur qui a été nommé, perturbations, a été lié à la présence d'autoroute et de routes provinciales. Ce sont en effet les routes où il y a une circulation importante de véhicules qui ajoutent un facteur de stress aux pollinisateurs.

Ces critères ont été par la suite associés à des indicateurs permettant la représentation des cinq facteurs de risque.

Plusieurs indicateurs ont été nécessaires à la représentation des critères. *Le tableau 5* présente les facteurs, critères et indicateurs identifiés et retenus.

Il faut préciser que le facteur du nombre de ruchers est une donnée non nominative et incomplète puisqu'elle a été obtenue auprès des apiculteurs qui ont volontairement répondu au sondage effectué par le CRSAD. (Centre de recherche en sciences animales de Deschambault) en 2014. Cependant, la grande majorité des apiculteurs de la région, soit 31 entreprises sur les 33 répertoriées, se sont prêtées à l'exercice. Les entreprises qui ne désiraient pas participer à cet inventaire n'apparaissent donc pas sur cette carte. Elles pourront être ajoutées ultérieurement si elles le désirent. Mentionnons que le nombre de ruchers par entreprise peut grandement varier, ainsi, malgré qu'il n'y ait que deux entreprises qui n'ont pas participé au sondage, elles peuvent représenter un nombre significatif de ruchers.

Tableau 5: Facteurs, critères et indicateurs retenus.

Facteurs	Critères	Indicateurs
Diversité végétale	Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • habitations (milieu urbain) • Interface forêt/champ • plans d'eau • milieux humides • friches • céréales • maïs • soya • prairies • framboises • fraises • vergers • pommes de terre • sapin de Noël • autres cultures
Exposition aux pesticides par voie aérienne	Vulnérabilité liée à la culture	<ul style="list-style-type: none"> • céréales • maïs • soya • prairies • framboises • fraises • vergers • pommes de terre • sapin de Noël • autres cultures
	Vulnérabilité liée à l'exposition aux vents dominants (avril à octobre)	• distance d'un brise-vent par rapport à une culture à risque
		• Nombre de jour avec vent > 10 km/h
Exposition aux pesticides par voie hydrique	Vulnérabilité liée à la culture	<ul style="list-style-type: none"> • céréales • maïs • soya • prairies • framboises • fraises • vergers • pommes de terre • sapin de Noël • autres cultures
	Vulnérabilité liée au drainage	• groupes hydrologiques (ruissellement et drainage)
	Vulnérabilité liée à la microtopographie	• présence de cuvettes
Présence de ruchers	Présence de ruchers	• Nombre de ruchers
Perturbations	Autoroutes	• Distance par rapport à une autoroute
	Routes provinciales	• Distance par rapport à une route provinciale

Choix des pondérations et valeurs des facteurs et critères

Pour faire suite aux choix des facteurs, critères et indicateurs, un travail de consultation auprès de spécialiste en lien avec le sujet a été entrepris afin d'attribuer aux indicateurs qui nécessitaient une classification, un ordre d'importance. Également, cette consultation visait à attribuer un poids ou un pourcentage à chaque critère et ultimement à chaque facteur pour en arriver au calcul d'indice global de risque par l'agrégation de toutes ces données.

Cette étape se devait à la fois refléter l'importance de chaque indicateur, critère et facteur, mais également être en mesure de bien faire ressortir l'objectif de l'indice, soit l'expression des secteurs présentant un risque élevé de mortalité des pollinisateurs et abeilles d'élevage dans la région de la Chaudière Appalaches en lien avec l'utilisation des pesticides.

Ainsi, tout en tenant compte de l'évaluation de départ faite lors de la consultation avec les spécialistes en apiculture, de même que l'évaluation faite par le comité de travail réunissant le groupe de réalisation et le comité directeur, un document de consultation a été transmis à plusieurs spécialistes en lien avec le projet. Cette consultation visait à choisir, à la lumière de la spécialité de chacun, les pondérations les plus rigoureuses.

Cette étape de consultation s'avérait nécessaire puisque la production d'un indice de risque de pollinisateurs aux pesticides et autres facteurs aggravants et sa représentation géospatiale était, à notre connaissance, un des premiers travail à être effectué sur ce sujet, il existait donc peu de littérature sur laquelle nous aurions pu appuyer une classification.

Les tableaux suivants présentent la liste des personnes qui ont été consultées, les informations transmises aux consultants et le tableau de consultation (tableaux 6 à 8). En annexe, les tableaux (A1 à A6) présentent le classement de IRPest traitements/ha pour chaque culture sélectionnée dans la base de données. Ces derniers tableaux étant forts utiles pour pondérer chacune des cultures en fonction du risque qu'elles présentent pour les pollinisateurs selon les produits phytosanitaires généralement utilisés. Les personnes consultées ont eu accès à ces tableaux pour appuyer leur évaluation du potentiel de risque de chaque culture.

Tableau 6: Liste des spécialistes consultés pour la pondération des indicateurs, critères et facteurs.

Nom	Coordonnées
Christian Lacroix, agr.,	Direction régionale de la Chaudière-Appalaches Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation 675, route Cameron, bureau 100 Sainte-Marie (Québec) G6E 3V7 Tel: 418 386-8116, poste 1524 Cell: 418 928-2093 Télec:418 386-8345 line.bilodeau@mapaq.gouv.qc.ca
Pierre Ayotte, technologiste agricole.	Centre de services-MAPAQ 5410, boul. Guillaume-Couture, bureau 77 Lévis (Québec) G6V 4Z2 Téléphone: 418 837-7105 poste 2960 Télécopie: 418 837-1138

Nom	Coordonnées
Pierre-Antoine Thériault, agr.,	<p>Courriel: pierre.ayotte@mapaq.gouv.qc.ca MAPAQ, Direction de l'agroenvironnement et du développement durable, 10e étage, 200 chemin Ste-Foy, Québec (Québec) G1R 4X6 tél.: 418-380-2150 poste 3178 téléc.: 418-380-2163</p>
Geneviève Labrie PhD., biologiste-entomologiste	<p><u>CÉROM</u> 740, chemin Trudeau Saint-Mathieu-de-Beloeil (Québec) J3G 0E2 Canada Tel : 450-464-2715 poste 230 courriel : genevieve.labrie@cerom.qc.ca</p>
Nicolas Tremblay, agr	<p>Conseiller apicole provincial Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) 120-A chemin du roy Deschambault, Qc GOA 1S0 (418) 286-3353 poste 224 cell: (418) 806-1311</p>
Louis Robert, agr.,	<p>Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Direction régionale Montérégie-Est 1355, rue Johnson Ouest, bureau 3300 Saint-Hyacinthe (Québec) J2S 8W7 (450) 778-6530 poste 6171 <i>télécopie:</i> (450) 778-6540 louis.robert@mapaq.gouv.qc.ca</p>

Tableau 7: Éléments du sondage transmis aux spécialistes, valeurs et pondérations attribuées suite au sondage.

Facteurs	Importance relative par facteur. % attribué à chaque facteur: la somme doit éгалer 100%	Critères	Indicateurs	Importance relative des indicateurs. Valeurs attribuées suite au sondage.
Diversité végétale	30%	Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • habitations (milieu urbain) • Interface forêt/champ • plans d'eau • milieux humides • friches • céréales • maïs • soya • prairies • framboises • fraises • vergers • pommes de terre • sapin de Noël • autres cultures 	
Exposition aux pesticides par voie aérienne	42%	Vulnérabilité liée à la culture	Céréales	1
			maïs	4
			soya	3
			prairies	0
			Framboises d'automne	3
			Framboise standard	2
			Fraises d'automne	3
			Fraises standard	2
			vergers	3
			pommes de terre	3
			sapin de Noël	3
			Autres cultures	2
		autres occupations du sol	0	
		Vulnérabilité liée à l'exposition aux vents dominants (avril à octobre)	<ul style="list-style-type: none"> • distance d'un brise-vent par rapport à une culture à risque • Nombre de jour avec vent > 10 km/h 	
Exposition aux pesticides par voie hydrique		Vulnérabilité liée à la culture	céréales	1
			maïs	4
			soya	3
			prairies	0
			framboises	2
			Fraises	2
			vergers	2
			pommes de terre	2
sapin de Noël	2			

Facteurs	Importance relative par facteur. % attribué à chaque facteur: la somme doit éгалer 100%	Critères	Indicateurs	Importance relative des indicateurs. Valeurs attribuées suite au sondage.
			autres cultures	1
			Autre occupation du sol	0
	11%	Vulnérabilité liée au drainage	groupes hydrologiques (ruissellement)	
	11%	Vulnérabilité liée à la microtopographie	• présence de cuvettes	
Présence de ruchers	0%, superposé	Présence de ruchers	• nombre de ruchers	
Perturbations	6%	Autoroutes Routes provinciale	• Distance par rapport à une autoroute • Distance par rapport à une route provinciale	
Total	100%			

Parallèlement aux choix et à la classification des données de bases, un travail de production de la carte de sensibilité était entrepris. Ainsi, afin d'éclairer davantage les spécialistes consultés aux enjeux de la consultation, des informations sur le calcul de l'indice leur ont été fournies (tableau 9). Le tableau précédent présente les résultats de cette étape de consultation. Les valeurs indiquées ont donc été attribuées à chaque indicateur, critère et facteur et agrégées pour le calcul de l'indice global de risque.

