

# PCAA

## Programme canadien d'adaptation agricole

### ***Rapport final***

Phytoprotection dans les cannebergières et protection des abeilles (*Apis mellifera*)

Projet no. 6475

La Fédération des apiculteurs du Québec  
et  
Le Centre de recherche en sciences animales de Deschambault

mai 2010 – novembre 2013

Rédigé par  
**Madeleine Chagnon. Ph.D.**  
Chargée de projet

Jean-Pierre Deland, CETAQ  
et  
Joseph Bertrand Desrouillères, CETAQ  
(partie sur la dérive)

28 novembre 2013  
Date de dépôt du rapport final

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) s'est engagé à travailler avec des partenaires de l'industrie. Les opinions exprimées dans le présent document sont celles du demandeur et ne sont pas nécessairement partagées par AAC et le CDAQ.

*Le rapport final, transmis au CDAQ en version papier et Word, doit inclure :*

- les biens livrables décrits à l'annexe C de la convention de contribution financière;*
- les pièces justificatives, numérotées et inscrites dans le document Plan de financement et conciliation des dépenses;*
- les copies des documents de diffusion produits faisant mention de la contribution du PCAA selon les règles de visibilité du programme.*

# Table des matières

<b>1. Objectifs</b>	<b>8</b>
1.1 Objectif Général	8
1.2 Objectifs Spécifiques	8
<b>2. Résultats et analyse</b>	<b>9</b>
2.1. Activités réalisées en fonction des biens livrables listés à l'Annexe C	9
2.1.1 Phase 1 - Volet I : Clarifier les circonstances entraînant des mortalités massives d'abeilles dans la canneberge.	10
2.1.2 : Volet II : Tester différentes méthodes d'utilisation des pesticides dans la canneberge qui seraient plus sécuritaires pour les abeilles.	13
PYRALE DE L'ATOCAS	29
2.1.3 Volet III : Tester les nouveaux insecticides homologués sur les abeilles	30
2.1.4 Phase 2 (ajout au projet en 2013) : Dérive	40
2.2 Changements à la réalisation du projet par rapport à ce qui avait été prévu	56
2.3 Sommaire des résultats obtenus	57
<b>3. Diffusion des résultats</b>	<b>58</b>
<b>4. Conclusion</b>	<b>60</b>
<b>5. SOMMAIRE DES ACCOMPLISSEMENTS DU PROJET</b>	<b>61</b>
<b>5. Plan de financement et conciliation des dépenses</b>	<b>62</b>

---

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Consommation du sirop par les abeilles selon les doses de Spinosad (Spi) et Diazinon (Dia).	14
Tableau 2: Nombre d'abeilles mortes suite à l'ingestion d'une dose d'Entrust (Spinosad) dans une solution sucrée.....	15
Tableau 3 : Nombre d'abeilles mortes suite à l'ingestion d'une dose de Diazinon dans une solution sucrée.....	15
Tableau 4 : Évaluation des abeilles dans les nucléi avant et après les traitements.....	22
Tableau 5 : Évaluation du couvain dans les nucléi avant et après les traitements.....	22
Tableau 6 : Résultats des dommages aux fruits selon les traitements et selon les ravageurs. ....	27
Tableau 7 : Liste des nouveaux produits homologués ou en voie d'être homologués qui ont été testés en champ sur les abeilles, leur usage et leur période d'application.....	31
Tableau 7 (suite) : Liste des nouveaux produits homologués ou en voie d'être homologués qui ont été testés en champ sur les abeilles, leur usage et leur période d'application. ....	32
Tableau 8 : Conditions météorologiques au moment des applications de colorant. Jour 1 : 19/08/2013....	42
Tableau 9 : Conditions météorologiques au moment des applications de colorant. Jour 2 : 20/08/2013 ...	43
Tableau 10 : Résumé des conditions météorologiques (Vitesse du vent et température) durant les traitements du jour 1 (19-08-2013) et jour 2 (20-08-2013).....	45
Tableau 11 : Valeur du <i>P</i> -value pour le test de comparaison des moyennes pour le pourcentage de recouvrement de la dérive selon les distances, dans la position H, sous le vent, tous les traitements confondus (test <i>t</i> de Student pour chaque paire). ....	47
Tableau 12 : Comparaison des moyennes pour le pourcentage de recouvrement selon les traitements, toutes positions confondues.....	49

---

## Liste des figures

---

Figure 1 : Exemple d'une observation : Plan de la disposition de ruches dans une cannebergière et suivi des mortalités d'abeilles le lendemain d'un traitement au Diazinon (2011). .....	12
Figure 2: Cage en plexiglas pour tests toxicologiques conçue et construite dans le cadre du projet. ....	17
Figure 3 : Pourcentages d'abeilles mortes et malades après 24 heures d'exposition par contact. (40 abeilles par cage). .....	18
Figure 4 : Pourcentages d'abeilles mortes et malades après 72 heures d'exposition par contact. (40 abeilles par cage) .....	18
Figure 5 : Tentes abris pour tests en condition semi-cagée .....	21
Figure 6 : Introduction de nucléi d'abeilles pour vérifier l'impact des traitements et installation d'un morceau de mousseline devant les ruchettes pour récolter les abeilles mortes. ....	21
Figure 7: Impact des traitements sur la mortalité dans les cages.....	23
Figure 8: Effet répulsif des traitements sur les butineuses. Observation: 10 minutes – 2,5 m <sup>2</sup> (1/8 de la cage) .....	23
Figure 9: Installation de bâches pour couvrir quatre sous-parcelles et l'emplacement de la tente abri (bâche plus grosse) dans une parcelle témoin lors des traitements. Ces bâches ont été retirées suite à l'application d'Entrust par le producteur.....	27
Figure 10 : Évaluation des dommages de la Tordeuse des canneberges ( <i>Rhopobota naevana</i> ) selon les traitements, sur le pourcentage du nombre de fruits et le pourcentage du poids des fruits attaqués. ....	28
Figure 11: Évaluation des dommages de la pyrale des atocas ( <i>Acrobasis vaccinii</i> ) selon les traitements, sur le pourcentage du nombre de fruits et le pourcentage du poids des fruits attaqués.....	29
Figure 12 : Période recommandée pour l'application d'un insecticide selon le stade floral de la canneberge.....	33
Figure 13 : Dispositif expérimental servant à évaluer la toxicité et l'effet répulsif des pesticides à l'étude pour l'abeille domestique (2011).....	34
Figure 14 : Transport des mini ruches la nuit (Nucléi) (Ruches à 5 cadres) .....	34
Figure 15 : Installation des tentes abris sur les parcelles tôt le matin, avant le début du butinage .....	35
Figure 16 : Observations comportementales : a) Vérification du nombre d'abeilles qui boivent de l'eau b) Observation du comportement d'agrégation sur le plafond de la tente-abri. ....	35
Figure 17 : Observation sur l'effet répulsif des pesticides testés. Nombre de butineuses (abeilles domestiques et autres pollinisateurs) actives sur les fleurs des plants de canneberge en 10 minutes, dans 1/8 de la tente-abri.....	36
Figure 18 : Nombre d'abeilles domestiques sur les fleurs de la canneberge selon les insecticides appliquées dans les tentes abris. ....	37
Figure 19 : Nombre d'abeilles mortes devant les ruchettes 4 heures après leur entrée dans les tentes abris, selon les traitements. ....	39
Figure 20 : Nombre d'abeilles mortes devant les ruches selon les traitements (par 24hrs d'observation)..	39
Figure 21 : Sens de l'avancement du pulvérisateur par rapport à la direction du vent (F : Sud-Ouest).....	43
Figure 22 : Différentes densité de recouvrement du papier filtre dans les pétris par le colorant, selon la distance et la disposition des collecteurs. ....	44
Figure 23 : Pourcentage de recouvrement de la dérive par rapport à la position des capteurs, moyennes des deux jours de l'essai. ....	45
Figure 24 : Pourcentage de recouvrement de la dérive selon les distances des capteurs du bord du champ, pour la position H, sous le vent, tous les traitements confondus.....	46

