

# **Évaluation des impacts d'un retrait préventif des ruches d'abeilles sur les rendements en cannebergières**

Projet No IA217763



## **RAPPORT FINAL**

### **Durée du projet :**

Avril 2017/Mars 2019

### **Rédigé par :**

- Didier Labarre, CETAQ
- Madeleine Chagnon, CRSAD

28 mars 2019

## Remerciements

**Cultivons l'avenir 2**  
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

**Canada**

**Québec**



Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du Programme Innov'Action, agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada.



Le projet a également bénéficié d'un appui financier de l'association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ).

Nous tenons à remercier les fermes Pampev Inc., Les canneberges DEMCO, atocas St-Joseph, Atocas St-Louis, Atocas Blandford, Les canneberges du Roy et Sakota pour leur implication en temps et en prêt de parcelles nécessaires à la réalisation du projet. Un merci plus particulier va à Michel Vézina (Atocas St-Joseph) pour sa collaboration lors de la sélection des parcelles.

Enfin, nous aimerions également remercier l'équipe technique du CETAQ soit : Pier-Luc Mercier-Provencher, Marie-Josée Duval, Josée Mailloux, Josée Maltais, François Gagné, Karine Gagné, Anthony Beaudoin, Anne-Julie Verreault, Yannick Arel-Rheault et Chloé Mathieu.



---

## Équipe de réalisation :

Club environnemental et technique  
atocas Québec (CETAQ)

Isabelle Drolet  
Didier Labarre

Centre de recherche en santé animale de  
Deschambault (CRSAD)

Madeleine Chagnon

## Point de contact:

Didier Labarre  
Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ)  
859, ancienne route de l'église  
Notre-Dame-de-Lourdes, Québec, Canada  
G0S 1T0

Téléphone : 819-385-4242, poste 2230

Télécopieur : 819-385-4111

Courriel : [dlabarre@cetaq.qc.ca](mailto:dlabarre@cetaq.qc.ca)

## Ce rapport peut être cité comme suit :

Labarre, D., Chagnon, M. et Drolet, I. 2019. Évaluation des impacts d'un retrait préventif des ruches d'abeilles sur les rendements en cannebergières. Rapport final présenté au MAPAQ – Programme Innov'Action. CETAQ. 26 p.

## Table des matières

Introduction .....	- 1 -
Objectifs .....	- 2 -
Objectif principal .....	- 2 -
Sous-objectif .....	- 2 -
Matériel et méthodes .....	- 2 -
Dispositif expérimental .....	- 2 -
Simulation d'un retrait hâtif .....	- 2 -
Retrait réel des ruches .....	- 3 -
Collecte de données .....	- 3 -
Mise à fruit .....	- 3 -
Mise à fruit post-retrait .....	- 3 -
Analyses statistiques .....	- 4 -
Simulation d'un retrait préventif .....	- 4 -
Retrait réel des ruches .....	- 5 -
Mise à fruit post-retrait .....	- 5 -
Résultats .....	- 6 -
Simulation d'un retrait préventif .....	- 6 -
Retrait réel des ruches .....	- 7 -
Mise à fruit post-retrait .....	- 7 -
Simulation .....	- 7 -
Retrait réel .....	- 7 -
Discussion .....	- 7 -
Conclusions .....	- 10 -
Diffusion des résultats .....	- 10 -
Références .....	- 11 -

## Liste des figures

**Figure 1.** Disposition des parcelles expérimentales au sein des champs à l'étude, les carrés rouges représentant les parcelles sous cage d'exclusion et les carrés noirs représentant les parcelles témoins.

**Figure 2.** Cage d'exclusion des abeilles utilisée pour simuler le retrait préventif des ruches.

**Figure 3.** Position des parties florales sur une tige reproductive de canneberge; aux positions 1 et 2, on retrouve des fruits, des fleurs aux positions 3 et 4 et un bouton floral à la position 5.

**Figure 4.** Comparaison entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoin au niveau du nombre de fruits moyen par tige (A), de la masse moyenne des fruits (B) et des rendements (C); les barres d'erreurs représentant les erreurs types.

**Figure 5.** Comparaison entre les sites ayant effectué le retrait préventif des ruches et les parcelles ayant conservé les ruches au niveau du nombre de fruits moyen par tige (A), de la masse moyenne des fruits (B) et des rendements (C); les barres d'erreurs représentant les erreurs types.

**Figure 6.** Comparaison du nombre de pièces florales pollinisées à la suite du retrait des abeilles entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins pour l'essai de simulation de retrait (A) et entre les parcelles ayant effectuées le retrait préventif des ruches et les parcelles ayant conservé les ruches pour les essais de retrait réel de ruches (B); les barres d'erreurs représentant les erreurs types.

## Liste des tableaux

**Tableau 1.** Date d'installation des cages d'exclusion et pourcentage de nouaison à la veille du premier traitement insecticide pour chacun des sites expérimentaux et à chacune des distances par rapport au lot de ruche.

**Tableau 2.** Date de retrait des ruches des sites ayant pratiqué le retrait préventif des ruches et pourcentage de nouaison à chacune des distances par rapport au lot de ruches.

---

## Introduction

Il est généralement reconnu que les insectes sont nécessaires afin d'assurer une pollinisation optimale de la canneberge, *Vaccinium macrocarpon* Aiton (McGregor, 1976; Kevan et al., 1983; Eck, 1990; Brown et McNeil, 2006). Bien que l'autofécondation soit possible (Sarracino et Vorsa, 1991; Cane et Schiffhauer, 2003), cette dernière est peu fréquente en raison de la protandrie de la plante (Cane et Schiffhauer, 2003). Par ailleurs, la pollinisation assurée par les pollinisateurs indigènes serait insuffisante dans un contexte de production commerciale (Evans et Spivak, 2006). Pour cette raison, l'introduction d'insectes pollinisateurs est nécessaire afin de maximiser les rendements. Parmi ceux-ci, l'abeille domestique (*Apis Mellifera* Linnaeus) représente l'option la plus profitable d'un point de vue économique et efficacité pour les producteurs de canneberges (Girard, 2009). Selon Morse et Calderone (2000), l'abeille domestique serait de loin le pollinisateur le plus abondant au sein des cannebergières commerciales. Par ailleurs, Delaplane et al. (2000) ont évalué que cette espèce serait responsable de 30 à 41% de la production de canneberges. Pour cette raison, la location ou l'achat de colonies d'abeilles pour des services pollinisation est pratique courante pour les producteurs de canneberges.