Tableau 8: Informations complémentaires transmises pour une meilleure compréhension des enjeux.

Facteurs	Explication de la sélection du facteur	Critères	Calcul de l'indice	Classes
Diversité végétale	Ce critère veut représenter le manque de diversité végétale . Ce critère a été identifié par les apiculteurs comme étant celui qui peut aggraver le plus l'incidence des autres critères et affecter la santé des abeilles .	Occupation du territoire (Ex: maïs, couvert forestier....)	Indice mathématique de distribution des classes d'occupation du sol	0, 1, 2, 3, 4 Ordre décroissant de diversité végétale
Exposition aux pesticides par voies aériennes	Ce critère fait référence à l'application des pesticides dans les cultures en général ainsi qu'au traitement des semences de certaines cultures avec des néonicotinoïdes. Le risque est associé à la possibilité de dérive des pesticides et à la présence de poussières de néonicotinoïdes dans l'air. Les cultures traitées avec des insecticides ont une plus grande incidence sur la santé des pollinisateurs de même que leur système de gestion des pesticides dans le temps. EPVA = Facteur culture	Vulnérabilité liée à la culture	Superficie (ha)de la culture X pondération du risque de la culture dans un rayon de recherche	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de pression du système de culture sur la santé des abeilles
		Vulnérabilité lié au vent (dérive)	Proximité d'un écran forestier (km) dans l'axe du vent dominant (mai-octobre)	0, 1, 2, 3, 4 Fonction de la distance d'un écran forestier x l'incidence de vents > 10 km/h

Facteurs	Explication de la sélection du facteur	Critères	Calcul de l'indice	Classes
	X Facteur Vent			
Exposition aux pesticides par voies hydriques	Les pollinisateurs s'abreuvent dans de petites flaques d'eau. Ainsi les lieux où il y a risque d'accumulation d'eau à l'intérieur d'une culture traitée avec des pesticides présentent un risque accru. EPVH = Facteur culture X Facteur Drainage X Facteur topographique	Vulnérabilité liée à la culture	Superficie (ha)de la culture X pondération du risque de la culture dans un rayon de recherche	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de pression du système de culture sur la santé des abeilles
		Vulnérabilité liée au groupe hydrologique des sols (Drainage)	Distribution du groupe hydrologique dans un rayon de recherche donné	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant du groupe hydrologique (A:1, B:2, C:3, D:4; Plan d'eau:0)
		Vulnérabilité liée à la Présence de cuvettes (Micro-topographie)	Densité de la présence de cuvettes dans un rayon de recherche donné	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de la taille des cuvettes
Présence de routes	Seules les routes importantes sont ciblées. Elles augmentent le stress des abeilles qui sont alors davantage sensibles aux agresseurs.	autoroutes	Buffer de 1 km dans un rayon de recherche	0 (aucune), 2 (route numérotée), 4 (autoroute)
		Routes numérotées	Buffer de 0,5 km dans un rayon de recherche	
Densité de la population de ruches	Ce critère est associé davantage au nombre d'abeilles dont la santé peut être affectée par leur environnement et le nombre de mortalité.	Nombre de ruches	Nb ruches dans un rayon de recherche donné	n/a

Élaboration du SIG, et traitements spatiales des données,

L'élaboration du SIG a consisté à traiter les données et les agréger afin de produire un indice de risque global de sensibilité des pollinisateurs aux risques d'exposition aux pesticides et autres facteurs aggravants. Il a été ainsi possible d'identifier sur le territoire de la Chaudière Appalaches les zones de risque selon une classification de 0 à 4, 4 présentant les zones les plus à risque. L'indice est présenté sous forme de carte exprimant le risque par une séquence de couleur.

Afin de produire le SIG et son expression spatiale, pour chacun des critères et des indicateurs des références spatiales ont été choisies en fonction de la qualité de l'information permettant d'exprimer leur contribution au risque, mais également en fonction du minimum de traitement des couches géospatiales initiales permettant de dériver les informations nécessaires (tableau 9). En effet, un des défis de la réalisation de cette carte était le temps limité alloué à sa production. Il a donc été nécessaire d'identifier rapidement les sources d'informations spatiales les plus complètes qui répondaient aux exigences de calcul des différents critères. Cette étape cruciale a pu être réalisée grâce à la collaboration de l'équipe de M. Aubert Michaud de l'IRDA et l'équipe du MAPAQ direction régionale de la Chaudière Appalaches. Le tableau 9 identifie pour chaque critère les cartes et références spatiales qui ont été utilisés. Le traitement de ces données géoréférencées est expliqué au tableau 10. Il y est décrit les étapes permettant le calcul de chacun des critères.

Malgré tout, certains facteurs ont requis plusieurs sources de données et itérations pour dériver l'information. Le critère d'utilisation du sol représentant la biodiversité a nécessité plusieurs traitements. Ainsi, les données géoréférencées 2011-2014 des cultures de la FADQ (Financière agricole du Québec) incluaient les cultures de framboises, fraises d'automne et d'été, de pomme de terre, de sapin de Noël dans des catégories très larges. Ces cultures étaient cependant identifiées comme présentant un risque accru en regard des interventions phytosanitaires nécessaires à ces productions et, pour plusieurs, de leur attrait pour le butinage des pollinisateurs. Des recherches ont été requises pour géoréférencer sur le territoire l'emplacement le plus probable de ces productions.

De même, une carte complète de l'utilisation du sol était disponible pour une grande partie du territoire de la Chaudière Appalaches, cependant une portion du territoire manquait. La représentation complète du territoire a nécessité une étape d'agrégation de la carte écoforestière du MFFP et de celle des cultures tel que fournie par la FADQ.

Tableau 9: Liste des sources d'information géospatiales initiales et traitements des données.

Critères	Information géospatiales initiales	Traitements
Occupation du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Carte écoforestière, MFFP. • Données de cultures dénominalisées 2011-2014, FADQ. • Localisation des unités d'évaluation des producteurs commerciaux de sapins de Noël, (Direction régionale MAPAQ, Estrie) • Adresses de producteurs de fraises d'automne (MAPAQ) • FADQ, pomme de terre et fraises été et 	<ul style="list-style-type: none"> • Jointure des différentes sources cartographiques pour créer une carte d'utilisation du sol unique. • Attribution d'un code unique à chaque culture.