Figure 25 : Pourcentage de recouvrement occasionné par la dérive selon les traitements, toutes positions confondues. ....	48
Figure 26 : Jour 1: Dérive selon l'orientation du champ. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour les traitements, A, B, C, D.....	50
Figure 27 : Jour 2: Dérive selon l'orientation du champ. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour les traitements, A, B, C, D.....	51
Figure 28 : Jour 1: Traitements selon les positions des capteurs. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour orientations, F, G, H, I.....	52
Figure 29 : Jour 2: Traitements selon les positions des capteurs. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour orientations, F, G, H, I.....	53
Figure 30 : Distribution et recouvrement de la dérive selon les traitements A (50 cm de hauteur, buse conventionnelle) et B (50 cm de hauteur, buse antidérive), en position H, sous le vent.....	54
Figure 31 : Illustration de quelques étapes de la méthodologie pour les traitements au colorant pour estimer la distance de dérive. ....	55

# 1. Objectifs

## 1.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif de ce projet est de développer des méthodes d'utilisation des produits phytosanitaires contre les principaux ravageurs de la canneberge qui seraient plus sécuritaires pour les abeilles, ainsi que tous les autres pollinisateurs, tout en demeurant efficace contre les ravageurs visés.

## 1.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- 1) Clarifier les circonstances qui causent des mortalités massives d'abeilles domestiques dans la culture de la canneberge lors des traitements phytosanitaires contre la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) et la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*).
  - Vérifier si les incidences de mortalités d'abeilles dans la canneberge sont associées à des conditions d'application particulière (stade phénologique de la plante, heure du jour, conditions météorologiques, emplacement des ruches)
  - Vérifier si les incidences de mortalités d'abeilles dans la canneberge sont associées à des produits phytosanitaires en particulier (produits utilisés par les producteurs biologiques vs les producteurs conventionnels).
- 2) Mettre au point une nouvelle méthode pour appliquer les traitements phytosanitaires homologués contre deux insectes ravageurs dans la culture de la canneberge : la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) et la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*).
  - Vérifier si un pesticide est plus sécuritaire pour les abeilles lorsqu'il est rincé après l'application;
  - Vérifier si un pesticide est efficace contre les ravageurs lorsqu'il est rincé après l'application;
  - Vérifier si les traitements rincés sont plus efficaces s'ils sont suivis d'un traitement au B.t.;
  - Vérifier la sécurité pour l'abeille de nouveaux produits homologués contre les ravageurs de la canneberge, ou en voie d'être homologués.
- 3) L'objectif suivant a été ajouté en 2011 : Estimer la distance de dérive des pesticides selon différentes stratégies d'épandage à grande échelle (hauteur des buses et type de buses) afin de prévoir une distance sécuritaire de positionnement des ruches en bordure des champs.



## 2. Résultats et analyse

### 2.1. ACTIVITÉS RÉALISÉES EN FONCTION DES BIENS LIVRABLES LISTÉS À L'ANNEXE C DU PROJET

Les résultats qui seront présentés dans ce rapport couvrent très largement les biens livrables listés à l'annexe C du projet soumis qui sont les suivants :

- les données sur l'importance du nombre de cas de mortalités d'abeilles associés aux traitements phytosanitaires dans la canneberge;
- les données sur les circonstances qui semblent occasionner des mortalités importantes d'abeilles lors des traitements phytosanitaires dans la canneberge;
- les résultats sur la toxicité comparative de produits phytosanitaires pour les abeilles; essais en laboratoire et au champ;
- les résultats sur l'efficacité comparative, contre les ravageurs (pyrale des atocas ou tordeuse des canneberges) de produits phytosanitaires; essais au champ;
- les résultats sur l'effet répulsif comparatif de produits phytosanitaires, pour les abeilles et autres pollinisateurs; essais au champ.

Nous avons de plus, en fin de projet, répondu aux objectifs suivants :

- Tester les nouveaux produits homologués ou en voie d'être homologués sur les abeilles
- Vérifier la distance sécuritaire pour mettre les ruches par rapport au champ, afin d'éviter la dérive lors des épandages de pesticides.