Toutefois, la floraison de la plante, et donc la période d'introduction des colonies d'abeilles, concorde avec la présence en champs des larves de 2<sup>e</sup> génération de la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana* [Hübner]) et les larves de pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii* Riley) (Le Duc et Turcotte, 2004; Drolet et al., 2018). Ces deux espèces sont des ravageurs majeurs de la canneberge au Québec (Landry et al., 2000; Le Duc et Turcotte, 2004; Drolet et al., 2018). À elles seules, la tordeuse des canneberges et la pyrale des atocas peuvent occasionner des pertes de rendements d'environ 40 % et 95 %, respectivement en absence d'intervention phytosanitaire (CETAQ, données non publiées). Afin de lutter contre ces ravageurs et de limiter leurs dommages, des traitements insecticides sont habituellement réalisés à 50% de nouaison.

Dans une optique d'agriculture durable, il serait souhaitable de développer des stratégies préventives visant à minimiser les interactions potentielles entre insecticides et abeilles.

La canneberge cultivée produit généralement entre deux et trois fruits par tige fertile pendant une saison, et ce, même si la tige produit jusqu'à sept fleurs (Eaton et Kyte, 1978; Baumann et Eaton, 1986; Birrenkott et Stang, 1990; Brown et McNeil). Il y a donc un excès de fleurs pour le nombre de fruits produits. Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle un retrait préventif des ruches d'abeilles à 50% de nouaison, soit avant le premier traitement insecticide, ne devrait pas affecter les rendements. Si celle-ci est validée, cette approche pourrait être envisagée en tant que stratégie préventive de protection des colonies d'abeilles domestiques en cannebergières.

---

## Objectifs

### Objectif principal

L'objectif principal du projet est d'évaluer l'effet d'un retrait préventif des ruches d'abeilles à 50% de nouaison sur les rendements et la mise à fruit de la canneberge.

### Sous-objectif

Évaluer l'effet de la technique de retrait hâtif des ruches sur l'achèvement de la pollinisation à trois distances d'éloignement d'un emplacement de lots de ruches.

## Matériel et méthodes

### Dispositif expérimental

#### *Simulation d'un retrait hâtif*

Les essais ont été réalisés au sein de trois cannebergières commerciales en régie conventionnelle (Pampev Inc., Les canneberges DEMCO, Atocas St-Joseph), situées à Manseau (46°22'N 72°00'O), dans la région du Centre-du-Québec. Un champ ayant un lot entre 24 et 48 ruches situé à l'extrémité a été sélectionné au sein de chacun des sites. Trois sections d'environ 0,25 ha (0,6 acre) situées à des distances d'éloignement du lot de ruches de 50 m, 200 m et 400 m ont été utilisées pour l'installation des parcelles. Les différentes distances visaient à représenter un gradient d'abondance des abeilles; 50 m (densité forte), 200 m (densité moyenne) et 400 m (densité faible). Tous les champs étudiés étaient de variété Stevens et ont été implantés il y a au moins 5 ans.

Les essais comprenaient deux traitements, soit : une parcelle sous cage d'exclusion des abeilles (simulation d'un retrait) et une parcelle libre (témoin). Ces deux traitements ont été répétés trois fois au sein de chacune des trois sections, pour un total de neuf parcelles sous cage d'exclusion et 9 parcelles témoins par site (Figure 1).

Pendant la floraison, le pourcentage de floraison et nouaison a été suivi quotidiennement en réalisant 2 arrêts aléatoires par acre au sein de chacun des champs expérimentaux. À chacun de ces arrêts, un décompte de 50 parties florales a été réalisé, celles-ci ont été catégorisées selon son stade de développement (bouton floral, fleur ou fruit), permettant ainsi d'évaluer le taux de nouaison. À environ 50% de nouaison, soit juste avant le premier traitement insecticide, les cages d'exclusions ont été disposées en champs. Les cages utilisées avaient une dimension de 50 x 50 x 45cm, étaient munies d'un grillage avec des mailles de 1cm et un grillage plus fin a été ajouté dans les 20cm du bas afin d'éviter l'entrée des abeilles par la marche (Figure 2). Les parcelles témoins étaient situées à proximité des cages et avaient une dimension de 50 x 50 cm.

Ce dispositif a été mis en place en 2017 et 2018 au sein des trois mêmes sites.



### *Retrait réel des ruches*

En 2018, le retrait préventif des ruches à 50% de nouaison a été réalisé au sein de quelques cannebergières en régie biologiques au Québec. Cette situation a donné l'opportunité de faire une évaluation réelle des rendements et de la mise à fruit au sein de deux cannebergières ayant pratiqué le retrait préventif (Atocas St-Louis et Atocas Blandford), situé à Saint-Louis-de-Blandford (46° 15'N 72° 00'O). Deux cannebergières en régie biologiques (Canneberges du Roy et Sakota), situées à Saint-Rosaire (46° 10'N 72° 02'O) et Notre-Dame-de-Lourdes (46° 19'N 71° 49'O), respectivement, ont également été évaluées et ont été analysées en tant que sites témoins. Les champs sélectionnés au sein de ces fermes présentaient également des lots de 24 à 48 ruches à une extrémité. Dans les sites où le retrait hâtif des ruches avait été pratiqué, des bourdons fébriles (*Bombus impatiens* Cresson) avaient toutefois été introduits sur les cannebergières et ceux-ci sont demeurés tout au long de la saison.

Au sein de chacun de ces sites, trois sections d'environ 0,25 ha (0,6 acre) situées à des distances d'éloignement du lot de ruches de 50 m, 200 m et 400 m ont également été utilisées pour la disposition des parcelles. Trois parcelles ont été placées au sein de chacune de ces sections, pour un total de 9 parcelles par champ.