Critères	Information géospatiales initiales	Traitements
	automne, données dénominalisées.	
Vulnérabilité liée à la culture	<ul style="list-style-type: none"> • Carte écoforestière, MFFP. • Données de cultures dénominalisées 2011-2014, FADQ. • Données de cultures dénominalisées 2011-2014, FADQ. Localisation des unités d'évaluation des producteurs commerciaux de sapins de Noël, (Direction régionale MAPAQ, Estrie) • Adresses des producteurs de fraises d'automne • FADQ, pomme de terre et fraises été et automne, données dénominalisées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Création de deux cartes d'occupation du sol : une liée à la dérive éolienne, la seconde à la dérive hydrique. • Reclassification des codes uniques de 0 à 4 selon les scores établis lors des consultations
Vulnérabilité liée à l'exposition aux vents dominants (avril à octobre)	<ul style="list-style-type: none"> • Carte Écoforestière, MFFP • Données des stations météorologiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination des écrans forestiers dans le paysage régional • Intégration de l'incidences des vents > 10km/h pour l'ensemble du territoire et pour 8 directions. • Multiplication de la distance à l'écran forestier avec l'incidence des vents. • Reclassification en fonction de la distribution des résultats régionaux
Vulnérabilité liée au drainage	<ul style="list-style-type: none"> • Rapports pédologiques de Chaudière-Appalaches, sources variées • URH (Unité Réponse Hydrologique), IRDA 	<ul style="list-style-type: none"> • Agrégations des données pédologiques régionales • Jointure entre les groupes hydrologiques et les séries de sols.
Vulnérabilité liée à la microtopographie	<ul style="list-style-type: none"> • Issues des Modèles Numériques de Terrain(MNT) de Chaudière-Appalaches. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extraction des cuvettes du MNT en fonction de leurs superficies • Classification des cuvettes en fonction de leurs superficies
Présence de ruchers	<ul style="list-style-type: none"> • Consultation par le CRSAD auprès des apiculteurs de Chaudière-Appalaches. Information exclusive au MAPAQ. 	<ul style="list-style-type: none"> • Création d'une zone tampon de 3km autour des emplacements des ruchers, • Superposition des zones de butinage des ruches
Autoroutes	<ul style="list-style-type: none"> • Carte des réseaux routiers de la région de la Chaudière Appalaches. 	<ul style="list-style-type: none"> • Isolement des autoroutes et des routes secondaires • Attribution d'un score dans une zone tampon déterminée selon le type de route
Routes provinciale		

Tableau 10: Méthode de calcul des critères

Critères	Calcul des critères	Classification des indicateurs
Occupation du territoire (Ex: maïs, couvert forestier....)	Indice mathématique de distribution des classes d'occupation du sol	0, 1, 2, 3, 4 Ordre décroissant de diversité végétale
Vulnérabilité liée à la culture	Superficie (ha)de la culture X pondération du risque de la culture dans un rayon de recherche	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de pression du système de culture sur la santé des abeilles

Critères	Calcul des critères	Classification des indicateurs
Vulnérabilité liée au vent (dérive)	Proximité d'un écran forestier (km) dans l'axe du vent dominant (mai-octobre)	0, 1, 2, 3, 4 Fonction de la distance d'un écran forestier x l'incidence de vents > 10 km/h
Vulnérabilité liée à la culture	Superficie (ha)de la culture X pondération du risque de la culture dans un rayon de recherche	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de pression du système de culture sur la santé des abeilles
Vulnérabilité liée au groupe hydrologique des sols (Drainage)	Distribution du groupe hydrologique	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant du groupe hydrologique (A:1, B:2, C:3, D:4; Plan d'eau:0)
Vulnérabilité liée à la présence de cuvettes (Micro-topographie)	Densité de la présence de cuvettes	0, 1, 2, 3, 4 Ordre croissant de la taille des cuvettes
Autoroutes	Buffer de 1 km pour les autoroutes.	0 (aucune), 2 (route numérotée), 4 (autoroute)
Routes numérotées	Buffer de 0,5 km	
Nombre de ruches	Nb ruches dans un rayon de recherche donné	n/a

Calcul de l'indice final.

Suite aux traitements de chaque critère, ces derniers sont multipliés, s'il y a plusieurs critères, afin d'établir la valeur de leur facteur relatif (tableau 7). Nous avons ainsi obtenus une valeur numérique pour chacun des facteurs. La multiplication des facteurs pondérés selon les pourcentages du tableau 7 a permis l'obtention d'un indice de risque référé à une position spatiale.

Nous présentons dans les pages qui suivent la représentation spatiale de chaque facteur ayant servi au calcul de l'indice de même que des explications quant à leur traitement et limites.

Facteur de diversité végétale

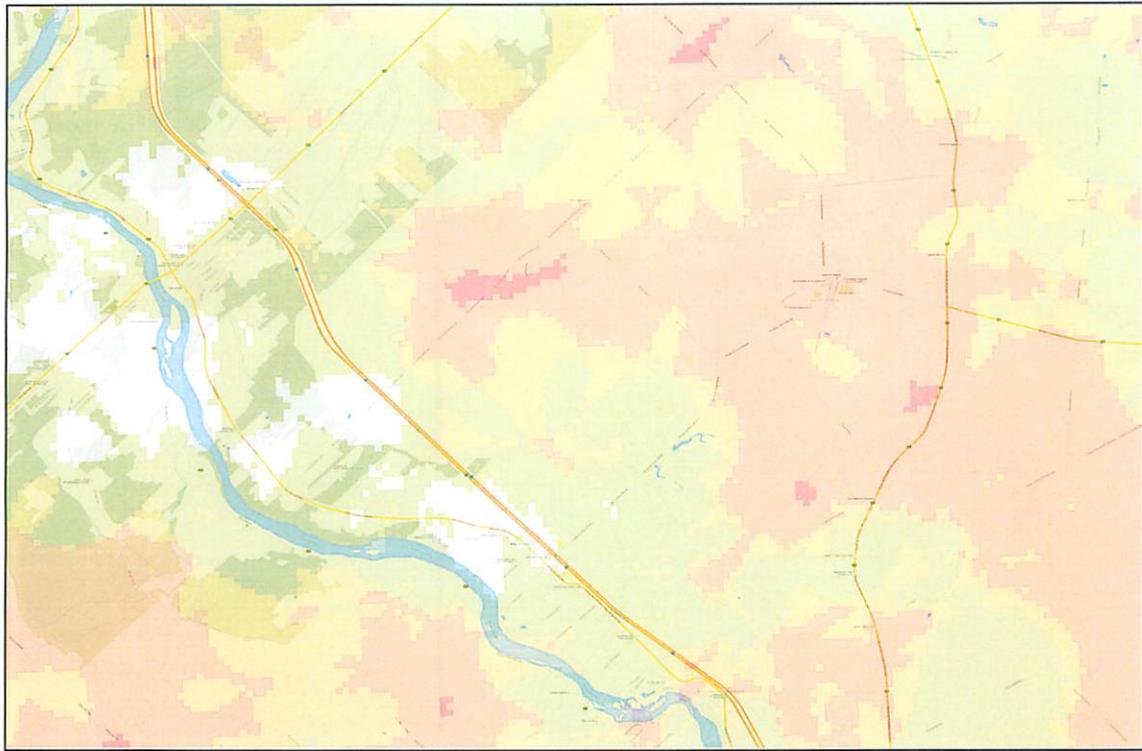
Afin de représenter le risque lié à l'absence de diversité florale dans le paysage, un indice a été créé sur la base des différentes classes d'occupation du sol. L'importance de certaines cultures quant à l'effet de leur régie sur la santé des pollinisateurs peut être difficile à cartographier. En effet, les cultures de fruits (fraises, framboises, vergers,...) se retrouvent généralement en faibles superficies. Or, leur impact est important sur les abeilles compte tenu de l'attrait que représentent leurs inflorescences et de la toxicité élevée ainsi que des volumes généralement appliqués d'insecticides qu'on peut y retrouver. Dans le cadre d'une carte de risque intégrant différents facteurs, ces cultures peuvent alors apparaître sous représentées, surtout dans l'optique d'un outil d'aide à la décision pour les apiculteurs. Cependant, conséquemment à leurs petites superficies, elles sont généralement intégrées à un territoire diversifié ce qui minimise leur impact.

Il est aussi important de noter que les valeurs attribuées à une culture donnée sont issues d'une concertation des pratiques culturelles dominantes observées pour celle-ci. Par exemple, l'usage des semences traitées aux néonicotinoïdes est considéré comme uniforme dans la culture de maïs pour le présent exercice. Par ailleurs, les superficies sous régie biologique où les pesticides chimiques de synthèse sont proscrits ne sont pas intégrées dans cette carte compte tenu du manque d'informations géoréférencées à ce sujet.

