

CHAIRE DE LEADERSHIP EN ENSEIGNEMENT

Sciences apicoles

INNOVATION
APPRENTISSAGE
COMPÉTENCE



La varroase et l'utilisation du comportement « Varroa Sensitive Hygiene » (VSH) en sélection

Pierre Giovenazzo Ph.D.

Professeur département de biologie



Plan de la présentation

- L'apiculture au Québec et au Canada
 - Bref aperçu de l'industrie
 - Mortalité annuelle d'hivernage au pays
- *Varroa destructor* et la varroase
 - Impact sur les colonies
 - Principes de lutte intégrée
- Sélection génétique et résistance à la varroase
 - Principes de sélections du programme
 - Le comportement VSH

L'apiculture au Québec et au Canada

Centre de recherche en sciences animales de Deschambault



Apiculture: hier à aujourd'hui



Apiculture: hier à aujourd'hui















Services de pollinisation

Statistiques apiculture Québec (2014)

- 309 apiculteurs
- 49 635 colonies
- Miel
 - 1 946 400 kg (43 kg/colonie)
 - 13 386 400\$ CDN (204\$/colonie)
- **44 214 colonies en pollinisation**
 - 5 109 000\$ CDN (116\$/colonie)
 - Bleuets, canneberges, pommes et....
- **20 501 reines (11 852 vendues)**
 - 303 200\$CDN (25.58\$/reine)
- **Les autorités provinciales/fédérales et les producteurs de fruits/graines reconnaissent l'importance des abeilles en agriculture**



Activités saisonnières apicoles

												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hivernage des colonies	■	■	■	■							■	■
Services de pollinisation					■	■	■					
Miellée					■	■	■	■	■			
Nourrissage des colonies			■	■	■	■	■	■	■	■		
Traitements anti varroas			■	■			■		■	■	■	

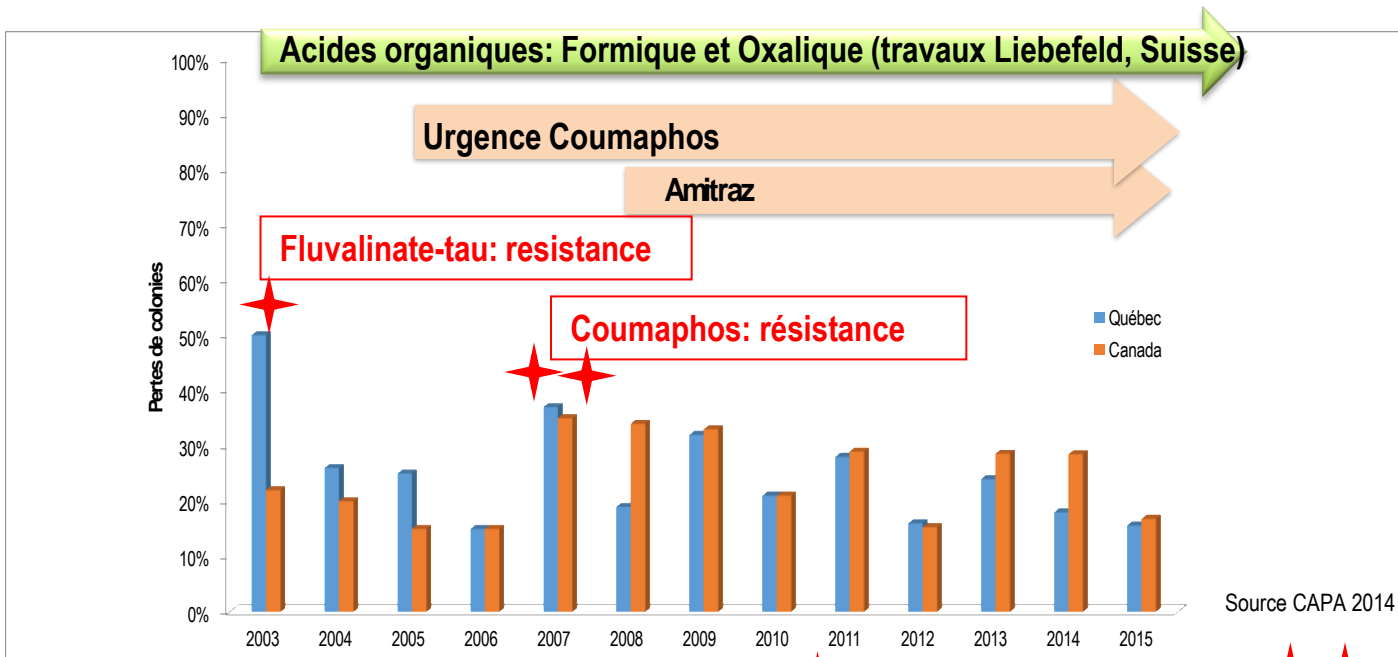
SERVICES DE POLLINISATION

Selon une récente analyse agroéconomique (Agriculture et agroalimentaire Canada, janvier 2016)

Valeur estimative de la contribution des abeilles domestiques:

Pommes	177 652 000 \$
Bleuets	168 431 000 \$
Canneberges	84 804 000 \$
Canola	1 318 580 000 \$
Toutes cultures	2 051 243 000 \$