Les résultats seront présentés dans le cadre de deux phases et trois volets distincts :

#### ***Phase I : Pesticides - Toxicité et effet répulsif pour les abeilles (2010 et 2011)***

- ***Volet I : Clarifier les circonstances entraînant des mortalités massives d'abeilles dans la canneberge***
- ***Volet II : Méthode d'application et efficacité***
  - ✓ Volet II - Étape 1 : Tests en cage pour vérifier la toxicité sur l'abeille
  - ✓ Volet II - Étape 2 : Tests en champs en condition semi-cagée (mortalité)
  - ✓ Volet II - Étape 3 : Tests en champs en condition semi-cagée (effet répulsif)
  - ✓ Volet II - Étape 4 : Estimation de l'efficacité des traitements contre les ravageurs
- ***Volet III : Tester les nouveaux produits homologués ou en voie d'être homologués sur les abeilles***
  - Volet III -Étape 1 : Tests en cage pour vérifier la toxicité sur l'abeille
  - Volet III - Étape 2 : Tests en champs en conditions semi-cagées
  - Volet II I- Étape 3 : Effet répulsif ou attractif des pesticides pour les abeilles

#### ***Phase II : Analyse de la dérive des pesticides épandus dans la canneberge, selon différents modes d'application, afin d'évaluer une distance sécuritaire pour positionner les ruches d'abeilles (2013)***

## **2.1.1 Phase 1 - Volet I : Clarifier les circonstances entraînant des mortalités massives d'abeilles dans la canneberge.**

*Objectif visé : vérifier si certaines circonstances entourant les mortalités d'abeilles dans les cannebergières nous échappent*

### **Méthodologie :**

Le lendemain de traitement phytosanitaire réalisé par des producteurs, les activités de butinage (régularité et comportement) ont été observées et les incidences de mortalités importantes d'abeilles ont été notées. Les circonstances abiotiques entourant les conditions du traitement phytosanitaire ont aussi été notées (rucher sous filet, points d'eau à proximité, brume, température).

### **Inspections pré-applications**

Une inspection pré-application a été effectuée et des abeilles ont été récoltées afin de pouvoir comparer les analyses toxicologiques avant et après traitements, si nécessaires.

Dates des inspections : 29 juin 2010 et 4 juillet 2011 (un échantillon d'abeilles a été récolté chez chacun des 8 producteurs participants).

### **Inspections post-applications**

Dans le cadre de ce projet, un observateur était averti la veille, lorsque le producteur avait l'intention de procéder à une pulvérisation d'insecticide sur une grande partie de sa ferme. Cette décision de traiter était prise parfois rapidement, suite à un dépistage et à une recommandation d'un agronome du CETAQ. La disponibilité de l'observateur était donc essentielle.

Le lendemain du traitement, ainsi que 48 heures plus tard, l'observateur examinait chaque ruche disposée dans la cannebergière traitée, afin de vérifier la présence d'abeilles mortes, moribondes ou démontrant des signes d'intoxication (hyperactivité, trouble de déplacement). Ces résultats étaient enregistrés (Figure 1 et annexe B) et les abeilles mortes (si elles étaient suffisamment nombreuses) étaient prélevées pour analyse chimique.

### **Résultats :**

Les résultats complets sont présentés à l'Annexe A. Ils sont ici résumés avec une courte discussion:

En 2010 :

Quelques faibles cas de mortalité d'abeilles ont été observés chez les producteurs biologiques utilisant le Spinosad (Entrust) (Annexe A : Cas 4). Chez les producteurs conventionnels utilisant le Diazinon, les cas de mortalité ont été plus sévères. Plus d'une centaine d'abeilles par ruche ont été retrouvées mortes devant

le plateau d'envol (Annexe A – cas 5, 6 et 8). Ces chiffres indiquent qu'une mortalité encore plus forte que celle observée est probable et que plusieurs abeilles sont restées mortes au champ. Un cas particulier a été très létal pour toutes les ruches en places dans une cannebergière à Notre-Dame-de-Lourdes. L'intoxication des abeilles a causé une perte totale du rucher. Cette cannebergière ne faisait pas partie de notre projet mais l'incident nous a été rapporté par l'apiculteur. Ce cas particulier est considéré comme étant un "accident" causé par l'inexpérience d'un producteur de canneberge et une trop grande proximité des ruches par rapport aux champs.

Suite à une application d'Entrust, le nombre d'abeilles mortes était généralement insuffisant pour une récolte destinée aux analyses chimiques. Souvent, il y avait un très faible nombre d'abeilles malades ou moribondes à chaque ruche. Ces observations étaient plus notables lorsque le rucher était situé dans le sens de la direction des vents dominants.

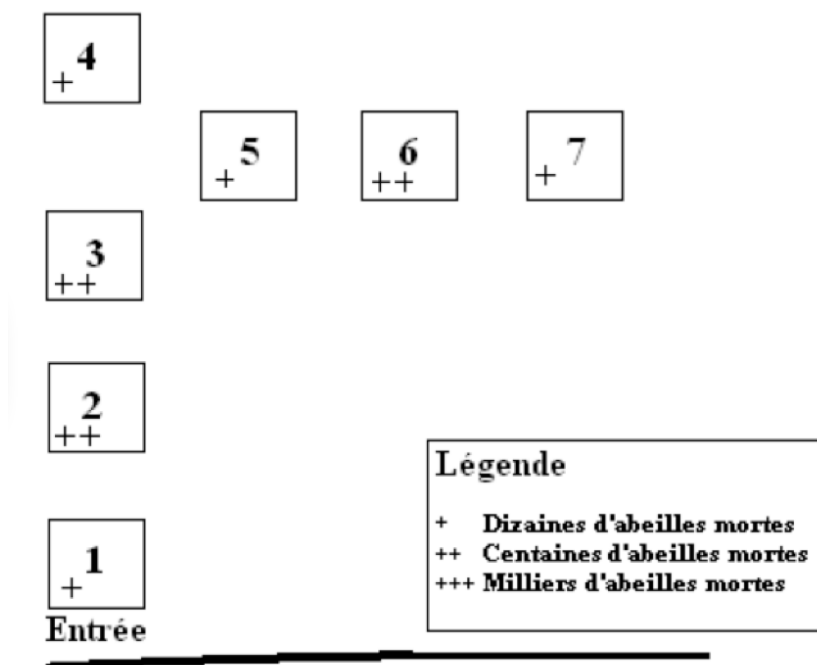
En 2011 :

Moins de ruchers ont été touchés en 2011 qu'en 2010, autant pour l'Entrust que pour le Diazinon. Les ruchers les plus touchés étaient ceux disposés sous le vent. Ce genre de cas d'empoisonnement est facilement évitable et des conseils ont été dirigés aux producteurs pour éviter de tels cas à l'avenir. Entre autre, il serait important de garder le rucher à une distance sécuritaire pour les abeilles et de placer les ruches dans un endroit situé en direction contraire aux vents dominants. Le Diazinon devrait être interdit d'utilisation dans la canneberge à partir de la fin décembre 2016. De nouveaux produits sont maintenant disponibles (voir volet III).

Lors des inspections pré-traitements, nous avons constaté que dans certains ruchers il y avait des abeilles mortes devant les ruches. Ceci est probablement une conséquence du déplacement des ruches.