Il faut également considérer que cet indice variera inévitablement avec les années, surtout dans les secteurs fortement représentés par des cultures annuelles. L'indice représente donc un portrait de la situation à un moment donné. Également, l'indice élaboré ne tient pas compte des zones de transition entre deux occupations du sol souvent colonisées par d'autres espèces florales. Finalement, l'indice ne tient pas compte de l'attrait et du potentiel mellifère d'une occupation de sol donnée.

Représentation spatiale de la diversité végétale

Couleur		description	classes
	rouge	Zone ayant peu de diversité végétale	4
	orangé		3
	jaune		2
	vert		1
	Aucune couleur	Zone ayant une forte diversité végétale	0



Exposition aux pesticides par voies aériennes_

Tel que mentionné précédemment, ce facteur est une agrégation de deux critères, les cultures et l'impact des vents. Pour ce dernier critère, il a été possible de générer un indice de dérive éolienne des pesticides grâce aux informations disponibles de la carte écoforestière du MRF qui identifiait la présence de boisés et des données des stations météo pour le calcul d'un indice des vents . En conséquence, pour un point donné l'indice a été calculé en multipliant la distance de ce point par rapport à un écran forestier avec le pourcentage de temps où les vents soufflent à plus de > 10km/h et ce pour la sommation de 8 points cardinaux. La période considérée a été de mai à septembre (tableau 9) Il faut préciser que la présence de haies brise-vent plantées n'est pas négligeable dans l'atténuation de cette dérive. Or, cette information n'étant pas déjà colligée, le temps disponible pour la réalisation de cette carte ne nous a permis de géo-référencer et de considérer ces haies. Leur effet n'a donc pas été répertorié.

Représentation spatiale d'exposition aux pesticides par voie aérienne

Couleur		description	classe
	rouge	Zone ayant le plus de risques de contamination par voie aérienne	4
	orangé		3
	jaune		2
	vert		1
	Aucune couleur	Zone présentant peu de risque	0

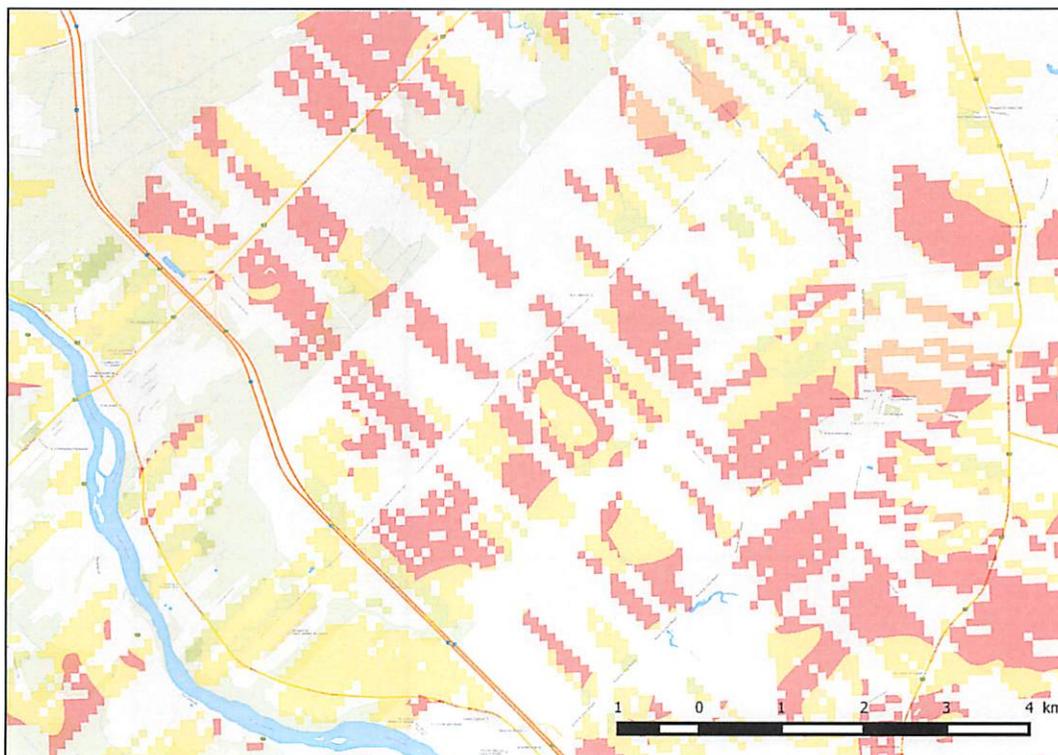


Exposition aux pesticides par voie hydrique

Ce facteur a été divisé en début de projet en trois critères, soit les cultures, la présence de cuvettes et la qualité du drainage. Cependant suite à des discussions en cours de projet, ces deux derniers critères ont par la suite été **chacun** mis en relation avec la culture présente à un point donné. La qualité du drainage a été classifiée en fonction des groupes hydrologiques. Les classes obtenues ont été multipliées par les valeurs attribuées aux cultures (tableau 7). L'incidence des cuvettes par rapport au risque a été classifié en fonction de leur taille et multiplié par les valeurs attribuées aux cultures. Nous avons obtenus ultimement deux critères qui ont été pondéré et multipliés pour l'attribution d'une valeur au facteur d'exposition aux pesticides par voie hydrique. Cependant, les modifications d'orientation pour ces critères en cours de route ont fait en sorte qu'il n'y a pas de représentation spatiale agrégée de ce facteur. Il y a une représentation de l'agrégation de chacun des critères hydriques avec la culture.

Couleur		description	classe
	rouge	Zones ayant le plus de risque de contamination compte tenu du groupe hydrologique (qualité du drainage)	4
	orangé		3
	jaune		2
	vert		1
	Aucune couleur	Zones présentant peu de risque	0

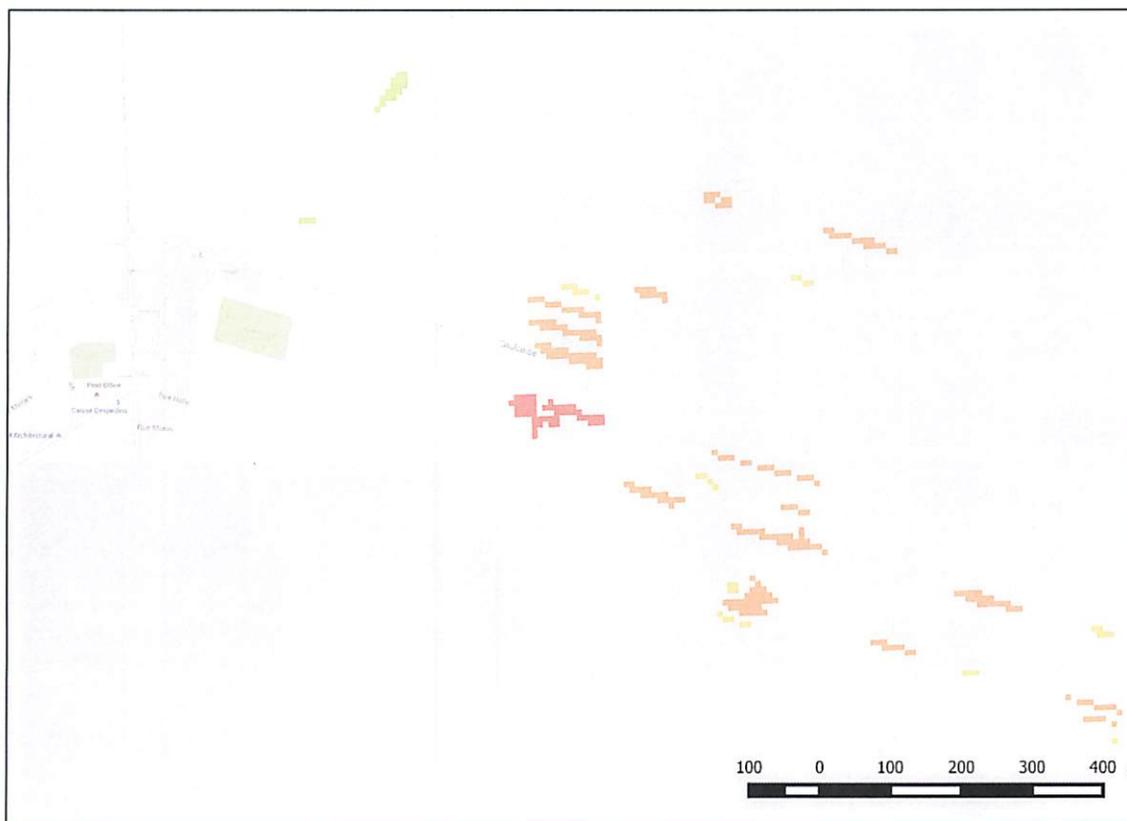
Représentation spatiale du critère du drainage