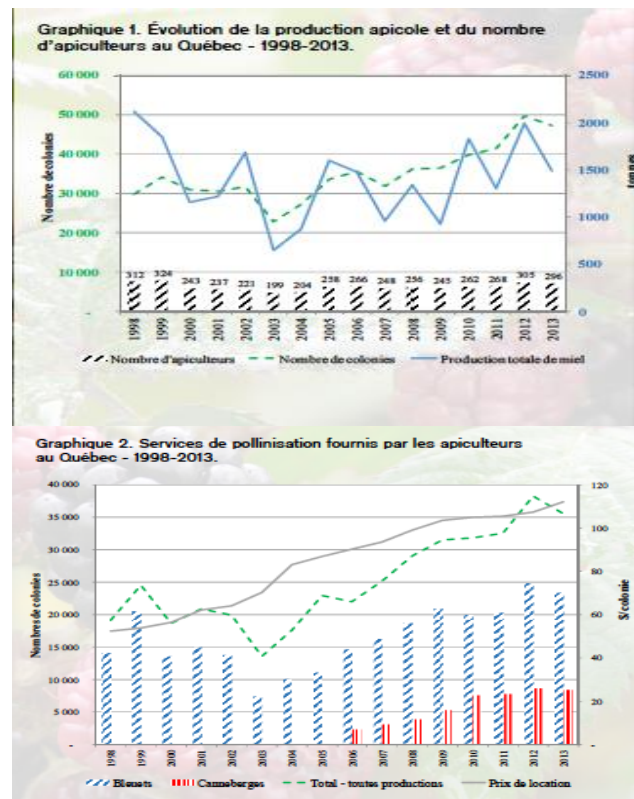
Mortalité des abeilles Québec/Canada



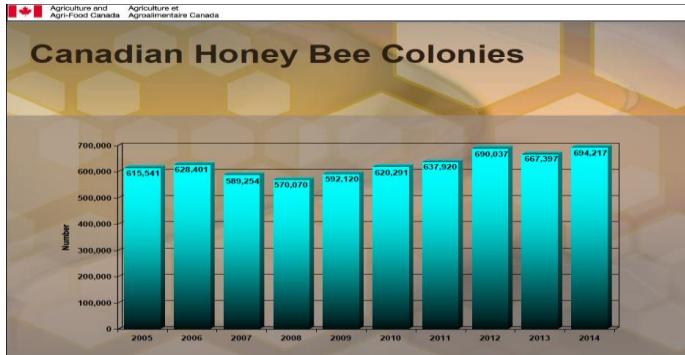
Échec traitements anti-varroas au Québec et dans l'Ouest canadien

Apiculture au Québec

- L'industrie progresse constamment depuis le creux de 2003
- Croissance de la demande des services de pollinisation
 - Croissance des industries du bleuet et de la canneberge
 - Croissance du prix de location des colonies
- Croissance du nombre de colonies en location par apiculteur
 - De 60 colonies en 1998 à 120 colonies en 2013

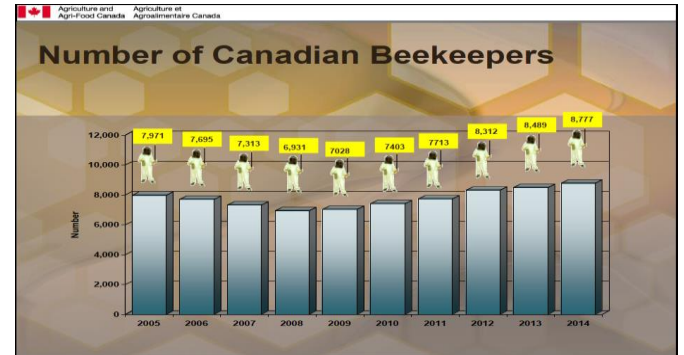


L'apiculture au Canada



Source: Statistics Canada

Canada



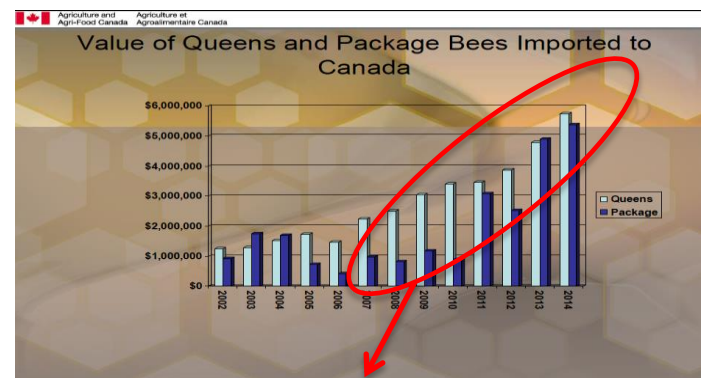
Source: Statistics Canada

Canada



Source: Statistics Canada

Canada



Canada

Importance d'un programme de sélection



Source:
 Congrès CAPA Moncton 2015,
 Stephen Page, Sector specialist, Horticulture Division AAFC

Dépendance et importations d'abeilles

- Les apiculteurs canadiens importent près de 65 000 paquets d'abeilles (Nouvelle Zélande)
 - = la croissance annuelle!
- et près de 226 000 reines (Hawaï et Californie)
 - = la moitié de nos colonies!



<http://aratakihone rotorua.co.nz>



<https://www.mielsdanicet.com>

Risque sanitaires

Sommaire des estimations des risques



Photo 3 - Résultat positif du test du cure-dent dans une cellule atteinte de la loque américaine. (source : MAPAQ)