### **En résumé**

- Nous n'avons pas observé beaucoup de mortalité d'abeilles suite aux applications de l'insecticide Entrust. Ceci était inattendu car l'empoisonnement des abeilles par l'Entrust (producteurs biologiques) était la problématique à l'origine du présent projet.
- Nous croyons que les conditions météorologiques pourraient être un facteur responsable des empoisonnements observés lors des épandages sur les fermes biologiques dans le passé.
- Nous avons trouvé plus de mortalité suite aux applications de Diazinon (producteurs conventionnels).
- Il est donc important de s'assurer que les ruches soient placées à un endroit sécuritaire pour les abeilles pour éviter les empoisonnements. Le plus possible, il faut tenter de trouver une méthode de confinement des abeilles pour éviter que ces dernières butinent la culture avant que l'insecticide ait séché.
- Il faut faire attention de ne pas confondre impact de pesticides avec accumulation d'abeilles mortes suite au transport des ruches.



Traitement au Diazinon dans la nuit du 13 au 14 juillet 2011.

Lots de ruche

- Quelques dizaines d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques abeilles agonisantes.
- Quelques centaines d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques dizaines d'abeilles agonisantes.
- Quelques centaines d'abeilles morte (- de 48hrs) et quelques dizaines d'abeilles agonisantes.
- Quelques dizaines d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques abeilles agonisantes.
- Plusieurs centaines voire milliers d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques centaines d'abeilles agonisantes.
- Quelques centaines d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques dizaines d'abeilles agonisantes.
- Quelques dizaines d'abeilles mortes (- de 48hrs) et quelques abeilles agonisantes.

Figure 1 : Exemple d'une observation : Plan de la disposition de ruches dans une cannebergière et suivi des mortalités d'abeilles le lendemain d'un traitement au Diazinon (2011).

## **2.1.2 : Volet II : Tester différentes méthodes d'utilisation des pesticides dans la canneberge qui seraient plus sécuritaire pour les abeilles**

*NOTE : Les résultats détaillées de ces tests sont fournis à l'annexe B.*

### **Les paramètres vérifiés**

- La toxicité par contact des abeilles
- La toxicité sur la santé de la colonie en champ en condition semi-cagée (tente abri)
- L'effet répulsif du produit pour les pollinisateurs

## **Volet II -Étape 1 : Tests en cages pour vérifier la toxicité sur l'abeille**

*Objectif : Vérifier la toxicité du pesticide sur le feuillage après application et par ingestion et par contact*

### **A) Construction des cages**

Un total de 40 cages en plexiglas a été construit avant la première saison du projet. Ces cages ont dû être conçues pour répondre aux objectifs concernant les expositions chroniques par voie orale et par contact (Figure 2). Le plexiglas a été choisi comme matériau de construction car il est facilement lavable et la texture de sa surface facilite l'élimination des résidus toxiques après une série d'expositions.

### **B) Test par ingestion (Spinosad)**

Des abeilles ont été déposées dans des cages par groupes de 10 abeilles par cage. Ces dernières ont été nourries avec une solution sucrée (3 :1) à laquelle un pesticide a été ajouté. Le comportement des abeilles a été noté pour voir si elles démontraient des symptômes et des signes caractéristiques d'une intoxication. Trois catégories ont été déterminées : Sous actives, normales ou hyperactives.

Dans un premier temps, il fallait vérifier si les abeilles consommaient le sirop aux doses (ng/ $\mu$ l) sélectionnées et vérifier les comportements des abeilles pour voir si elles démontraient des symptômes et des signes caractéristiques d'une intoxication.

### **Consommation du sirop :**

Deux séries de tests ont été effectuées pour vérifier s'il y avait une consommation du sirop sucré aux différentes doses de pesticides. Ce test était important car il fallait s'assurer que le sirop avait bien été ingéré. Ces données ont été obtenues en pesant le godet et le sirop initial, puis en pesant le godet après la consommation du sirop par les abeilles, après 12, 24 et 36 heures (Tableau 1).

La consommation de sirop est évaluée grossièrement selon le nombre d'abreuvoirs qu'une charge du pipetman peut remplir:

Normale: environ 700 à 900  $\mu$ l par cage/24h (ou abreuvoir)

Moyenne: environ 450  $\mu$ l par cage/24h

Faible: environ 150 à 225  $\mu$ l par cage/24h

Très faible: pas de consommation notable, abreuvoirs pleins.

**Tableau 1 : Consommation du sirop par les abeilles selon les doses de Spinosad (Spi) et Diazinon (Dia).**

dose théorique µg / abeille	dose réelle µg / abeille	Consommation g sirop/cage	moyenne µl/ab/24h
Spi - 0	0,000	0,599	48,394
Spi - 0.24	0,128	0,604	48,019
Spi - 0.36	0,168	0,517	41,711
Spi - 0.48	0,213	0,502	40,492
Spi - 0.72	0,312	0,487	39,286
Spi - 0.96	0,405	0,465	37,531
Dia - 0.16	0,087	0,604	48,735
Dia - 0.24	0,125	0,577	46,603
Dia - 0.32	0,206	0,721	58,198

#### Test de DL<sub>50</sub>

Des tests ont été faits pour établir la DL<sub>50</sub> des pesticides testés afin d'établir l'échelle des doses (ng/abeille) qui seraient offertes aux abeilles. Les résultats des DL<sub>50</sub> sont présentés aux tableaux 2 et 3

#### Résultats des tests de consommation (Pour plus de détails sur la méthodologie pour les tests, voir l'annexe B)

##### -Série "Spi-Sec-3h" (Spinosad, séché 3 heures).

La consommation était faible dès le premier jour pour devenir très faible les deuxième et troisième jours.

##### -Série "Diaz-Sec-3h" (Diazinon, séché 3 heures).

Six heures après le début de l'expérience toutes les abeilles des cages contenant le feuillage traité au Diazinon étaient mortes.

##### -Série "Tém.0" (Témoin)

La consommation de sirop est demeuré normale durant les trois jours d'observation et les abeilles sont demeurées vigoureuses jusqu'à la fin.

##### -Série "Spi-Sec-3h-Rinc" (Spinosad, séché 3 heures, puis rincé).

La consommation de sirop est passée de normale pour le premier jour à moyenne pour les deux autres jours. Les insectes semblaient en bonne santé mais apparemment un peu moins vigoureux que le témoin 0.

##### -Série "Spi-Sec-24h-Hum"(Spinosad, séché 24 heures, puis ré humidifié)

La consommation de sirop a été faible dès les premières 24h. Pareil pour la deuxième journée. La consommation a été très faible pour la troisième journée avec régurgitation, sauf pour la cage 24 qui n'a pas semblé affectée autant que les autres cages du groupe .