Représentation spatiale du critère de la présence des cuvettes

(Afin d'avoir une représentation visible des classes des cuvettes une région plus petite a été sélectionnée)

Couleur		description	classe
	rouge	Zones ayant le plus de risque de contamination par la présence de microdépressions	4
	orangé		3
	jaune		2
	vert		1
	Aucune couleur	Zones présentant peu de risque	0

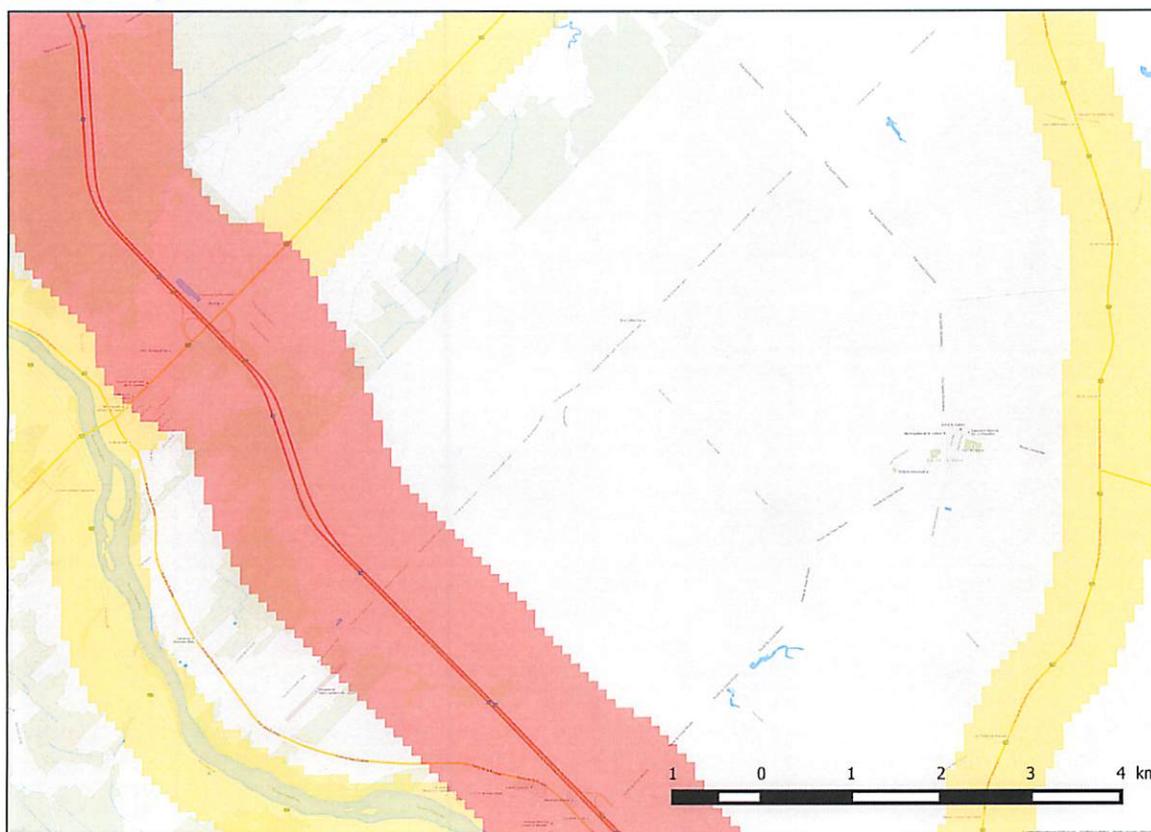


Perturbations (routes)

Cette couche d'information est simplement calculé en attribuant les valeurs suivantes : 0 (aucune), 2 (route numérotée), 4 (autoroute) et en appliquant une zone tampon

Couleur		Description	Classe
	rouge	Zone avec autoroute	4
	jaune	Zone avec routes numérotées	2
	Aucune couleur	Autres routes	0

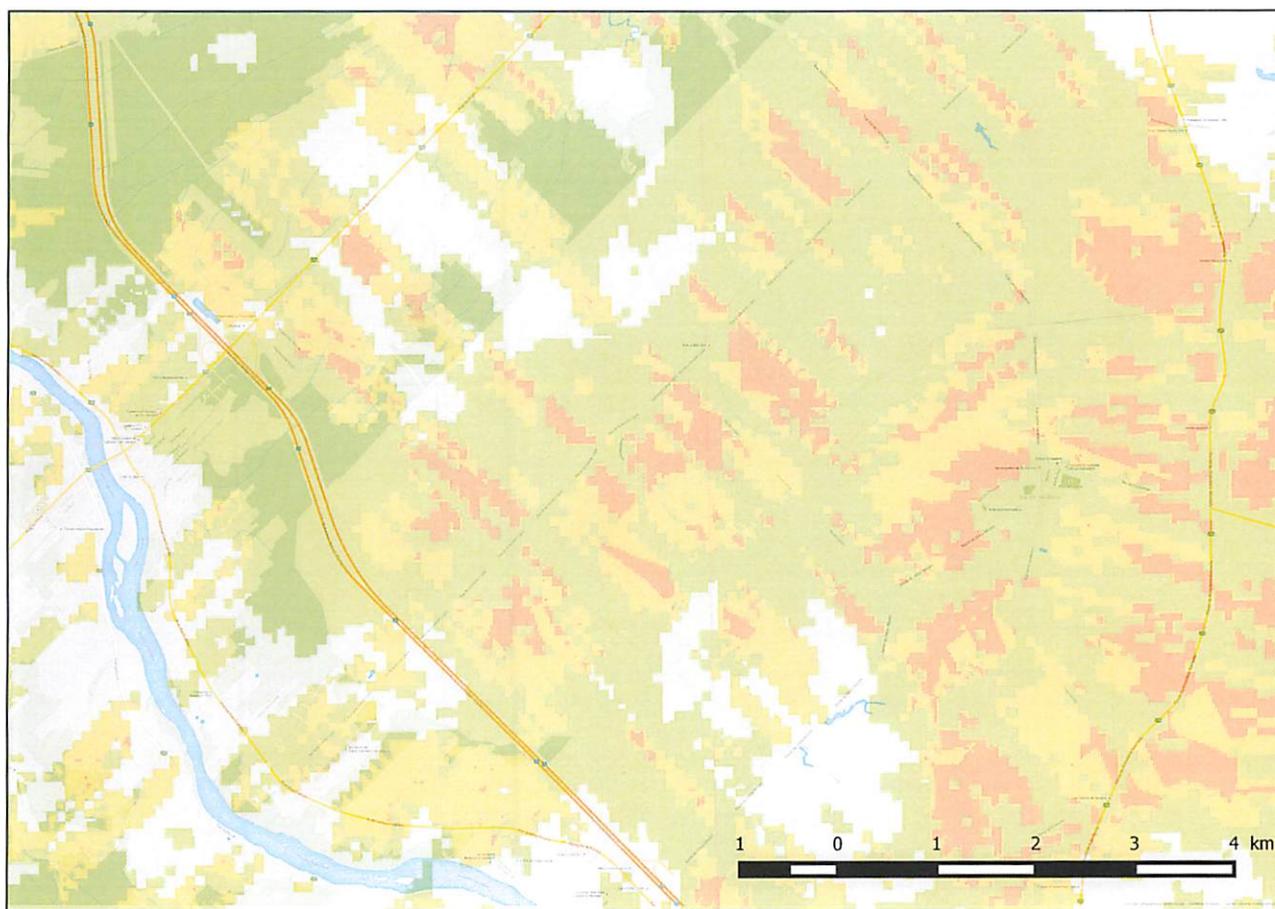
Représentation spatiale des perturbations



Indice de sensibilité des pollinisateurs aux risques d'exposition aux pesticides et autres facteurs aggravants.