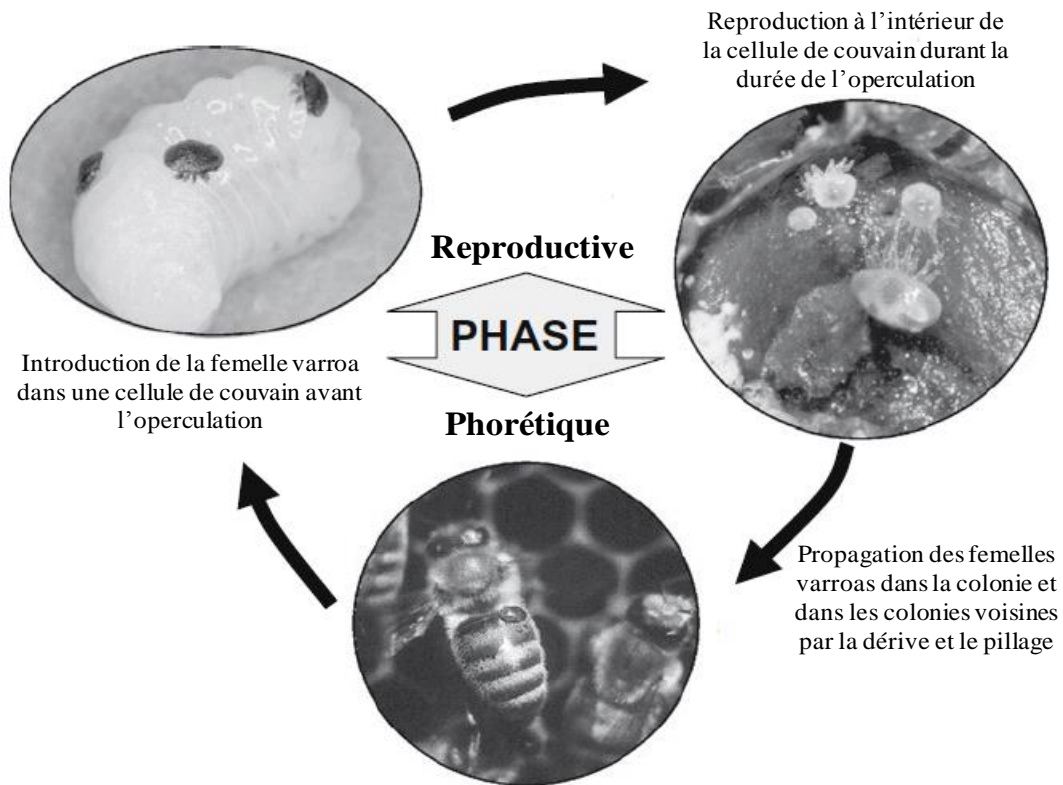


Danger	Probabilité d'introduction	Probabilité d'exposition	Évaluation de l'ampleur des conséquences	Estimation du risque
Abeille africanisée	Modérée à élevée	Limitée	Modérée	Faible à modéré
Loque américaine - souches résistantes à l'oxytétracycline	Élevée	Modérée à élevée	Modérée	Modéré
Petit coléoptère des ruches	Élevée	Faible à limitée	Modérée	Faible à modéré
Varroase (varroa) - souches résistantes aux acaricides à l'amitraz	Élevée	Élevée	Modérée	Modéré

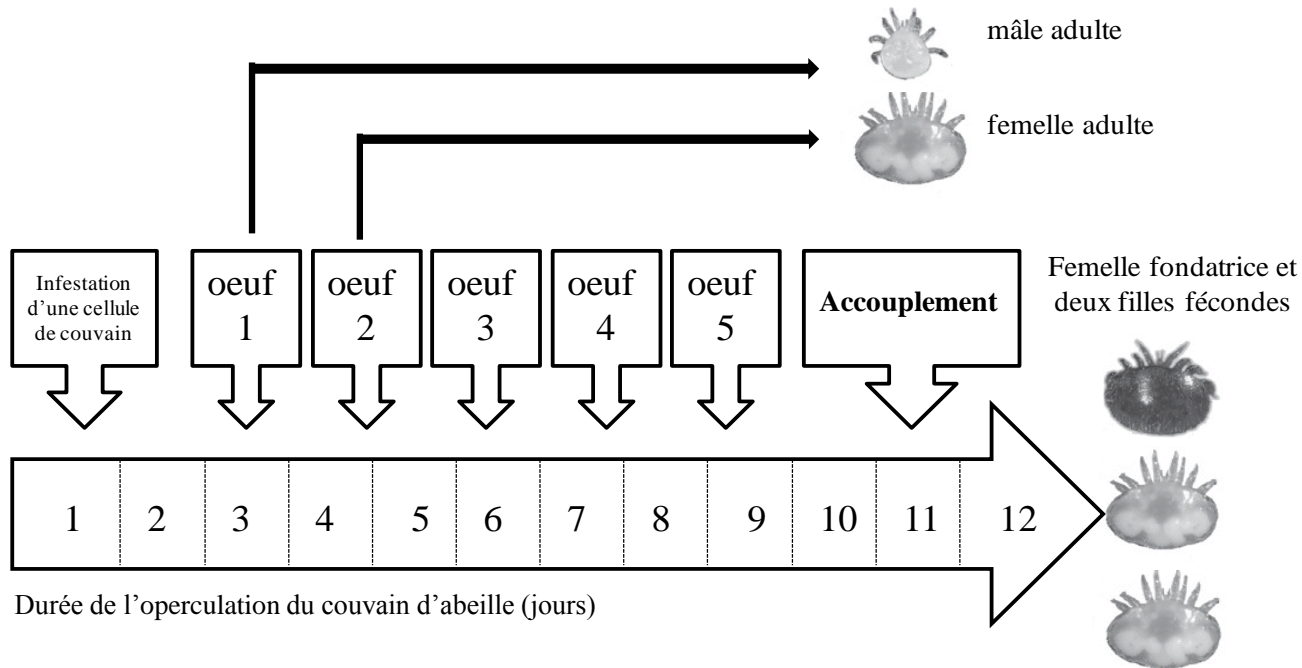
L'intervalle de probabilité reflète le niveau d'incertitude. Les niveaux d'incertitude doivent être considérés dans la prise de décisions.

- Agence d'inspection des aliments, 2013. Évaluation des risques associés à l'importation de paquets d'abeilles domestiques (*Apis mellifera*) en provenance des États-Unis.

Varroa destructor et la varroase



Cycle vital simplifié de *Varroa destructor*. La femelle varroa passe d'un mode de vie phorétique associé aux abeilles adultes vers un mode de vie reproducteur enfermé avec une larve d'abeille (ouvrière ou bourdon). Figure adaptée de Rosenkranz (2009).



Cycle de développement de *Varroa destructor* à l'intérieur du couvain operculé. L'infestation d'une cellule de couvain par une femelle fondatrice se fait juste avant l'operculation de la cellule. Environ trois jours après l'operculation, un premier œuf est pondue qui donnera un mâle. Les autres œufs (5 œufs au total) sont pondus à des intervalles d'environ 30 heures et donnent des jeunes femelles. Les premières jeunes femelles sont fécondées par le mâle. À l'émergence de l'abeille ouvrière il y a en moyenne 2 femelles varroas fécondées avec la femelle fondatrice. Figure adaptée de Rosenkranz (2009).

Stades de développement du varroa

La famille varroa retrouvée dans une cellule d'abeille ouvrière infestée par une mère varroa juste avant l'émergence de l'abeille :



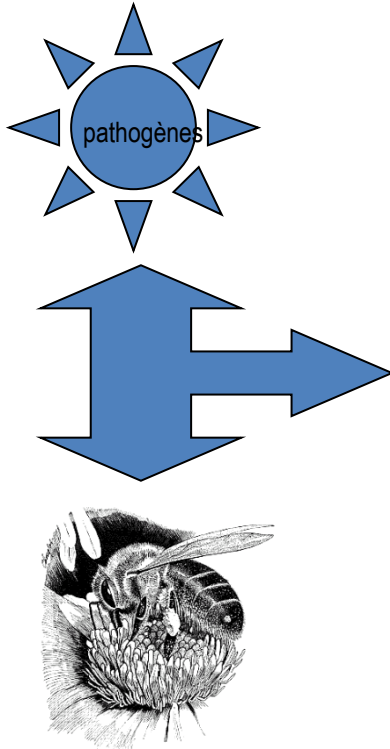
Rosenkrantz et al. 2010

Rangée du haut : divers stades de la période nymphale

Rangée du bas: Jeune femelle adulte, mère fondatrice, mâle adulte

Immunité des abeilles mellifères

(Dadant 1992, Hoffmann et al. 1999, Yang et Cox-Foster 2007B)