##### -Série "Spi-Sec-48h-Hum" "(Spinosad, séché 48 heures, puis ré humidifié)

Consommation normale durant la première journée. Faible durant la 2e journée avec régurgitation sporadique de sirop. Consommation très faible, survivants indolents et apparemment malades lors de la 3<sup>e</sup> journée.

**Tableau 2: Nombre d'abeilles mortes suite à l'ingestion d'une dose d'Entrust (Spinosad) dans une solution sucrée.**

<b>Entrust (Spinosad)</b>		
<b>µg M.A./ab.</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>
0	0	0
0,13	14	18
0,17	16	19
0,21	24	25
0,31	25	31
0,41	33	38

Tranquilles (Sous actives)

**Tableau 3 : Nombre d'abeilles mortes suite à l'ingestion d'une dose de Diazinon dans une solution sucrée**

<b>Diazinon</b>		
<b>µg M.A./ab.</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>
0	5	6
0,13	5	5
0,21	13	13

Hyperactivité

*Note : D'autres détails sur les tests en cages sont disponibles à l'annexe B*

### C) Tests par contact

#### **Première série de tests réalisée avec la dose pleine de 4,4 mg d'Entrust 80W dans 100 ml H<sub>2</sub>O et avec la dose de 1,4 ml de Diazinon 500 E dans 100 ml H<sub>2</sub>O.**

Le traitement du feuillage s'est fait de la façon suivante: Les tiges de canneberges ont été immergées brièvement dans les solutions des produits mentionnés, égouttées, plantées individuellement dans un morceau de styromousse, séchées à l'air extérieur et au soleil pendant deux heures puis retirées du styromousse et séchées durant une autre heure sur un papier absorbant. Les tiges utilisées pour le traitement "Spi-Sec-24h-Hum" et "Spi-Sec-48h-Hum" ont été traitées au même moment et ont été entreposées au réfrigérateur pour 24 et 48 heures. Les abeilles utilisées pour ces deux derniers groupes ont été capturées respectivement 24 et 48 heures après celles utilisée pour les autres groupes.

Le terme malade est utilisé de façon très général et regroupe autant les insectes ayant un comportement indolent lors des manipulations que les insectes se mouvant avec difficulté ou de façon erratique ou encore les insectes "virés de bord" mais encore vivants.

#### **Deuxième série de tests réalisée avec la dose pleine de 4,4 mg d'Entrust 80W dans 100 ml H<sub>2</sub>O et avec la dose de 1,4 ml de Diazinon 500 E dans 100 ml H<sub>2</sub>O.**

Cette série de tests a été réalisée selon la même méthode que celle décrite plus haut, pour la première série. Toutefois, les résultats ont été très différents puisque toutes les abeilles sont mortes, peu importe les conditions du test. Les résultats des deux séries de tests sont présentés en annexe B. Deux hypothèses peuvent expliquer ces divergences :

- 1) Il y aurait eu une erreur lors du mélange du concentré pour une des séries (mais nous ne savons pas laquelle).
- 2) Puisque ces tests ont été effectués tard en saison (fin septembre), il se pourrait que les abeilles d'automne soient moins résistantes aux pesticides que les abeilles d'été.

Nous avons donc recommencé ces tests en début de saison 2011 car ces résultats d'intoxication par contact étaient très importants dans le cadre de ce projet. Lors de cette deuxième série de tests en cage, nous avons eu les mêmes résultats que lors de la deuxième série de tests en 2010, c'est à dire que toutes les abeilles sont mortes, même aux plus faibles doses, dans tous les traitements. Nous avons donc conclu que les doses testées étaient trop fortes et nous avons jugé bon de garder les résultats de la première série de tests de 2010 (Figure 3 et Figure 4).

#### **Résultats sur les tests en cages**

Nos observations, faites 24 heures après le traitement des feuilles, démontre que, tel qu'attendu, l'Entrust (Spi) étaient plus sécuritaire lorsqu'il avait séché sur les feuilles, et que ces feuilles étaient présentées aux abeilles 3 heures après le traitement. De plus, nous avons observé qu'il devenait légèrement moins toxique lorsqu'il était rincé par la suite, mais cette différence n'était pas statistiquement significative. Toutefois, une fois ré-humidifié, le produit semblait s'activer de nouveau et causer une légère mortalité par rapport au témoin.

Ces résultats font aussi ressortir que le Diazinon est plus toxique que le l'insecticide Entrust (Spinosad) pour les abeilles, même à des faibles doses. En effet, 100 % des abeilles en contact avec le Diazinon sont



mortes, même si le produit avait eu le temps de sécher pendant 3 heures avant exposition (Figure 3). Après 72 heures d'observation, le pourcentage d'abeilles mortes, continuaient d'augmenter dans les cages ayant reçu du Spinosad, malgré le fait qu'on avait laissé sécher ce produit entre 3 et 24 heures. Ceci était prévisible puisque les observations après 24 heures démontraient la présence de 18 à 20 % d'abeilles malades. Il y a eu vraisemblablement un nombre croissant d'abeilles malades, qui ont fini par succomber à leurs symptômes d'empoisonnement. Dans les cages où le Spinosad a été ré-humidifié après avoir séché (3h et 24h), on a observé 50 à 60 % d'abeilles mourantes et 12 à 42 % d'abeilles malades. Toutefois, la mortalité était réduite dans les cages où le Spinosad avait été rincé.

## Conclusion

Ces résultats suggèrent que si on procédait au rinçage du pesticide quelques heures (plus de trois pour laisser le temps au produit de sécher) après le traitement, comme il est recommandé présentement pour le Diazinon, il serait possible de réduire les fatalités d'abeilles le lendemain des épandages.

Toutefois, il faut s'assurer que cette procédure ne met pas en jeu l'effet de phytoprotection recherché par l'application de cet insecticide. Ceci a été vérifié à l'étape 4. Les résultats détaillés sont présentés à l'annexe B.