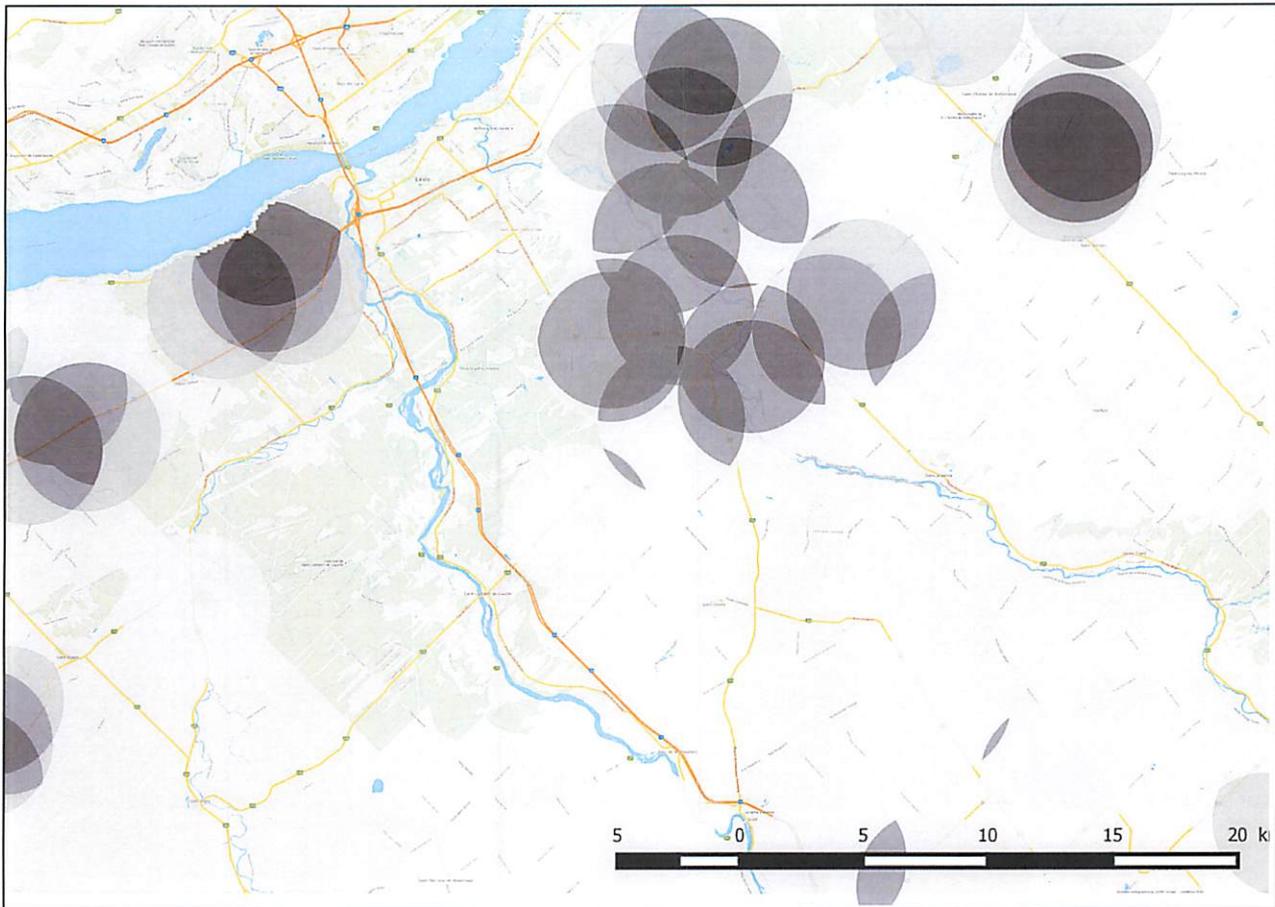
Représentation spatiale de l'indice final.

Couleur		description	classe
	rouge	Indice de risque pour la santé des pollinisateur élevé	4
	orangé		3
	jaune		2
	vert		1
	Aucune couleur	Peu de risque	0



Représentation spatiale de la présence des ruchers

Cette couche d'information ne fait pas partie de l'indice final de risque. Elle sera superposée éventuellement à l'indice de risque environnemental. Elle s'exprime par une gradation de l'intensité de couleur en lien avec le nombre de ruches situé dans une zone donnée.



Quelques limitations du modèle

La présente carte se veut une expression visuelle et géoréférencée des risques environnementaux qui peuvent influencer la santé des pollinisateurs. Bien qu'elle puisse indiquer aux apiculteurs de Chaudière-Appalaches des sites plus ou moins propices à l'emplacement de leurs ruchers, il ne s'agit en aucun cas d'un outil déterminant le potentiel d'un site à la production mellifère.

De plus, comme qu'il s'agit d'une cartographie couvrant l'ensemble du territoire de Chaudière-Appalaches mais que nous traitons des données sur de très petites superficies (ex : cuvettes), il a fallu travailler avec des résolutions très fines, de l'ordre de 8m. Or, lorsque l'on veut obtenir une vue d'ensemble d'une partie du territoire, on se doit d'interpoler les résultats pour créer un effet visuel cohérent. Se faisant, on risque de perdre de la précision sur des phénomènes qui ont une importance réelle dans la gestion d'un rucher pour générer une carte à l'échelle régionale. Il faut donc ajuster la valeur des petites unités, tout en gardant une cohérence avec leur impact sur le potentiel de risque afin qu'elles ne masquent pas l'expression du risque à l'échelle régionale.

Conclusion

L'établissement des valeurs et des pondérations des critères et facteurs a permis de générer un premier modèle de la carte des zones de sensibilité, du territoire de la Chaudière-Appalaches, aux risques d'exposition des pollinisateurs aux insecticides et autres facteurs aggravants.

Ce modèle doit cependant être validé par une analyse de sensibilité, une validation de l'indice auprès d'experts et enfin le développement plus raffiné des fonctions de visualisation de l'indice. Ce projet est une première étape qui permettra à terme de situer les endroits de plus forte densité de ruchers où le potentiel de mortalité des abeilles est le plus élevé. Elle sera également un outil précieux pour les apiculteurs dans le choix de nouveaux sites d'exploitations. Elle pourra par la suite être diffusée et utilisée par les intervenants en agriculture et apiculture, par les apiculteurs et toutes personnes intéressées par l'amélioration de la santé des pollinisateurs.

Annexes

SOYA

Annexe A 1 Soya: Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture du soya

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Nbre moyen traitements par an	IRE moy	IRE moyen X nbre moyen de traitements par an/ha	Toxicité pour les abeilles
Insecticide	Puceron du soya	diméthoate	CYGON, LAGON	1	148	148	Hautement toxique
		thiaméthoxame	CRUISER 350FS CRUISER MAX HARICOTS ¹				Très toxique
		lambda-cyhalothrine	MATADOR 120 EC SILENCER 120 EC				Hautement toxique
Fongicide	Pourriture sclérotique	Coniothyrium minitans (souche CON/M/91-08)	CONTANS WF	1	57	57	Non toxique
		fluazinam	ALLEGRO 500F				Pratiquement non toxique
		fluxapyroxad/pyraclostrobin	PRIAXOR				Faiblement toxique
		picoxystrobine	ACAPELA				Faiblement toxique
		Saponines de Chenopodium quinoa	HEADS UP				Non toxique

¹ Valeur insecticide seulement

	Pourriture des racines et fonte des semis	Fludioxonil/métalaxyl-M	APRON MAXX RFC APRON MAXX RTA	1	142	142	Faiblement toxique
		Fludioxonil/métalaxyl-M + sédaxane	CRUISER MAXX HARICOTS ² + VIBRANCE 500FS				Faiblement toxique
TOTAL						347	

MAÏS

Annexe A 2 Maïs: Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture du maïs

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Toxicité pour les abeilles	Nbre moyen traitements par an	IRE moy ³	IRE moyen X nbre moyen de traitements par an/ha
Insecticide	Ravageurs des semis	Clothianidine	PONCHO 600FS	Très toxique	1	212	212
		Imidaclopride	GAUCHO 600FL	Hautement toxique			
		Téfluthrine	FORCE 3.0G	Hautement toxique			
		thiaméthoxame	CRUISER (5FS ou 350FS)	Très toxique			
Fongicide	Fonte des semis et autres	Azoxystrobine	DYNASTY 100FS	Pratiquement non toxique	1	81	81
		Azoxystrobine/fludioxonil/métalaxyl-M/thiabendazole	MAXIM QUATTRO	Faiblement toxique			
		fludioxonil	MAXIM	Pratiquement non			