Barrières corporelles

- Cuticle
- Trachées aériennes
- Endothélium du tube gastrointestinal

Réactions humorales

Peptides antimicrobiens

- Cecropines et défensines (plus de 400!)
- Synthèse principale par les glandes adipeuses

Reactions cellulaires

•Haemocytes

- Phagocytose, encapsulation et production d'enzymes antimicrobiennee (phénoloxydase and glucose déshydrogénase)

Varroa destructor = pathogène "clé "



Varroa sur le thorax d'une abeille

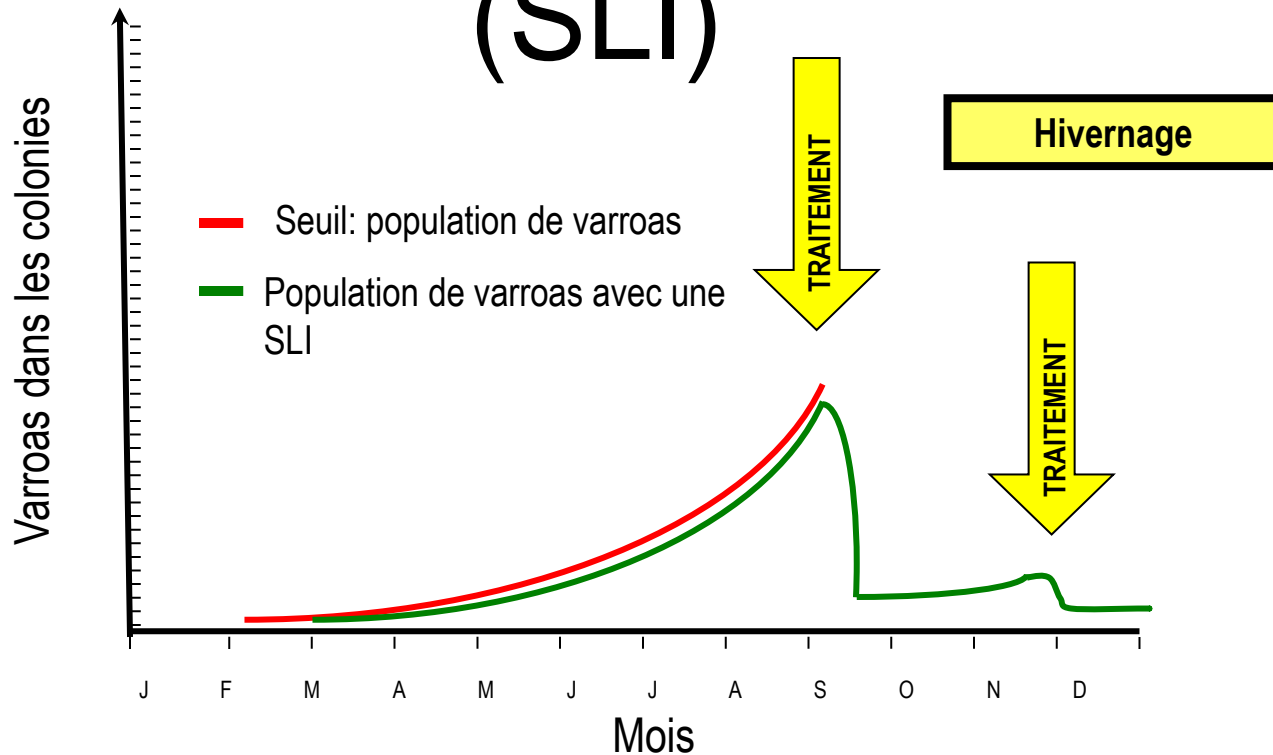
Action directe
Action indirecte: transmission virale
Diminution du nombre d'apiculteurs



Jeune abeille avec les ailes déformées

IL FAUT CONTROLER LA VARROASE

La stratégie de lutte intégrée (SLI)



CALENDRIER DE CONTRÔLE DE LA VARROASE

Période de dépistage	PRINTEMPS À la sortie de l'hivernage et au moins 2 semaines avant le premier pissenlit	ÉTÉ Fin juillet – début août	FIN DE SAISON ³ Fin août – début septembre (et durant le traitement)	NOVEMBRE	
Durée minimale du dépistage	2 JOURS	2 JOURS	2 JOURS	Aucun dépistage	
CHUTE NATURELLE DURANT LE DÉPISTAGE (Nombre de varroas par jour)	Plus de 25 varroas	TRAITEMENT COMPLET IMMÉDIAT (Enlever les hausses à miel et effectuer le traitement conformément à celui qui est prévu en fin de saison)	TRAITEMENT À EFFECTUER AU PLUS TARD AU MILIEU DE SEPTEMBRE⁴ <ul style="list-style-type: none"> • Acide formique à 65 % (Utilisations multiples) • Acide formique à 46,7 % (MAQS¹) • Thymol (Thymovar®) • Amitraze (Apivar®) • Coumaphos (CheckMite+™) • Fluvalinate (Apistan®) 	AU BESOIN : TRAITEMENT COMPLÉMENTAIRE À L'AIDE DE L'ACIDE OXALIQUE (EN L'ABSENCE DE COUVAIN)	
	De 10 à 25 varroas	TRAITEMENT D'APPOINT IMMÉDIAT <ul style="list-style-type: none"> • Acide formique à 65 % (Une ou plusieurs utilisations selon l'ampleur de l'infestation, après le retrait des hausses à miel) • Acide formique à 46,7 % (MAQS¹) 			
	De 1 à 10 varroas	TRAITEMENT <ul style="list-style-type: none"> • Acide formique à 65 % (De 2 à 6 utilisations selon l'ampleur de l'infestation) • Acide formique à 46,7 % (MAQS¹) • Thymol (Thymovar®) • Autres méthodes de lutte intégrée² Si l'infestation est grave, les pesticides de synthèse sont un moyen à envisager (amitraze, fluvalinate, coumaphos)	PRÉVOIR UN TRAITEMENT EN FIN DE SAISON		
	Moins de 1 varroa	AUCUN TRAITEMENT	PRÉVOIR UN TRAITEMENT EN FIN DE SAISON		TRAITEMENT NON ESSENTIEL

La ruche est en danger : intervention nécessaire

Intervention préventive

Situation maîtrisée

MISE EN GARDE : Il est important de rappeler que l'échelle d'intervention précisée ci-dessus a été établie pour des ruches généralement saines où le varroa constitue le seul agent pathogène ou encore le seul facteur de stress connu. Si d'autres facteurs de stress, une maladie ou d'autres éléments indésirables s'ajoutent, les seuils d'intervention doivent être revus à la baisse.