Pendant la floraison, le pourcentage de floraison et nouaison a également été suivi quotidiennement en réalisant deux arrêts aléatoires par acre au sein de chacun des champs expérimentaux. À chacun de ces arrêts, un décompte de 50 parties florales a été réalisé, celles-ci ont été catégorisées selon son stade de développement (bouton floral, fleur ou fruit), permettant ainsi d'évaluer le taux de nouaison. À environ 50% de nouaison, soit juste avant le premier traitement insecticide, les ruches ont été retirées des deux fermes à Saint-Louis-de-Blandford.

### **Collecte de données**

#### *Mise à fruit*

En fin de saison, 20 tiges portant au moins cinq parties florales ont été récoltées au sein de chacune des parcelles. Ces tiges ont été caractérisées à chacune des positions (détaillées dans la Figure 3) à l'aide d'un classement en trois catégories, soit : fruit mature, fruit avorté ou fleur desséchée. Les fruits matures ont également été pesés. De plus, tous les fruits présents dans un quadra de 1pi<sup>2</sup> ont été récoltés au sein de chacune des parcelles sous cage et témoins. La masse de fruits au sein de ce quadra a été utilisée afin d'extrapoler le rendement à l'acre.

#### *Mise à fruit post-retrait*

En 2018, cinq tiges portant cinq parties florales ont également été marquées et caractérisées au moment de l'installation des cages. Les parties florales de ces tiges ont été classées en trois catégories (bouton floral, fleur, fruit) à l'installation des cages et de nouveau en fin de saison, mais cette fois suivant la classification : fruit mature, fruit avorté et fleur desséchée.

---

## Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées utilisant le logiciel de statistiques R (version 3.5.2; R Core team, 2018). Les résultats ont été considérés significatifs à  $P < 0,05$ .

Toutes les analyses réalisées sont des modèles à effets mixtes. Des effets aléatoires ont été ajoutés aux sites et parcelles pour les analyses sur les tiges et aux sites pour les analyses sur les rendements, permettant ainsi d'éviter la pseudo-réplication. En effet, les tiges échantillonnées au sein d'une parcelle spécifique, d'un site spécifique ne peuvent être considérées comme étant des « vraies » répétitions dans les analyses puisqu'elles ne sont pas entièrement indépendantes. Les analyses à effet mixtes permettent de spécifier au modèle la présence de données nichées et en contrer l'effet.

### *Simulation d'un retrait préventif*

Utilisant les données récoltées grâce à l'échantillonnage des 20 tiges par parcelles, le nombre de fruit moyen par tige a été comparé entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins. Pour se faire, un modèle multivarié généralisé de poisson avec élimination régressive a été réalisé utilisant la fonction *glmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). Le nombre de fruits par tige a été utilisé en tant que variable indépendante alors que le traitement (sous cage d'exclusion ou libre), l'année et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme et de la parcelle en tant que variable dépendante à effet aléatoire. L'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

La masse moyenne des fruits a été comparée entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins grâce à un modèle linéaire multivarié avec élimination régressive utilisant la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). La masse moyenne des fruits par tige a été utilisée en tant que variable indépendante alors que le traitement (sous cage d'exclusion ou libre), l'année et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme et de la parcelle en tant que variable dépendante à effet aléatoire. La normalité a été validée grâce à une analyse visuelle de l'histogramme des fréquences, tandis que l'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

Les rendements ont été comparés entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins grâce à un modèle linéaire multivarié avec élimination régressive utilisant la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). La masse des fruits (extrapolé en livres/acre) a été utilisée en tant que variable indépendante alors que le traitement (sous cage d'exclusion ou libre), l'année et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme en tant que variable dépendante à effet aléatoire. La normalité a été validée grâce à une analyse visuelle de l'histogramme des fréquences, tandis que l'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

---

### *Retrait réel des ruches*

Utilisant les données récoltées grâce à l'échantillonnage des 20 tiges par parcelles, le nombre de fruits moyen par tige a été comparé entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins. Pour ce faire, un modèle multivarié généralisé de poisson avec élimination régressive a été réalisé utilisant la fonction *glmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). Le nombre de fruits par tige a été utilisé en tant que variable indépendante alors que le traitement (retrait ou conservation des ruches) et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme et de la parcelle en tant que variable dépendante à effet aléatoire. L'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

La masse moyenne des fruits a été comparée entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins grâce à un modèle linéaire multivarié avec élimination régressive utilisant la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). La masse moyenne des fruits par tige a subi une transformation (racine carrée) afin de respecter la normalité. Ainsi, la racine carrée de la masse moyenne des fruits par tige a été utilisée en tant que variable indépendante alors que le traitement (retrait ou conservation des ruches) et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme et de la parcelle en tant que variable dépendante à effet aléatoire. L'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

Les rendements ont été comparés entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins grâce à un modèle linéaire multivarié avec élimination régressive utilisant la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). La masse des fruits (extrapolé en livres/acre) a été utilisée en tant que variable indépendante alors que le traitement (retrait ou conservation des ruches) et la distance par rapport au lot de ruche en tant que variables dépendantes à effet fixe et l'identité de la ferme en tant que variable dépendante à effet aléatoire. La normalité a été validée grâce à une analyse visuelle de l'histogramme des fréquences, tandis que l'homoscédasticité a été validée à l'aide d'une analyse visuelle du graphique des résidus en fonctions des valeurs ajustées.

### *Mise à fruit post-retrait*

La mise à fruit des fleurs et crochets à la suite du retrait a été comparée entre les parcelles sous cages et témoins utilisant les tiges marquées et caractérisées au moment du retrait. Dans un second temps, les mêmes analyses ont été réalisées pour comparer la mise à fruit post-retrait entre les fermes ayant effectué un retrait des ruches à 50% de nouaison et celles ayant conservé les ruches pendant toute la floraison. Dans les deux cas, chaque pièce florale a été cotée à l'aide de variables binaires; les fleurs ou crochets ayant produit un fruit ont été codés « 1 » tandis que les fleurs et crochets n'ayant rien produit (fleur séchée et/ou tombée) ont été codés « 0 ». Les pièces florales ayant déjà été pollinisées au retrait (tête d'épingle ou fruit) ont été retirées de la base de données. La comparaison a été réalisée à l'aide d'une régression négative binomiale multiple à effets mixtes avec

élimination régressive. Le nombre de nouvelles pièces florales par tige qui ont été pollinisées à la suite du retrait a été utilisé en tant que variable indépendante, alors que le traitement (sous cage et témoin ou retrait et conservation) et la distance par rapport au lot de ruches en tant que variables dépendantes à effet fixes et les identités de répétition et site en tant que variables dépendantes à effet aléatoire.