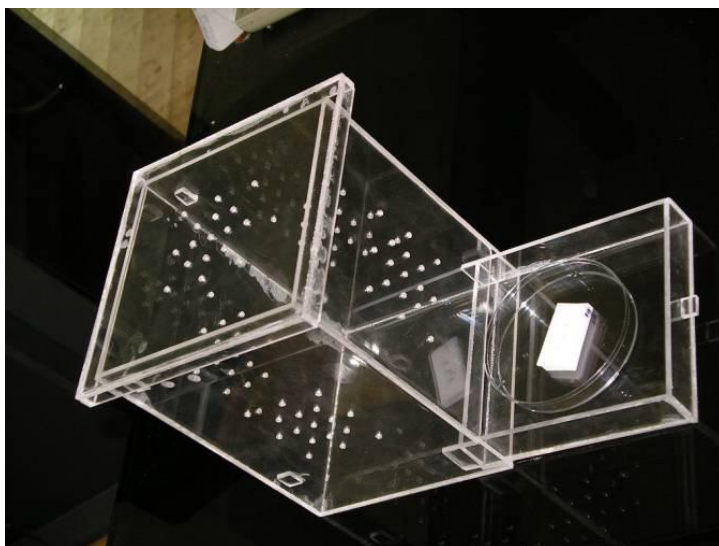


Figure 2: Cage en plexiglas pour tests toxicologiques conçue et construite dans le cadre du projet.

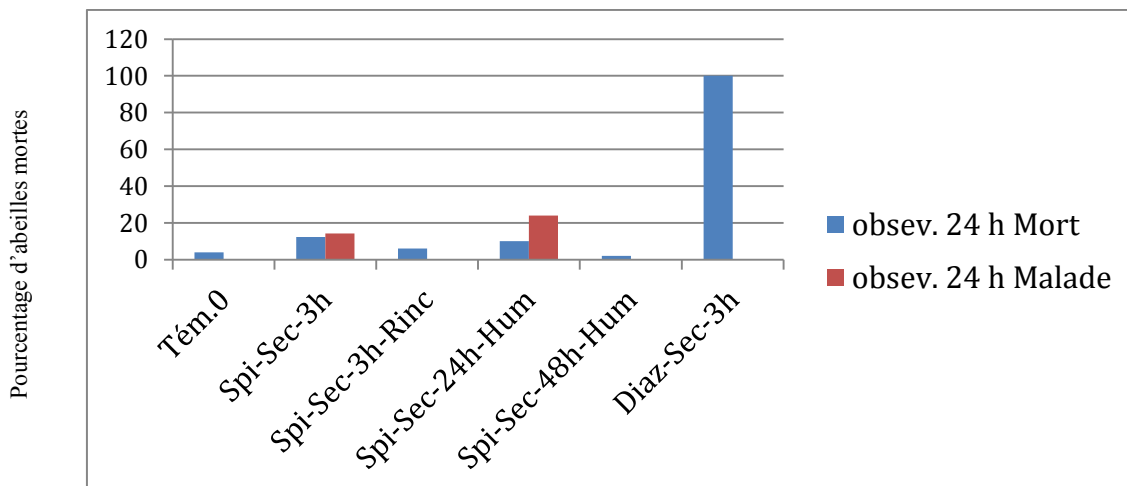


Figure 3 : Pourcentages d'abeilles mortes et malades après 24 heures d'exposition par contact. (40 abeilles par cage).

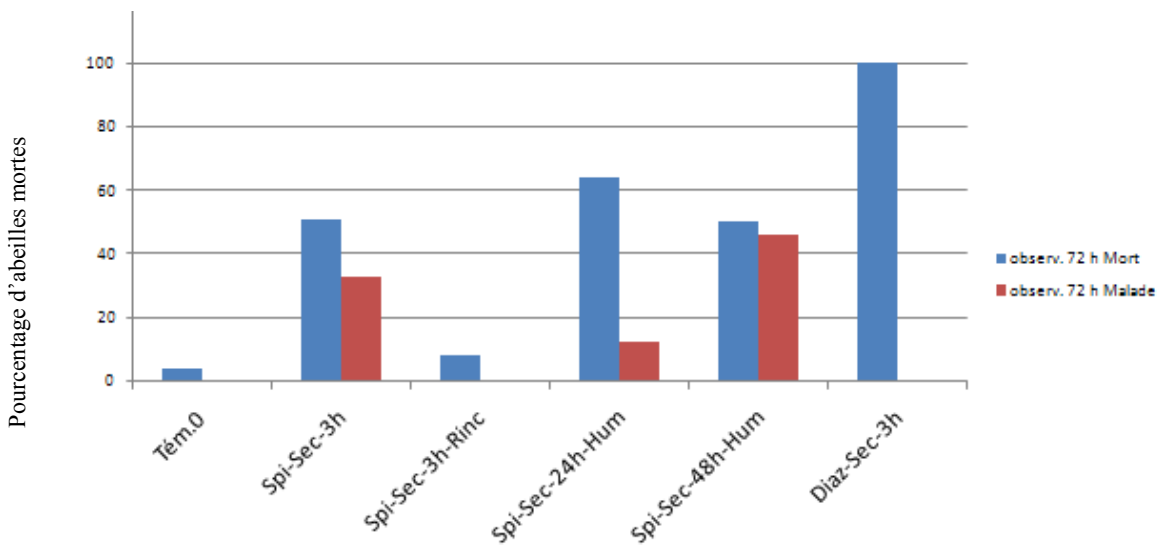


Figure 4 : Pourcentages d'abeilles mortes et malades après 72 heures d'exposition par contact. (40 abeilles par cage)

**Légende :**

Spi: Spinosad (Entrust 80W)

Diaz: Diazinon 500E

Tém.0: Aucun traitement sur le feuillage

Sec: Séché après application

Rinc: Rincé avec H<sub>2</sub>O pour simuler un arrosage abondant après application.

Hum: Feuillage humecté avec H<sub>2</sub>O sans dégouillage par brumisation pour simuler rosée ou faible précipitation ou autre

## Volet II- Étape 2 : Tests en champs dans les tentes abris (mortalité)

*Objectifs : Vérifier la toxicité sur les abeilles et sur l'ensemble de la colonie*

### **Méthodologie : Exposer des petites ruches d'abeilles aux conditions d'application en champ**

Établissement de 16 parcelles expérimentales (3 traitements + 1 témoin X 4 répliques) (figures 5 et 6)

Les parcelles traitées sont couvertes par un abri moustiquaire (Condition semi-cagée - tentes abris) (Figure 5)

Un nucléi avec une reine pondreuse et 4 cadres de couvain ainsi que des réserves sont introduits dans chaque tente (figure 6).

Les abeilles de la colonie introduite sont confinées à butiner seulement dans les espaces couverts.