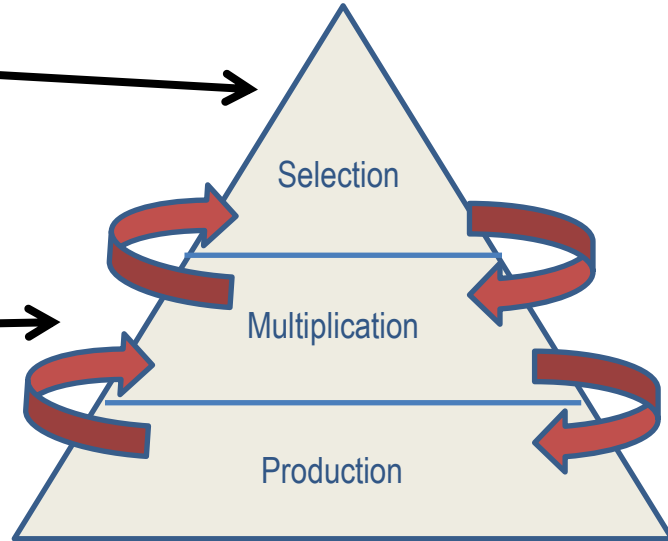
A close-up, macro photograph of a honeycomb. The cells are hexagonal and filled with a golden-brown substance, likely honey or pollen. The lighting is soft, highlighting the texture of the wax and the uniformity of the cells.

Programme intégré de sélection de l'abeille mellifère au Québec

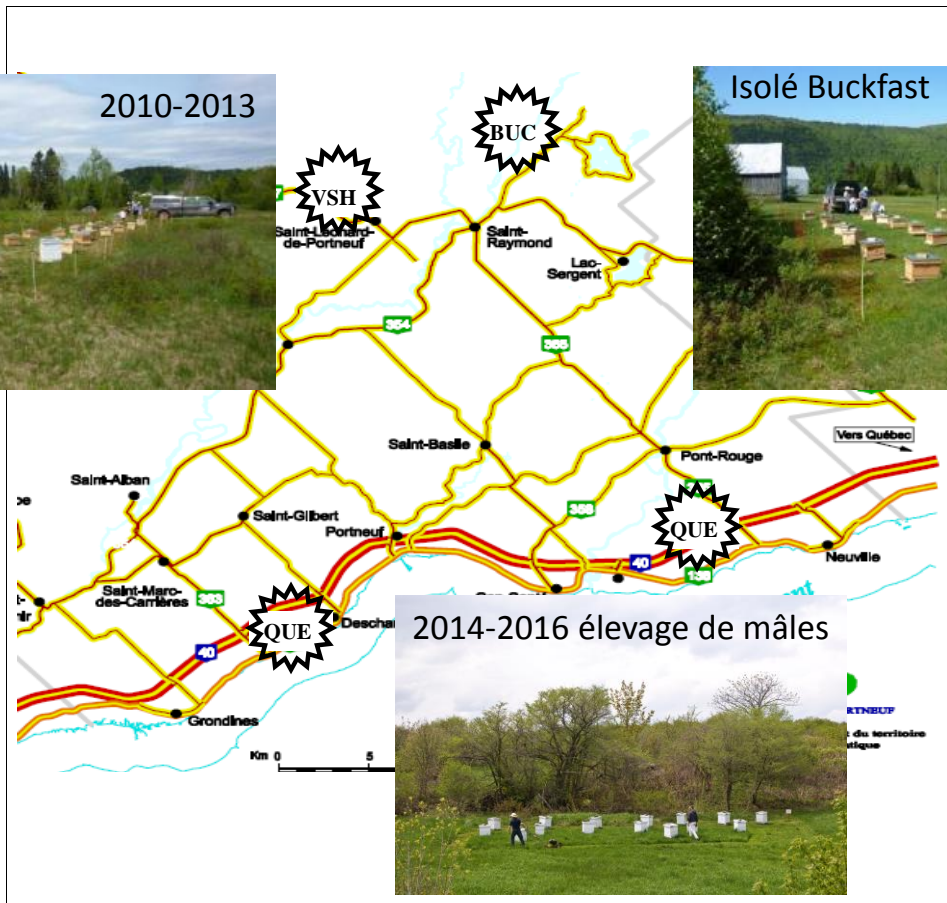
Un pas vers l'autosuffisance en d'abeilles

Objectif

- **Sélection à Long terme**
- **CRSAD**
 - Services d'extension
 - Evaluation du stock, sélection et élevage.
- **Éleveurs de reines**
 - Évaluation
 - Multiplication et distribution du stock amélioré.
- **Apiculteurs**
 - Évaluation