## Résultats

En 2017, la moyenne du pourcentage de floraison était de 31,7% à l'arrivée des ruches, alors qu'en 2018 elle était de 58,4%. En 2017, les cages d'exclusions ont été installées en champs le 11 juillet sur les trois sites où les essais de simulation de retrait ont été effectués. La veille de l'installation (moment du premier traitement insecticide), la moyenne de nouaison pour les champs expérimentaux était de 49%. En 2018, les cages d'exclusions ont été installées en champs le 9 juillet pour 2 sites et le 10 juillet pour le troisième. La veille de l'installation (moment du premier traitement insecticide), la moyenne de nouaison pour les champs expérimentaux était de 46% (Tableau 1). La veille du retrait des ruches sur les deux sites ayant pratiqué un retrait réel, le pourcentage de nouaison pour les champs expérimentaux était de 45,75% (Tableau 2).

### Simulation d'un retrait préventif

La régression de poisson à effets mixtes comparant le nombre de fruits par tige a révélé un nombre moyen de fruits par tige plus faible au sein des parcelles sous cages ( $\mu = 2,15$ ) que dans les parcelles témoins ( $\mu = 2,47$ ;  $z = 5,013$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 4a). Elle a également révélé un nombre moyen de fruits par tige plus élevé en 2017 ( $\mu = 2,43$ ) qu'en 2018 ( $\mu = 2,20$ ;  $z = 3,376$ ;  $P < 0,05$ ). La distance par rapport au lot de ruches ne s'est pas révélée comme ayant un effet significatif ( $z = 0,658$ ;  $P = 0,51$ ) et a donc été retirée du modèle final.

La régression linéaire à effets mixtes comparant la masse moyenne des fruits par tige a révélé une masse moyenne des fruits plus faibles au sein des parcelles sous cages ( $\mu = 1,68\text{g}$ ) que dans les parcelles témoins ( $\mu = 1,72\text{g}$ ;  $t = 2,537$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 4b). Elle a également révélé une masse moyenne des fruits plus faible en 2017 ( $\mu = 1,61$ ) qu'en 2018 ( $\mu = 1,78$ ;  $t = 10,702$ ;  $P < 0,05$ ). La distance par rapport au lot de ruches ne s'est pas révélée comme ayant un effet significatif ( $t = -0,913$ ;  $P = 0,36$ ) et a donc été retirée du modèle final.

La régression linéaire à effets mixtes comparant les rendements (extrapolés en livres/acre) a révélé un rendement plus faible pour les parcelles sous cages ( $\mu = 32\,734,35$  livres/acre) que pour les parcelles témoins ( $\mu = 35\,550,23$  livres/acre;  $t = 2,036$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 4c). La distance par rapport au lot ruches de ( $t = -0,199$ ;  $P = 0,84$ ) et l'année ( $t = -0,409$ ;  $P = 0,68$ ; Figure 4c) ne se sont pas révélés comme ayant un effet significatif sur les rendements et ont donc été retirés du modèle final.

## **Retrait réel des ruches**

La régression de poisson à effets mixtes comparant le nombre de fruits par tige a révélé un nombre moyen de fruits par tige plus élevée au sein des sites ayant pratiqués le retrait préventif des ruches ( $\mu = 2,32$ ) que dans les sites ayant conservé les ruches ( $\mu = 1,87$ ;  $z = 3,995$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 5a). La distance par rapport au lot de ruches ne s'est pas révélée comme ayant un effet significatif ( $z = -1,558$ ;  $P = 0,12$ ) et a donc été retirée du modèle final.

La régression linéaire à effets mixtes comparant la masse moyenne des fruits par tige (ayant subi transformation racine carrée) a révélé une masse moyenne des fruits plus faible au des sites ayant pratiqués le retrait préventif des ruches ( $\mu = 1,54g$ ) que dans les parcelles témoins ( $\mu = 1,83g$ ;  $t = 2,528$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 5b). La distance par rapport au lot de ruches ne s'est pas révélée comme ayant un effet significatif ( $t = -1,635$ ;  $P = 0,10$ ) et a donc été retirée du modèle final.

La régression linéaire à effets mixtes comparant les rendements (extrapolés en livres/acre) a révélé aucun effet du retrait préventif des ruches sur le rendement ( $t = 2,034$ ;  $P = 0,18$ ; Figure 5c). L'analyse n'a également révélé aucun effet de la distance par rapport au lot de ruche sur les rendements ( $t = 0,356$ ;  $P = 0,72$ ).

## **Mise à fruit post-retrait**

### *Simulation*

La régression négative binomiale à effets mixtes a révélé un nombre de fruits par tige formée à la suite de la simulation de retrait plus faible au sein des parcelles sous cage d'exclusion ( $\mu = 0,53$ ) que dans les sites témoins ( $\mu = 0,78$ ;  $z = 2,166$ ;  $P < 0,05$ ; Figure 6a). La distance par rapport au lot de ruches ne s'est pas révélée comme ayant un effet significatif ( $z = 0,151$ ;  $P = 0,88$ ) et a donc été retirée du modèle final.

### *Retrait réel*

La régression négative binomiale à effets mixtes n'a pas révélé de différence au niveau du nombre de fruits par tige formés à la suite du retrait entre les sites l'ayant pratiquée et les sites ayant gardé les ruches ( $z = 0,194$ ;  $P < 0,85$ ; Figure 6b). L'analyse n'a également révélé aucun effet de la distance par rapport au lot de ruche sur la formation de fruits ( $t = -1,487$ ;  $P = 0,14$ ).