² Valeur fongicide seulement

³ L'IRE correspond à la valeur de l'insecticide pour les ravageurs du semis et la valeur du fongicide pour la fonte des semis et autres

			480FS	toxique			
		Fludioxonil/métalaxyl-M	MAXIM XL	Faiblement toxique			
		Métalaxyl	ACCELERON, ALLEGIANCE FL	Faiblement toxique			
		Métalaxyl/penflufen/prothioconazole	EVERGOL ENERGY	Faiblement toxique			
		métalaxyl-M	APRON XL LS	Faiblement toxique			
		Penflufen/trifloxystrobine	EVERGOL XTEND	Faiblement toxique			
		Sédaxane	VIBRANCE 500FS	Non toxique			
						TOTAL	293

Dans la plupart des traitements de semences, nous retrouvons des fongicides et des insecticides combinés. Seules la valeur pour les insecticides pour les ravageurs du semis et la valeur pour les fongicides pour la fonte des semis et autres ont été considérées dans le tableau suivant. Pour les ravageurs du semis, tous les produits homologués ont été retenus.

À la suite de la consultation réalisée, les applications foliaires de fongicides n'ont pas été retenues. Cette pratique semble peu répandue, soit moins de 5 % des superficies selon les résultats obtenus. Toutefois, compte tenu de la superficie totale cultivée en maïs, c'est tout de même près de 23 000 hectares qui reçoivent des applications foliaires de fongicide. Cette superficie dépasse de plusieurs hectares celle des cultures maraîchères et fruitières du Québec. Cette pratique est donc à surveiller dans les prochaines années.

FRAISE D'AUTOMNE

Annexe A 3 Fraise d'automne : Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la fraise d'automne

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Toxicité pour les abeilles	Nbre moyen traitements par an	IRE moy	IRE moyen X nbre moyen de traitements par an/ha
Insecticide	Anthonome de la fleur du fraisier	cyperméthrine	RIPCORDER	Hautement toxique	1	147	147
		lambda-cyhalothrine	MATADOR, SILENCER	Hautement toxique			
	Drosophile à ailes tachetées	cyperméthrine	RIPCORDER	Hautement toxique	4	136	545
		malathion	MALATHION	Hautement toxique			
		spinétorame	DELEGATE	Très toxique			
		spinosad	ENTRUST	Extrêmement toxique			
	Puceron	acétamipride	ASSAIL	Modérément toxique	1	1	1
	Punaise terne	acétamipride	ASSAIL	Modérément toxique	5	129	645
		clothianidine	CLUTCH	Très toxique			
		cyperméthrine	RIPCORDER	Hautement toxique			
		lambda-cyhalothrine	MATADOR, SILENCER	Hautement toxique			
	Tétranyque	abamectine	AGRI-MEK	Toxicité élevée	1	48	48
		clofentézine	APOLLO	Faiblement toxique			
		sel de potassium d'acide gras	SAFER'S	Peu toxique			
spiromesifen		OBERON	Toxicité faible				

	Thrips	spinétorame	DELEGATE	Très toxique	1	100	100
Fongicide	Anthracnose	boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique	2	106	211
		pyraclostrobine	CABRIO	Pratiquemen t non toxique			
	Blanc du fraisier	boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique	6	72	431
		myclobutanil	NOVA	Faiblement toxique			
		polysulfure de calcium	CHAUX SOUFRÉE	Faiblement toxique			
		quinoxifène	QUINTEC	Faiblement toxique			
		trifloxystrobine	FLINT	Pratiquemen t non toxique			
	Moisissure grise	boscalide	CANTUS	Pratiquemen t non toxique	5	58	291
		boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique			
		captane	CAPTAN 50 WP	Pratiquemen t non toxique			
			CAPTAN 80 WDG				
		captane + fenhexamide	MAESTRO + ELEVATE	Non toxique			
		chlorothalonil	BRAVO, ECHO	Faiblement toxique			
		cyprodinil/fludioxonil	CYPROFLU, SWITCH	Faiblement toxique			
fenhexamide		ELEVATE	Pas toxique				
folpet		FOLPAN	Peu toxique				
iprodione		ROVRAL WDG	Faiblement toxique				
penthiopyrade		FONTELIS	Faiblement toxique				
polysulfure de calcium	CHAUX	Faiblement					

			SOUFRÉE	toxique			
		pyriméthanil	SCALA	Pratiquemen t non toxique			
Tache commune		boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique	1	72	72
		captane	CAPTAN	Pratiquemen t non toxique			
		folpet	FOLPAN	Peu toxique			
Tache pourpre		captane	CAPTAN	Pratiquemen t non toxique	1	23	23
TOTAL							2514

Les données en gras expliquent les résultats obtenus.

FRAISE STANDARD

Tableau A 4 Fraise standard : Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la fraise standard

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Toxicité pour les abeilles	Nbre moyen traitements par an	IRE moy	IRE moyen X n ^{bre} moyen de traitements par an/ha
Insecticide	Anthonome de la fleur du fraisier	cyperméthrine	RIPCORD	Hautement toxique	1	147	147
		lambda-cyhalothrine	MATADOR, SILENCER	Hautement toxique			
	Punaise terne	acétamipride	ASSAIL	Modérément toxique	2	146	292
		clothianidine	CLUTCH	Très toxique			
		cyperméthrine	RIPCORD	Hautement toxique			
		deltaméthrine	DECIS	Hautement toxique			
		endosulfan	THIONEX	Modérément toxique			
	Tarsonème du fraisier	abamectine	AGRI-MEK	Toxicité élevée	1	276	276
		endosulfan	THIONEX	Modérément toxique			
	Tétranyque	abamectine	AGRI-MEK	Toxicité élevée	1	46	46
		clofentézine	APOLLO	Faiblement toxique			
		spiromesifen	OBERON	Toxicité			

				faible			
		pyraclostrobine	CABRIO	Pratiquemen t non toxique			
Fongicide	Blanc du fraisier	boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique	1	72	72
		myclobutanil	NOVA	Faiblement toxique			
		polysulfure de calcium	CHAUX SOUFRÉE	Faiblement toxique			
		quinoxyfène	QUINTEC	Faiblement toxique			
		trifloxystrobine	FLINT	Pratiquemen t non toxique			
	Moisissure grise	boscalide	CANTUS	Pratiquemen t non toxique	3	58	175
		boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique			
		captane	CAPTAN 50 WP CAPTAN 80 WDG	Pratiquemen t non toxique			
		captane + fenhexamide	MAESTRO + ELEVATE	Non toxique			
		chlorothalonil	BRAVO, ECHO	Faiblement toxique			
		cyprodinil/fludioxonil	CYPROFLU, SWITCH	Faiblement toxique			
		fenhexamide	ELEVATE	Pas toxique			
		iprodione	ROVRAL ROVRAL WDG	Faiblement toxique			
		penthiopyrade	FONTELIS	Faiblement toxique			

		polysulfure de calcium	CHAUX SOUFRÉE	Faiblement toxique				
		pyriméthanil	SCALA	Pratiquemen t non toxique				
	Tache commune		boscalide/pyraclostrobin e	PRISTINE	Pratiquemen t non toxique	1	56	56
			captane	CAPTAN WP CAPTAN 80 WDG	Pratiquemen t non toxique			
			folpet	FOLPAN	Peu toxique			
			propiconazole	JADE, TOPAS	Faiblement toxique			
	Tache pourpre		captane	CAPTAN 80 WDG	Pratiquemen t non toxique	1	40	40
	TOTAL							1104

RÉSUMÉ – FRAISES

[Annexe A 5 Résumé Fraise](#) : Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la fraise

FRAISE D'AUTOMNE		FRAISE STANDARD		IRE moyen total x n^{bre} moyen de traitements/an x superficie
IRE moyen total X n^{bre} moyen de traitements/an/ha	Superficie en culture (ha) en C-A	IRE moyen total X n^{bre} moyen de traitements/an/ha	Superficie en culture (ha) en C-A	
2514		1104		

La fraise d'automne représente environ 15 % de la superficie selon l'Association des producteurs de fraises et framboises du Québec (2013).