CRSAD Ruchers de fécondation



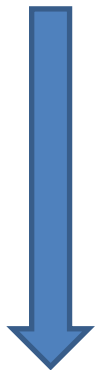
Selection procedure

Priorité des caractères

vs **Index de performance**

Décision et greffage

Mi Juillet = 10 nouvelles lignées F = 100 colonies / année



Hivernage and force au printemps

Comportement hygiénique

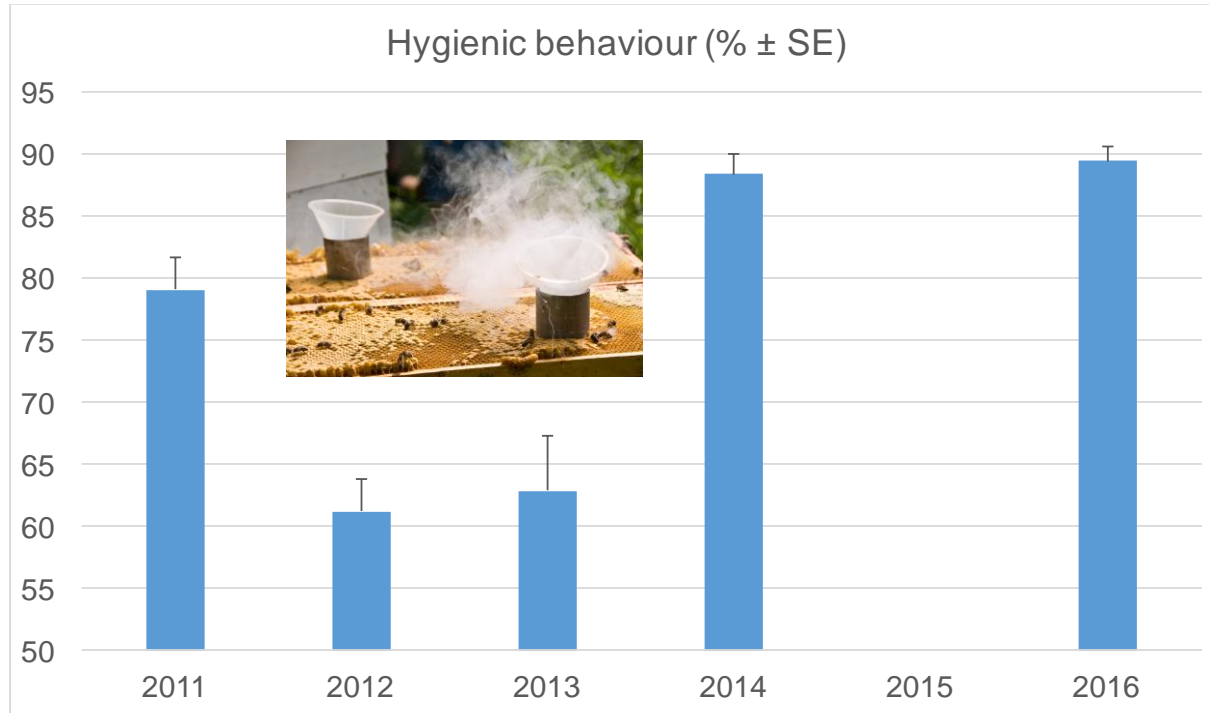
Production de miel

Développement printannier

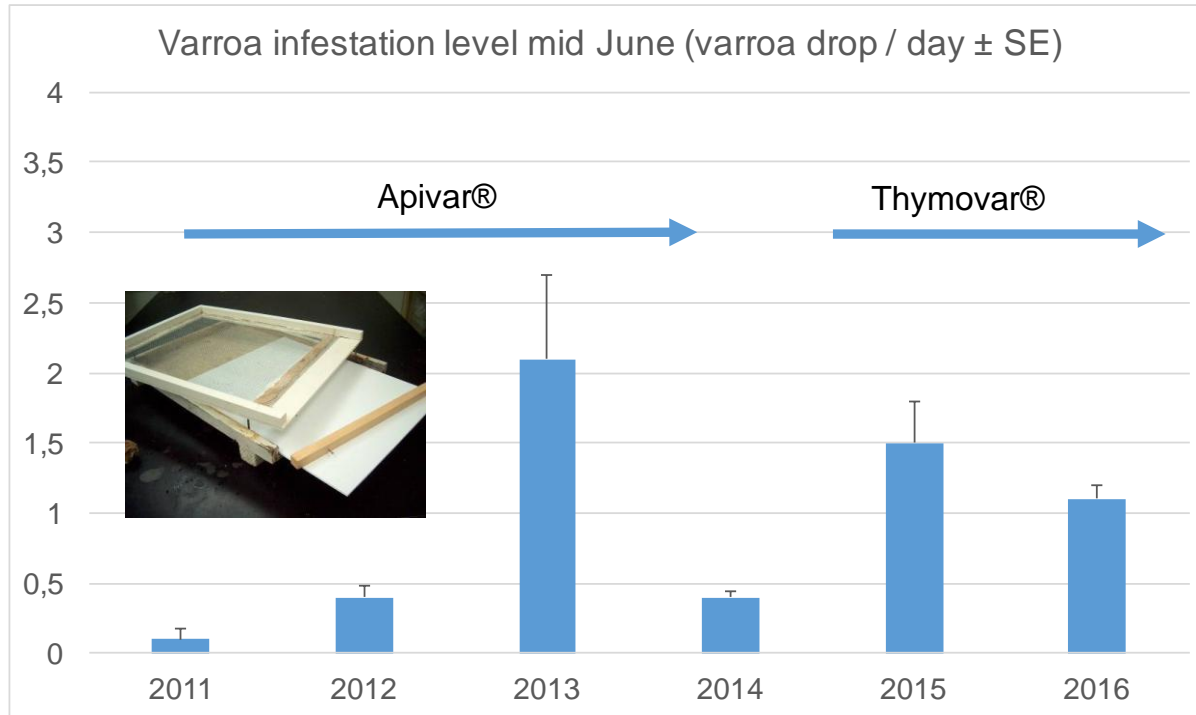
Niveau d'infestation varroase*

Autres critères

Progrès génétique



Progrès génétique



Critère de sélection: Varroa

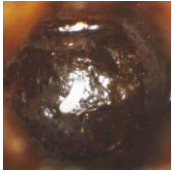
- Selection pour la résistance aux varroas?
 - Comment intégrer ce critère lorsqu'il y a des traitements antivarroas dans le programme de sélection??
 - Maintenir une pression de varroas provoquera des pertes importantes de colonies....
 - **Utiliser le critère « Varroa Sensitive Hygiène » (VSH)**

La relation d'équilibre hôte/parasite

- *Apis cerana/Varroa jacobsoni*
 - Peu pas de reproduction dans le couvain ouvrière
 - « Grooming » et comportement hygiénique
 - « Entombement » du couvain mâle fortement infesté
- *Apis mellifera/Varroa destructor*
 - pas d'équilibre!

Développement de l'ouvrière

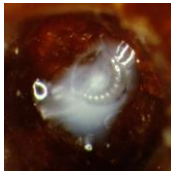
Œufs (3J) →



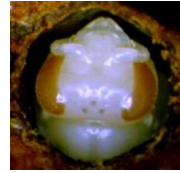
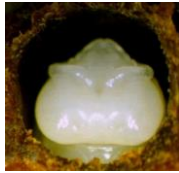
Larves (10J) →