## **Discussion**

La mise à fruit et les rendements de la canneberge ont souvent été étudiés en situation d'exclusion complète des insectes pollinisateurs (Filmer et al., 1958; Cane et Schiffhauer, 2003; Brown et McNeil, 2006; Evans et Spivak, 2006; Girard, 2009). À notre connaissance, il s'agit des premiers essais mettant à l'essai un retrait partiel à la moitié de la nouaison des colonies d'abeilles en cannebergières.



Nos résultats suggèrent une relation complexe entre la mise à fruit, les rendements et la pollinisation. La contradiction entre les résultats d'une simulation d'un retrait et d'un retrait réel suggère que, bien que le nombre de fleurs produites par la plante soit supérieur au nombre de fruits se rendant à maturité, il est faux de croire que la totalité de la pollinisation effective soit réalisée à l'atteinte du 50% de nouaison.

La simulation du retrait préventif à 50% a montré une diminution dans le nombre de fruits produits par tige, la masse moyenne de ceux-ci et dans les rendements (Figure 4). La diminution du nombre de fruits par tige suggère qu'il y a eu un gain au niveau de la mise à fruit à la suite du retrait; il y aurait donc des fleurs non pollinisées à 50% de nouaison qui donneront des fruits matures. Par ailleurs, la diminution de la masse moyenne des fruits des tiges sous cage d'exclusion peut également s'expliquer par un déficit en pollinisation. En effet, il a été montré précédemment que la masse des canneberges est liée au nombre d'ovules fécondés (Sarracino et Vorsa, 1991; Cane et Schiffhauer, 2003; Girard, 2009). Les ovules fécondés seraient responsables de la production d'auxines, une hormone végétale stimulant la croissance des fruits (Nitsch, 1950). La diminution dans la masse et le nombre de fruits devrait entraîner une diminution des rendements, comme le montrent nos résultats.

Nos résultats suggèrent également une production d'un plus grand nombre de fruits par tige en 2017 qu'en 2018, mais que ces fruits seraient d'une masse inférieure en 2017 qu'en 2018. Selon Brown et McNeil (2006), la diminution en nombre de graines, et donc en masse, serait attribuable à une stratégie d'optimisation d'allocation des ressources. Toutefois, Girard (2009) a montré qu'il n'y avait pas de relation entre le nombre moyen de fruits par tige et la masse moyenne de ces derniers. Il suggère plutôt une stratégie évolutive d'optimisation de l'effort reproductif par une limitation du nombre de fruits par tige. Ainsi, en présence d'un faible nombre d'ovules fécondés chez les fruits des rangs inférieurs, il pourrait y avoir, en présence d'une pollinisation adéquate, production de plus de fruits au niveau des rangs supérieurs (Girard, 2009). Cette théorie pourrait expliquer la variation dans le nombre et la masse des fruits entre les deux années de l'étude. En effet, en 2017 les conditions météorologiques étaient très peu favorables au moment de la pollinisation. Des pluies plus fréquentes auraient pu diminuer l'efficacité des abeilles domestiques, qui sont les principaux pollinisateurs en cannebergières, à court terme, entraînant un nombre plus faible d'ovules fécondés au sein des fleurs des rangs inférieurs. Ainsi, toujours selon cette théorie, la plante aurait pu produire plus de fruits matures par tige. Inversement, en 2018, la période de pollinisation a été caractérisée par de très belles conditions météorologiques, favorisant ainsi une pollinisation efficace des fleurs des rangs inférieurs et diminuant compromettant ainsi la production d'un plus grand nombre de fruits. Il est à noter que les régimes de fertilisation et irrigation peuvent avoir variés entre les deux années d'étude et avoir affecté ce résultat, mais ayant conservé les mêmes sites pour les deux années et ayant subi peu de différences dans les méthodes de gestion, il est possible de croire que l'effet de ces facteurs a été réduit au maximum. Il n'en demeure pas moins que les facteurs météorologiques peuvent avoir influencé ces résultats de façon directe, et donc d'outre mesure que par leur influence sur la

pollinisation. Cependant, dans les deux scénarios annuels, les rendements ne semblent pas avoir été affectés.

Bien que les résultats de la simulation d'un retrait préventif utilisant des cages d'exclusion semblent révélés un effet négatif de la pratique sur la mise à fruit et les rendements, l'évaluation au sein des sites ayant réalisés un retrait préventif réel en 2018 présentent un portait différent. En effet, le nombre de fruits par tige est plus élevé sur les sites ayant pratiqué le retrait préventif des ruches, mais la masse moyenne des fruits par tige est inférieure (Figure 5). Par ailleurs, il ne semble pas y avoir de différence au niveau des rendements entre les deux pratiques (Figure 5c). Une réflexion similaire à celle effectuée précédemment peut difficilement être réalisée dans le cas des essais de retrait réel puisque les parcelles traitées et témoins se situent sur des fermes complètement différentes. Les régies de fertilisation, irrigation, qualité du drainage, paramètres du sol, rendements potentiels et de pureté génétique du cultivar étant différentes, il est difficile d'expliquer ces différences par la pollinisation. Il est toutefois pertinent de noter que les fermes ayant pratiqué le retrait préventif des ruches d'abeilles ne semblent pas avoir été pénalisées au niveau des rendements de façon relative par rapport aux fermes ayant conservé les ruches (Figure 5c).