### **Les traitements *Entrust (Spinosad)***

1. Une application de 175 g m.a./ha qu'on a laissé sécher, mais sans rincer après (méthode habituelle présentement recommandée).
2. Une application de 87,4 g m.a./ha qu'on a laissé sécher, mais sans rincer après (Note : ce traitement n'était pas prévu lors de la proposition).
3. Une application de 175 g m.a./ha qu'on a laissé sécher et qu'on a rincée par irrigation le matin.
4. Parcelle témoin sans traitement insecticide

### **Résultats sur le terrain en cages-abris :**

Les nucléi ont été évalués en notant la force du couvain et le nombre d'abeilles avant leur introduction dans les abris. Les mêmes paramètres ont été évalués à leur sortie des abris, à la fin de la période d'observation. Les résultats démontrent que les nucléi qui avaient séjourné dans les cages-abris sur les parcelles traitée avec l'Entrust avaient un gain d'abeilles inférieures aux colonies ayant séjourné dans les tentes abris témoins. Ceci était vrai pour les traitements Entrust 1X ( $F = 4,9; p = 0,09$ ), Entrust demi-dose ( $F = 4,55; p = 0,09$ ). Cependant, pour le traitement Entrust rincé, le gain en abeilles n'était pas significativement différent ( $F = 8,79; p = 0,0413$ ) des données des abris témoins (tableau 4). Après l'exposition, le couvain s'est bien développé dans les nucléi provenant de tous les traitements (tableau 5), mais ce gain en couvain a été légèrement plus fort dans les traitements Entrust 1X et Entrust rincé.

### Observations de la mortalité en cage-abris

Après les traitements, le nombre d'abeilles mortes devant le plateau d'envol est noté ainsi que tout comportement anormal des butineuses (tremblements, léthargie, inactivité, suractivité). Il n'y a pas eu de différence significative ( $F = 1,62; p = 0,24$ ) entre le nombre d'abeilles mortes devant la ruche, selon les traitements (Figure 7).

## **Volet II- Étape 3 : Tests en champs dans les tentes abris (effet répulsif)**

*Objectifs : Vérifier l'effet répulsif des traitements insecticides sur les abeilles*

### **Méthodologie :**

Les observations ont été faites dans les cages-abris durant les traitements décrits à l'étape 2. Les abeilles butinant sur les fleurs ont été dénombrées dans chacun des 3 réplicats de chaque traitement, durant une période de 10 minutes. Les observations ont été faites sur une superficie d'environ 2,5m<sup>2</sup> (24pi<sup>2</sup>) c'est à dire sur 1/8 de la superficie de chacune des cages qui mesuraient 3,04m X 6,09m (10X20 pieds). Ces observations ont été faites 4 heures et 8 heures après le début de l'activité des butineuses dans les cages.

### **Résultats sur l'effet répulsif des traitements sur les butineuses**

Moins de butineuses ont été observées sur les fleurs du traitement Entrust rincé (figure 8). Toutefois, dans les tentes abris de ce traitement, la floraison était plus avancée et le nombre de fleurs ouvertes était moindre. Il aurait été nécessaire de vérifier ce point et de faire une estimation et une comparaison du nombre de fleurs ouvertes dans toutes les tentes abris. Mis à part ce dernier biais, les résultats laissent croire qu'aucun traitement insecticide n'affectait la présence des abeilles sur les fleurs, il n'y aurait donc pas eu d'effet répulsif notable.

### **Conclusion du volet II, étapes 1, 2 et 3.**

Nos résultats démontrent que la mortalité des abeilles butinant les fleurs après les traitements n'était pas significativement plus élevée que celle observée dans les tentes abris témoins. Les résultats de l'étape 3 démontrent pourtant que les abeilles avaient bel et bien butiné les fleurs traitées. Ces résultats ne confirment pas ce qui a été observé en cage. Toutefois, seulement les abeilles mortes sur les draps disposés devant les ruchettes ont été dénombrées. Il se pourrait que des butineuses soient mortes ailleurs dans l'espace de confinement. Il aurait alors été difficile de retrouver ces abeilles mortes dans la végétation. L'évaluation de la population d'abeilles vivantes dans les colonies vient appuyer cette hypothèse puisque moins d'abeilles vivantes ont été retrouvées dans les colonies après les traitements à l'Entrust, peu importe la dose. Toutefois, l'augmentation de la population d'abeilles ne différait pas significativement entre les colonies disposées dans les tentes abris ayant reçu l'Entrust, puis ayant été rincées à l'aube et les colonies témoin. Ces résultats confirment les tests en cage et laisse supposer que le rinçage de l'Entrust diminuerait la toxicité du traitement pour les abeilles. Il faut cependant s'assurer que cette pratique ne compromet pas la phytorection.



Figure 5 : Tentes abris pour tests en condition semi-cagée.



Figure 6 : Introduction de nucléi d'abeilles pour vérifier l'impact des traitements et installation d'un morceau de mousseline devant les ruchettes pour récolter les abeilles mortes.

**Tableau 4 : Évaluation des abeilles dans les nucléi avant et après les traitements**

	Population de départ	Population finale	Gain
Demi dose Entrust	5838	6225	388 <sup>A</sup>
Entrust 1x	5538	6075	538 <sup>A</sup>
Entrust 1x rincé	5800	7000	1200 <sup>B</sup>
Témoin	5725	6433	708 <sup>AB</sup>

**Tableau 5 : Évaluation du couvain dans les nucléi avant et après les traitements**

	Couvain de départ	Couvain final	Gain
Demi dose Entrust	9428	11188	1760 <sup>AB</sup>
Entrust 1x	10383	12635	2253 <sup>B</sup>
Entrust 1x rincé	10615	12113	1498 <sup>B</sup>
Témoin	10770	11920	1150 <sup>A</sup>

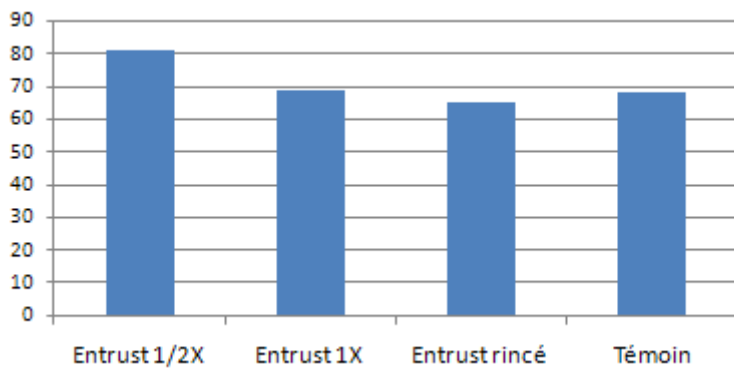


Figure 7: Impact des traitements sur la mortalité dans les cages.