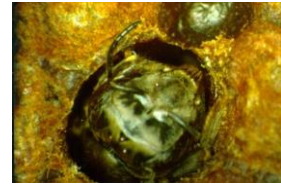
Opeclation J9



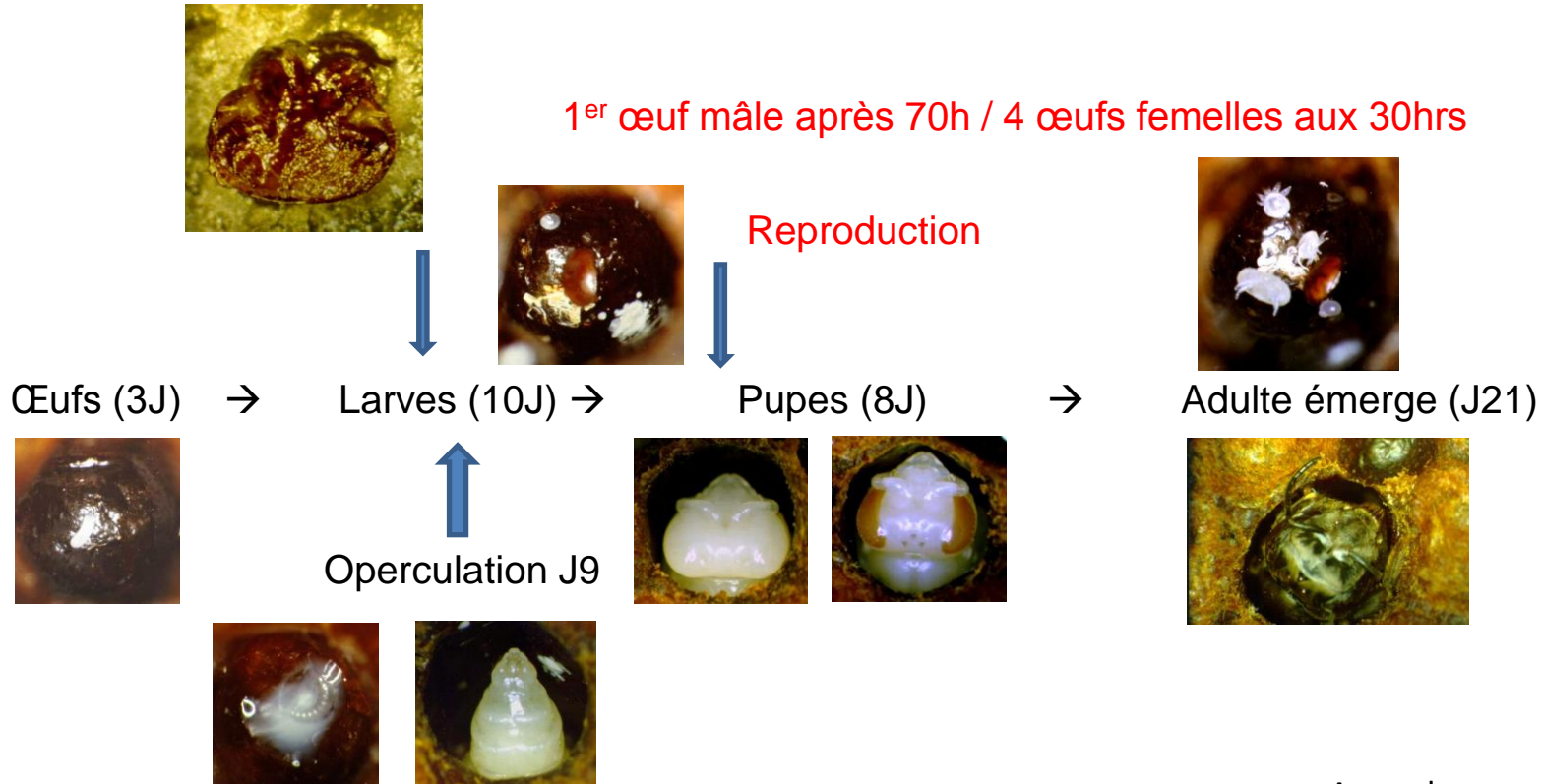
Pupes (8J) →



Adulte émerge (J21)



Reproduction du varroa



Comportement VSH

- USDA Bee Breeding Lab, Bâton Rouge, Louisiane
- Détection du couvain infesté
- Désoperculation de l'alvéole
- Retrait de la pupa infestée et/ou réoperculation de la pupa sans retrait
 - diminution importante des populations de varroas (3x réduction de l'infestation de varraos par les abeilles VSH en 1 semaine; Harris et al. 2012)
 - diminution des traitements acaricides (12% VSH vs 40% Italienne; Ward et al. 2008)
- <https://vimeo.com/37533182>



Comportement VSH

- Rôle des antennes (Mondet et al. 2015)
 - 258 gènes exprimés différemment (détection chimique)
- Manipulation du couvain (Harbo et Harris, 2009)
 - diminue le succès reproducteur du varroa

Comportement VSH

- Après 60 heures, 97 pupes manipulées;
 - 52 désoperculées et operculées à nouveau
 - 39 avec morsures
 - 6 enlevées

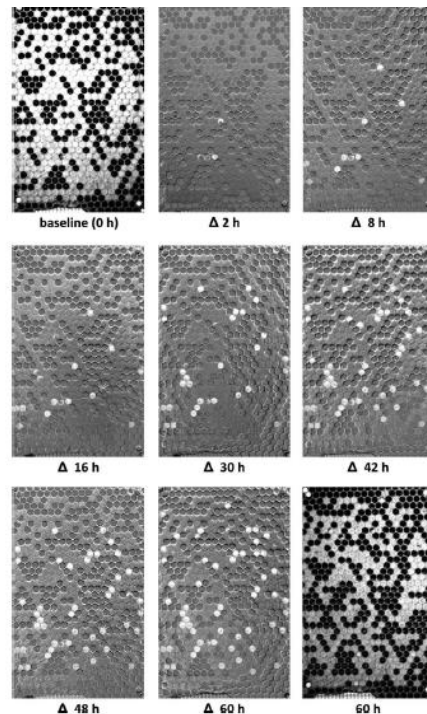


Fig. 1. Photographic series of capped brood that was exposed to VSH bees through 60 h. The brood began in the prepupal stage (\approx 1-2 d postcapping) and ended as pink- or purple-eyed pupae (\approx 4-5 d postcapping). Subtraction of the baseline photograph from the photograph at each interval resulted in an image in which cells that had no change in status between the two images are depicted as neutral gray, but cells that were uncapped are depicted as white. The manipulations of 97 pupal cells were photographed throughout the test: 52 cells were uncapped and recapped, 39 had chewed pupae that were removed by us during microscopic exams, and six had pupae that were removed by the bees.