Le suivi de la mise à fruit post retrait en 2018 a été réalisé afin de cibler plus efficacement les différences au niveau de la pollinisation à cette période d'intérêt. Ces résultats montrent qu'il y a eu une différence au niveau du nombre de fleurs pollinisées entre les parcelles sous cages d'exclusions et les parcelles témoins dans les essais de simulation de retrait (Figure 6a). Toutefois, cette différence n'a pas été notée entre les sites ayant pratiqué le retrait préventif des ruches et les sites ayant conservé les ruches dans le cas des essais de retrait réel des ruches (Figure 6b). Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus au niveau des analyses de nombre de fruits et de rendements. Ils suggèrent également qu'il reste certains gains en termes de nombre de fruits à obtenir à la suite de l'atteinte du 50% de nouaison. Dans les cas des cages d'exclusions, il semblerait que la pollinisation ait été empêchée, ou du moins significativement réduite à la suite de leur installation. Toutefois, il semblerait que la pollinisation à la suite du retrait préventif chez deux sites l'ayant pratiqué ait pu être complétée; ce qui suggère que les bourdons fébriles et pollinisateurs indigènes présents sur la ferme aient procuré un service de pollinisation adéquat à cette période. Cependant, il est important de noter que ces deux sites sont situés à proximité d'autres cannebergières qui n'ont pas effectué de retrait préventif, les individus de ces colonies auraient pu venir visiter les cannebergières étudiées. Les sites ayant pratiqué le retrait préventif ont également réalisé des aménagements pour favoriser la biodiversité, tels que des bandes fleuries, sur la ferme au cours des dernières années. Il est impossible de discerner l'effet des bordons fébriles introduits, des abeilles domestiques des fermes environnantes et des pollinisateurs indigènes, mais il semblerait qu'en présence de tous ces facteurs, la mise à fruit et les rendements n'aient pas été affectés sur les fermes ayant pratiqués le retrait préventif des ruches.

Dans toutes les analyses, la distance par rapport au lot de ruche ne semble pas avoir eu d'effet sur aucun des facteurs étudiés. Cette variable fut utilisée afin de représenter un gradient d'abondance des abeilles en champs. Il était cependant prévu de disposer les différentes zones à des distances plus élevées; ce qui n'a pu être réalisé en raison de présence d'autres lots de ruches à proximité sur les fermes. Il est donc possible de croire qu'en raison de ces distances réduites, les zones ne représentaient pas un gradient réel d'abondance des abeilles.

## **Conclusions**

Ce projet représente une première tentative d'évaluation des effets d'un retrait préventif des ruches d'abeilles à 50% de nouaison. Nos essais suggèrent un résultat différent au niveau de la mise à fruit et des rendements entre une simulation de retrait utilisant des cages d'exclusions et un retrait réel des ruches. Ces résultats suggèrent qu'à 50% de nouaison, la pollinisation n'est pas encore entièrement achevée et qu'il reste un certain gain en termes de nombre de fruits à obtenir. Il est donc possible de croire qu'une exclusion complète des pollinisateurs à cette période aurait un impact négatif sur les rendements. Toutefois, il semblerait que la pollinisation qui subvient à la suite de l'atteint de ce seuil en présence de bourdons fébriles peut être effectuée même si les ruches sont retirées de la ferme. La présence de ruches sur des fermes à proximité et de pollinisateurs indigènes peut également avoir contribué à cette pollinisation. Il serait donc judicieux d'envisager l'introduction de bourdons fébriles et l'aménagement de bandes fleuries afin de s'assurer de la complétion de la pollinisation dans l'éventualité où un retrait préventif des ruches d'abeilles serait réalisé en cannebergières. Il est toutefois important de noter que ces résultats ne s'appuient que sur une seule année d'échantillonnage et une seconde année serait nécessaire afin de confirmer ce phénomène. Par ailleurs, cette stratégie de protection des abeilles est envisageable uniquement pour les fermes ayant des cultivars dont la phénologie est synchronisée. Le 50% de nouaison est généralement atteint une semaine plus tôt pour les cultivars hâtifs. Il serait donc plus risqué d'effectuer un retrait à ce moment puisque les autres champs présenteraient un pourcentage de nouaison plus bas.

## **Diffusion des résultats**

Les résultats du projet ont été présentés lors du congrès nord-américain de la canneberge de l'Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ) à Québec le 26 mars 2019. Ce rapport se retrouvera également sur le site internet de l'APCQ et sur Agri-Réseau.

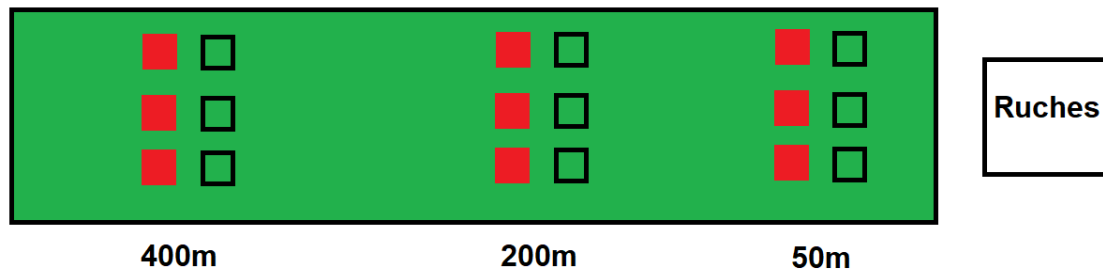


---

## Références

- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. et Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Baumann, T. E., et Eaton, G. W. (1986). Competition among berries on the cranberry upright. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*.
- Birrenkott, B. A., & Stang, E. J. (1990). Selective flower removal increases cranberry fruit set. *HortScience*, 25(10), 1226-1228.
- Brown, A. O., et McNeil, J. N. (2006). Fruit production in cranberry (Ericaceae: *Vaccinium macrocarpon*): a bet-hedging strategy to optimize reproductive effort. *American Journal of Botany*, 93(6), 910-916.
- Cane, J. H., et Schiffhauer, D. (2003). Dose-response relationships between pollination and fruiting refine pollinator comparisons for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* [Ericaceae]). *American Journal of Botany*, 90(10), 1425-1432.
- Delaplane, K. S., Mayer, D. R., et Mayer, D. F. (2000). *Crop pollination by bees*. Cabi.
- Drolet, I., Landry, J-F. et Moisan-De Serres, J. (2018). *Insectes ravageurs de la canneberge*. Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ) et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec, Québec, 202 p.
- Eaton, G. W., et Kyte, T. R. (1978). Yield component analysis in the cranberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.
- Eck, P. (1990). *The american cranberry*. Rutgers University Press, New Brunswick, NJ, 420p.
- Evans, E. C., et Spivak, M. (2006). Effects of honey bee (Hymenoptera: Apidae) and bumble bee (Hymenoptera: Apidae) presence on cranberry (Ericales: Ericaceae) pollination. *Journal of economic entomology*, 99(3), 614-620.
- Filmer, R. S., Marucci, P., & Moulter, H. (1958). Seed counts and size of cranberries. *Proceedings of the American Cranberry Grower's Association*, 88, 22-30.
- Girard, M. (2009). *La pollinisation de la canneberge par trois pollinisateurs: l'abeille domestique, le bourdon fébrile et la mégachile de la luzerne*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, 67p.
- Kevan, P. G., Gadawski, R. M., Kevan, S. D., et Gadawski, S. E. (1983). Pollination of cranberries, *Vaccinium macrocarpon*, on cultivated marshes in Ontario. *In Proceedings of the Entomological Society of Ontario (Vol. 114, pp. 45-53)*.