FRAMBOISE D'AUTOMNE

Annexe A 6 Framboise d'automne : Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen par année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la framboise d'automne

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Toxicité pour les abeilles	Nbre moyen traitements par an	IRE moy	IRE moyen X nbre moyen de traitements par an/ha
Insecticide	Drosophile à ailes tachetées	cyperméthrine	RIPCORD	Hautement toxique	5	142	710
		malathion	MALATHION	Hautement toxique			
		spinétorame	DELEGATE	Très toxique			
		spinosad	ENTRUST	Extrêmement toxique			
	Tétranyque	abamectine	AGRI-MEK	Toxicité élevée	1	60	60
		bifénazate	ACRAMITE 50 WS	Modérément toxique			
		clofentézine	APOLLO	Faiblement toxique			
dicofol		SAFER'S	Faiblement toxique				
Fongicide	Anthracnose	boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE WG	Pratiquement non toxique	1	79	279
		cymoxanil/famoxadone	TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
		ferbame	FERBAM 76 WDG	Pratiquement non toxique			
	Brûlure des dards	captane	CAPTAN, MAESTRO	Pratiquement non toxique	1	53	53
		cymoxanil/famoxadone	TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
		ferbame	FERBAM 76 WDG	Faiblement toxique			

		polysulfure de calcium	CHAUX SOUFRÉE	Faiblement toxique			
	Moisissure grise	boscalide	CANTUS WDG	Pratiquement non toxique	4	57	227
		boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE WG	Pratiquement non toxique			
		captane	CAPTAN, MAESTRO	Pratiquement non toxique			
		cymoxanil/famoxadone	TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
		cyprodinil/fludioxonil	CYPROFLU, SWITCH	Faiblement toxique			
		fenhexamide	ELEVATE 50 WDG	Pas toxique			
		iprodione	ROVRAL WDG	Faiblement toxique			
	Rouille	polysulfure de calcium	CHAUX SOUFRÉE	Faiblement toxique	2	54	108
		propiconazole	JADE, MISSION, TOPAS	Faiblement toxique			
TOTAL							1437

FRAMBOISE STANDARD

Annexe A7 framboise standard : Classement des ennemis selon leur IRPest traitements/ha : (IRE moyen) X (nombre de traitements moyen/année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la framboise standard

Type de pesticides	Ennemi visé	Matière active	Exemple de produits commerciaux	Toxicité pour les abeilles	Nbre moyen traitements par an	IRE moy	IRE moyen X nbre moyen de traitements par an/ha
Insecticide	Anthonome de la fleur du fraisier	malathion	MALATHION 85E	Hautement toxique	1	144	144
	Drosophile à ailes tachetées	cyperméthrine	RIPCORD	Hautement toxique	1	178	178
		malathion	MALATHION	Hautement toxique			
	Tétranyque	abamectine	AGRI-MEK	Toxicité élevée	1	58	58
		bifénazate	ACRAMITE 50 WS	Modérément toxique			
		clofentézine	APOLLO	Faiblement toxique			
Fongicide	Anthracnose	boscalide/pyraclostrobine	PRISTINE WG	Pratiquement non toxique	2	90	180
		cymoxanil/famoxadone	TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
		ferbame	FERBAM 76 WDG	Pratiquement non toxique			
	Brûlure des dards	captane	CAPTAN, MAESTRO	Pratiquement non toxique	1	61	61
		cymoxanil/famoxadone	TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
		ferbame	FERBAM 76 WDG	Faiblement toxique			
		polysulfure de calcium	CHAUX	Faiblement			

			SOUFRÉE	toxique			
Moisissure grise	boscalide		CANTUS WDG	Pratiquement non toxique	3	57	170
	boscalide/pyraclostrobine		PRISTINE WG	Pratiquement non toxique			
	captane		CAPTAN, MAESTRO	Pratiquement non toxique			
	cymoxanil/famoxadone		TANOS 50 DF	Faiblement toxique			
	cyprodinil/fludioxonil		CYPROFLU, SWITCH	Faiblement toxique			
	fenhexamide		ELEVATE 50 WDG	Pas toxique			
	iprodione		ROVRAL WDG	Faiblement toxique			
Rouille	propiconazole		JADE, MISSION, TOPAS	Faiblement toxique	1	8	8
TOTAL							799

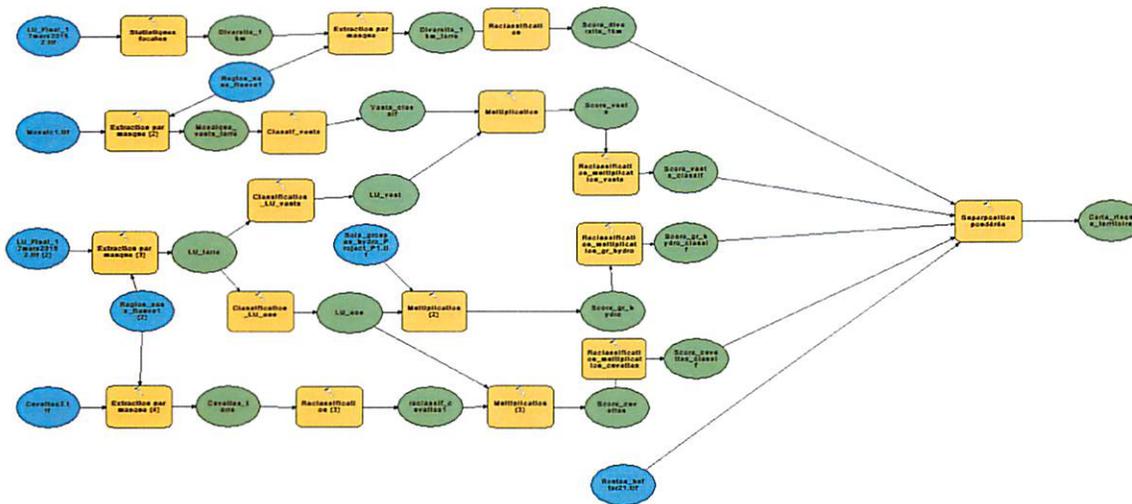
RÉSUMÉ – FRAMBOISES

Annexe A8 Framboise résumé : IRPest traitements/ha : (IRE moyen total) X (nombre de traitements moyen/ha/année), selon les produits phytosanitaires les plus utilisés pour la culture de la framboise

FRAMBOISE D'AUTOMNE		FRAMBOISE STANDARD		IRE moyen total x n ^{bre} moyen de traitements/an x superficie
IRE moyen total X n ^{bre} moyen de traitements/an/ha	Superficie en culture (ha) en C-A	IRE moyen total X n ^{bre} moyen de traitements/an/ha	Superficie en culture (ha) en C-A	
1437		799		

La superficie en framboise d'automne est estimée à 5% selon l'Association des producteurs de fraises et framboises du Québec (2013).

Annexe A9 : Chaîne d'opérations du SIG



Couches d'entrées :

Entrées de la carte	Répertoires consultés
LandUse (utilisation du sol)	Carte écoforestière, MFFP
	Données de cultures dénominalisées 2011-2014, FADQ
	Localisation des unités d'évaluation des producteurs commerciaux de sapins de Noël, DRE (Direction régionale Estrie) - MAPAQ
Mosaïque des vents	<ul style="list-style-type: none"> - Carte Écoforestière, MFFP - Données des stations météorologiques (Confirmer avec Abou ou Aubert...)
Groupes hydrologiques	Rapports pédologiques de Chaudière-Appalaches, sources variées
	URH(Unité Réponse Hydrologique), IRDA
Cuvettes	Issues des Modèles Numériques de Terrain(MNT) de Chaudière-Appalaches. (voir avec Aubert, je crois qu'ils ont complété avec une autre source)
Localisation et population des ruchers	Consultation par le CRSAD auprès des apiculteurs de Chaudière-Appalaches. Information exclusive au MAPAQ.

Une classification constante des critères avec des pointages de 0 à 4.