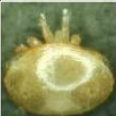
Évaluation du VSH

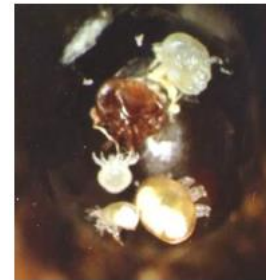
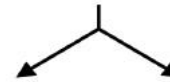
- **Utilisation de colonies donneuses de varroas**
 - évaluation du taux initial de varroa (après operculation)
- **Introduction des cadres dans les colonies à tester**
- **Paramètres à évaluer chez les colonies à tester :**
 - 1) % de retrait du couvain infesté
 - 2) Succès reproducteur du varroa
 - 3) **Taux de réoperculation des cellules (manipulation du couvain)**

Büchler 2014; Danka et Harris 2009; Danka et al. 2011; Dietmann et al. 2013

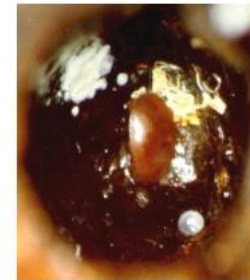
Évaluation VSH

Optimal brood stage: 7 days post capping or later

Days post capping	Brood stage		Eldest offspring in normally reproducing mites	
3		prepupa		Varroa egg
4		pupa, white eyes		first protonymph (male)
5-6		pupa, pink eyes		second protonymph (female)
7-9		pupa, purple eyes		first female deutonymph
10-11		pupa, brown head, black eyes		first adult daughter



adult female with offspring
(= normally reproductive)



adult female mite with progeny
that are too late to mature
(= non reproductive)

Évaluation du VSH

Protocole général:

- **Jour 0** : Insertion de cadres dans des colonies donneuses de varroas (reine en cage)
- **Jour 1** : Libérer la reine
- **Jour 11** : Évaluation du taux d'infestation initial
 - désoperculer 200 cellules et indiquer le nombre de cellules infestées par une seule femelle varroa



Introduction dans les colonies à tester

Évaluation du VSH

Méthode générale :

- **Jour 19 : Évaluation du taux d'infestation final + succès reproducteur du varroa**
- Retirer définitivement les cadres des colonies tests
- Évaluer le taux d'infestation final et les paramètres de succès reproducteur immédiatement ou congeler le cadre pour observation ultérieure



A. Rousseau CRSAD

Évaluation du VSH

Méthode générale

- **Jour 19 : Évaluation du taux d'infestation final + succès reproducteur du varroa**

Minimum de 30 cellules infestées par une seule femelle varroa

Évaluer pour les 30 cellules :

- 1) Fertilité de la femelle (descendance ou non)
- 2) Nombre de descendance
- 3) Stade de développement de la descendance (sexe et stade de développement)

Évaluation du VSH

Varroa non reproductrice : pas de descendance ou développement trop tardif pour produire une fille mature à terme

$$\% \text{ VSH} = \frac{\text{varroas non reproductrices}}{\text{nombre de cellules infestées par une seule femelle}} \times 100$$

Évaluation du VSH

Optionnel : Évaluation de la manipulation du couvain

3) Taux de désoperculation du couvain

Sur les 30 cellules infestées par une femelle fondatrice :

- L'absence partielle ou totale de cocon de soie à l'intérieur de la cellule

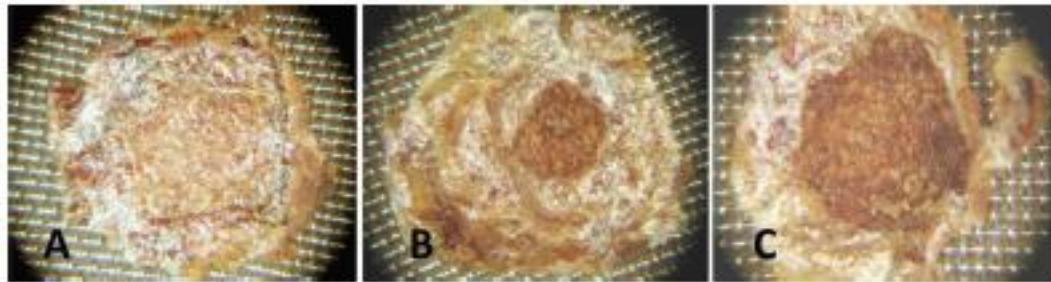


Fig. 1. Underside of different types of cell caps from brood exposed to hygienic colonies of honey bees. The entire surface of normal cell caps (A) is lined with silk that is spun by bee larvae before pupation. Brood cells may be punctured or uncapped by hygienic bees, and the holes can be subsequently recapped with wax that will not be lined with silk. The diameter of repaired holes can vary from relatively small (B) to larger holes nearly the size of the entire brood cell diameter (C). (Online figure in color.)

Évaluation du VSH

- Points à considérer:
 - Reines pondueuses depuis minimum 6 semaines
 - Évaluation des cellules infestées par une seule femelle varroa
 - Utilisation de cadres de couvain provenant de colonies fortement infestées ($\geq 10\%$)

Büchler 2014; Danka et Harris 2009; Danka et al. 2011; Dietmann et al. 2013

Projet CRSAD 2016-2018

- Sélection et production de lignées VSH contrastées (F0) (phénotype fort : $>35\%$ / phénotype faible : $<10\%$; identification marqueurs SNP par génotypage)
- Mesures du niveau de performance du comportement VSH
- (héritabilité aux générations F1, F2 et F3)
- Mesure du niveau de performance du comportement VSH en milieu industriel



45th

APIMONDIA

International Apicultural Congress

İstanbul - TURKEY

September 29-October 4, 2017

Türkiye
İstanbul

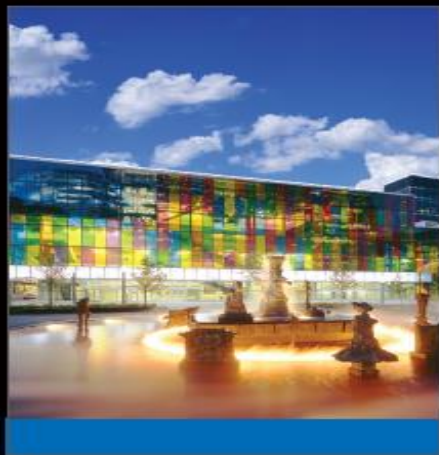
2017

45th Apimondia Congress



*Let's **bee** where the continents meet...*

montréal



46th APIMONDIA
International Apicultural Congress
Montréal, Canada
September 7th to 13th, 2019





Sécolène
Maucourt

Andrée
Rousseau

Georges
Martin

Michael
Benoit

Marilène
Paillard

Émile
Houle

Amélie
Bégin

Martine
Bernier

Alex
Pelletier

12/08/2014