- Landry, J.-F., Roy, M. et Turcotte, C. (2000). Cranberry Pests of Quebec – an Identification Guide. Club d'encadrement technique Atocas Québec, Notre-Dame-de-Lourdes, Québec, 188 p.
- Le Duc, I. et Turcotte, C. (2004). Manuel de lutte intégrée de la canneberge de l'Est canadien. Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ), Notre-Dame-De-Lourdes, Québec, 148 p.
- McGregor, S. E. (1976). Insect pollination of cultivated crop plants (Vol. 496). Washington, DC: Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Morse, R. A., et Calderone, N. W. (2000). The value of honey bees as pollinators of US crops in 2000. *Bee culture*, 128(3), 1-15.
- Nitsch, J. P. (1950). Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, 37(3), 211-215.
- R Development Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Sarracino, J. M., et Vorsa, N. (1991). Self and cross fertility in cranberry. *Euphytica*, 58(2), 129-136.



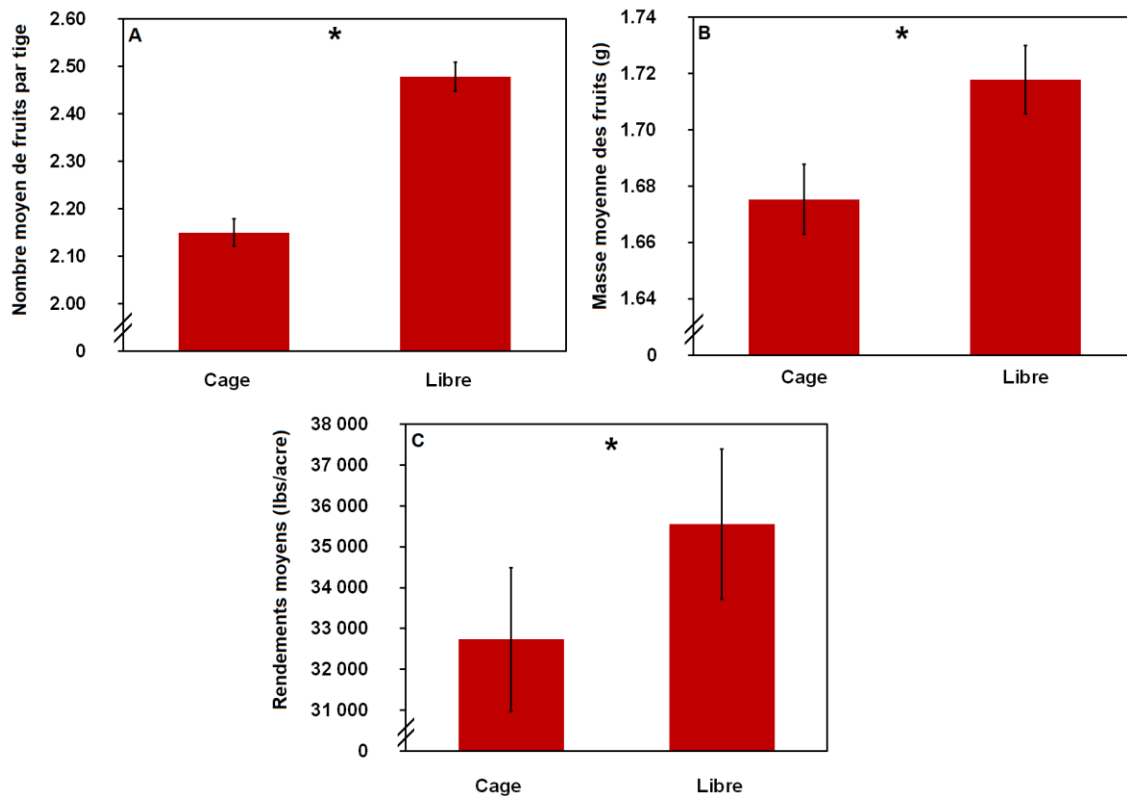
**Figure 1.** Disposition des parcelles expérimentales au sein des champs à l'étude, les carrés rouges représentant les parcelles sous cage d'exclusion et les carrés noirs représentant les parcelles témoins.



**Figure 2.** Cage d'exclusion des abeilles utilisée pour simuler le retrait préventif des ruches.

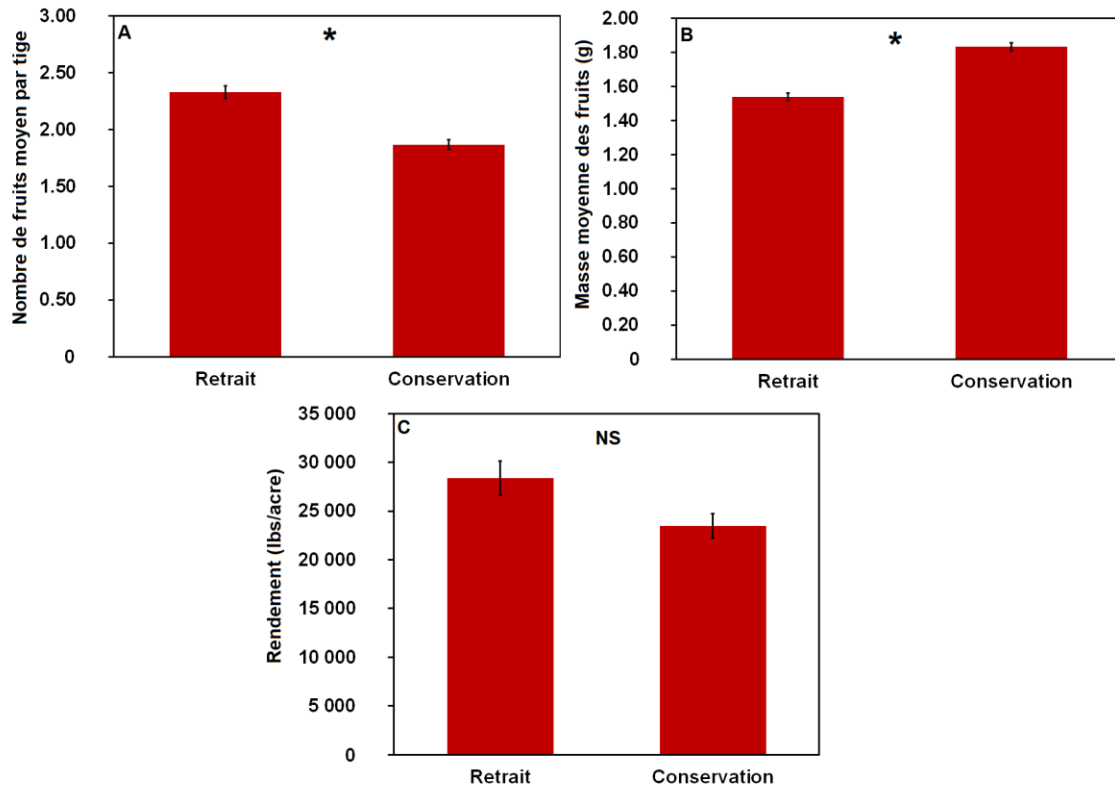


**Figure 3.** Position des parties florales sur une tige reproductive de canneberge; aux positions 1 et 2, on retrouve des fruits, des fleurs aux positions 3 et 4 et un bouton floral à la position 5.

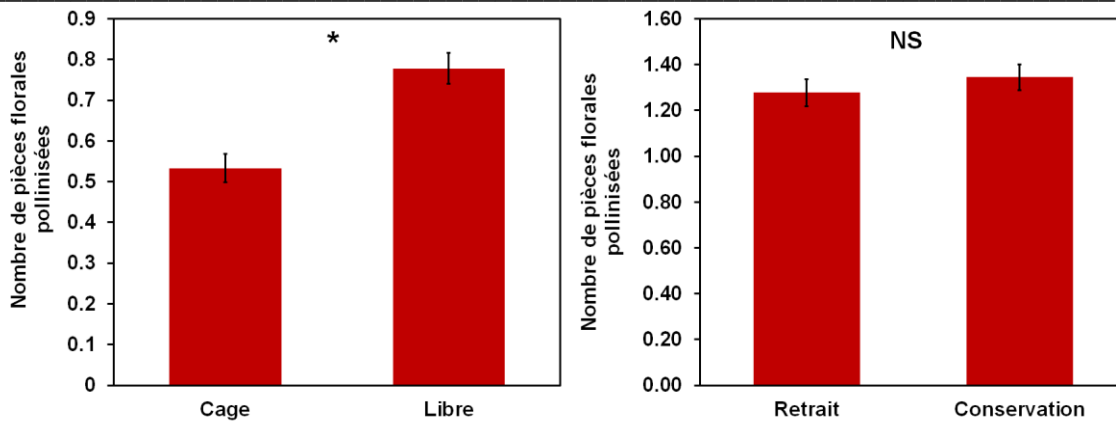


**Figure 4.** Comparaison entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoin au niveau du nombre de fruits moyen par tige (A), de la masse moyenne des fruits (B) et des rendements (C); les barres d'erreurs représentant les erreurs types. \*  $P < 0,05$





**Figure 5.** Comparaison entre les parcelles ayant effectué le retrait préventif des ruches et les parcelles ayant conservé les ruches, au niveau du nombre de fruits moyen par tige (A), de la masse moyenne des fruits (B) et des rendements (C); les barres d'erreurs représentant les erreurs types. \*  $P < 0,05$



**Figure 6.** Comparaison du nombre de pièces florales pollinisées à la suite du retrait des abeilles entre les parcelles sous cage d'exclusion et les parcelles témoins pour l'essai de simulation de retrait (A) et entre les parcelles ayant effectuées le retrait préventif des ruches et les parcelles ayant conservé les ruches pour les essais de retrait réel de ruches (B); les barres d'erreurs représentant les erreurs types. \*  $P < 0,05$



**Tableau 1.** Date d'installation des cages d'exclusion et pourcentage de nouaison à la veille du premier traitement insecticide pour chacun des sites expérimentaux et à chacune des distances par rapport au lot de ruche.

Année	Ferme	Date d'installation des cages d'exclusion	Distance (m)	Nouaison (%)
2017	Pampev	11-juil	50	59,3
			200	38,0
			400	54,0
	DEMCO	11-juil	50	42,7
			200	44,7
			400	58,0
	Atocas St- Joseph	11-juil	50	38,0
			200	39,3
			400	67,3
<b>Total</b>				<b>49,0</b>
2018	Pampev	09-juil	50	37,3
			200	40,6
			400	42,0
	DEMCO	09-juil	50	49,3
			200	47,3
			400	36,0
	Atocas St- Joseph	10-juil	50	59,3
			200	57,3
			400	44,6
<b>Total</b>				<b>46,0</b>

**Tableau 2.** Date de retrait des ruches des sites ayant pratiqué le retrait préventif des ruches et pourcentage de nouaison à chacune des distances par rapport au lot de ruches.

<b>Année</b>	<b>Ferme</b>	<b>Date de retrait des ruches</b>	<b>Distance (m)</b>	<b>Nouaison (%)</b>
2018	Atocas St-Louis	11-juil	50	37,3
			200	33,3
			400	40,0
	Atocas Blandford	11-juil	50	56,0
			200	62,6
			400	45,3
<b>Total</b>				<b>45,75</b>