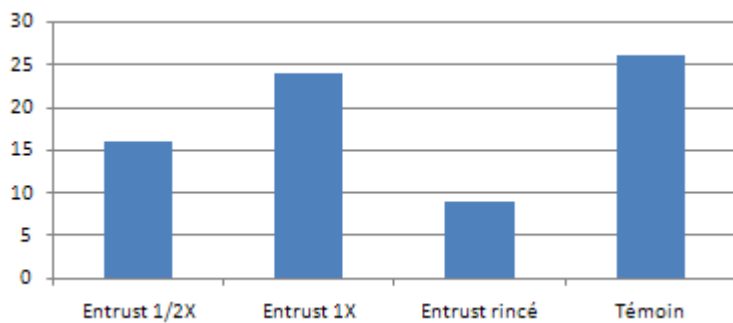


Figure 8: Effet répulsif des traitements sur les butineuses. Observation: 10 minutes – 2,5 m<sup>2</sup> (1/8 de la cage)

## Volet II - Étape 4 : Estimation de l'efficacité des traitements contre les ravageurs

*Objectifs : Vérifier l'efficacité de différentes méthodes d'application des traitements, contre les ravageurs*

### Méthodologie :

Dans cet essai, nous avons comparé l'efficacité de différentes doses de l'insecticide Entrust 80W (80 % spinosad) ainsi que l'effet du rinçage du produit le lendemain de l'application pour le contrôle de la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) et de la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*). Pour chacun des ravageurs évalués, un champ infesté par l'insecte a été sélectionné. Les différents traitements évalués ont été les suivants :

#### *Pyrale des atocas*

- 1 : Témoin (0 g m.a./ha),
- 2 : 218 g/ha de Entrust (175 g m.a./ha) (dose homologuée pour la répression de la pyrale) appliqué à deux reprises à 8 jours d'intervalle,
- 3 : 218 g/ha de Entrust (175 g m.a./ha) appliqué à deux reprises à 8 jours d'intervalle rincé le lendemain de chacune des applications par une irrigation d'une durée d'une heure.

#### *Tordeuse des canneberges*

- 1 : Témoin (0 g m.a./ha).
- 2 : 218 g/ha de Entrust (175 g m.a./ha) appliqué une seule fois,
- 3 : 109 g/ha de Entrust (87.4g m.a./ha) appliqué une seule fois (dose homologuée pour la suppression de la tordeuse des canneberges),
- 4 : 218 g/ha de Entrust (175 g m.a./ha) appliqué une seule fois et rincé le lendemain de l'application par une irrigation d'une durée d'une heure.

La dose de 218 g/ha de Entrust a été utilisée dans le site infesté de tordeuse puisque cette dose est recommandée lorsque la tordeuse et la pyrale sont présentes simultanément dans un champ. Deux traitements insecticides ont dû être réalisés pour le contrôle de la pyrale des atocas puisque le niveau d'infestation était élevé. Chaque traitement a été appliqué sur une parcelle de 128 m<sup>2</sup>, soit 8 m de large par 16 m de long (distance séparant deux gicleurs d'irrigation). La dilution des insecticides a été de 500 l/ha. Les insecticides ont été appliqués à l'aide de pulvérisateurs à rampe commerciaux. Lors de l'application des traitements dans le site infesté par la tordeuse des canneberges, l'ordinateur à l'intérieur du tracteur contrôlant le débit du pulvérisateur a fait défaut. Nous évaluons que les quantités d'insecticides appliquées ont été supérieures de 25 % à 50 % aux quantités désirées.

Nous avons utilisé un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions dans chacun des deux sites. Les prélèvements de pousses ou de fruits pour l'évaluation des populations d'insectes ou des dommages ont été réalisés dans quatre sous-parcelles de 2,8 m<sup>2</sup> préalablement délimitées dans chacune des parcelles expérimentales. Les parcelles témoins ont été créées en couvrant ces quatre sous-parcelles de bâches de plastique, bien fixées au sol, avant l'application des traitements (Figure 9).

Pour le contrôle de la pyrale des atocas, l'Entrust a été appliqué le 3 et le 11 juillet. Une évaluation de la population de la pyrale a été réalisée avant le traitement en prélevant 50 fruits dans chacune de quatre sous parcelles (total de 200 fruits par parcelle). Les œufs ainsi que les larves vivantes ou mortes ont été



dénombrés par inspection au binoculaire. À la mi-août (11 août), une évaluation des dommages aux fruits a été réalisée. Cette évaluation a été effectuée en récoltant tous les fruits présents dans un quadra de 0,09 m<sup>2</sup> (1 pied<sup>2</sup>) par sous-parcelle (0,36 m<sup>2</sup> par parcelle). Les quadras étaient placés de façon aléatoire dans le centre des sous-parcelles, distant d'au moins 0,3 m de la périphérie de celles-ci. Les fruits ont par la suite été observés en laboratoire. Les fruits sains ainsi que les fruits endommagés par la pyrale ou la tordeuse ont été dénombrés et pesés.

Pour le contrôle de la tordeuse des canneberges, l'Entrust a été appliqué le 12 juillet. Une évaluation de la population de la tordeuse a été réalisée avant le traitement en prélevant 25 pousses dans chacune des quatre sous-parcelles (total de 100 pousses par parcelle). Les œufs ainsi que les larves vivantes ou mortes ont été dénombrés par inspection au binoculaire. À la mi-août (10 août), une évaluation des dommages aux fruits a été réalisée de la même façon que pour la pyrale des atocas.

#### **Résultats de l'étape 4 : Efficacité**

##### Tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*)

###### **Traitements du 3 et du 11 juillet (3 traitements : Témoin, Entrust 175 g m.a./ha et 175 g m.a./ha, rincé)**

Pour la tordeuse, il y avait une différence significative entre le pourcentage du poids des fruits endommagés provenant des parcelles du traitement témoin et celles des traitements à 175 g m.a./ha et celles des traitements à 175 g m.a./ha, rincé ( $F = 5,76$ ;  $p = 0,0244$ ). Un test de comparaison pour les paires révèle qu'il n'y avait pas de différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés entre ces deux traitements ( $F = 0,63$ ;  $p = 0,45$ ).

Pour les traitements faits à cette date (11 juillet), une différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés provenant des parcelles du traitement témoin et celles des traitements à 175 g m.a./ha et celles des traitements à 175 g m.a./ha, rincé ( $F = 5,46$ ;  $p = 0,021$ ) a été observée. Cependant, les résultats ne montrent aucune différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés entre ces deux traitements ( $F = 0,13$ ;  $p = 0,72$ ).

###### **Traitements du 12 juillet (4 traitements : Témoin, Entrust 175 g m.a./ha et 175 g m.a./ha, rincé et 87,4 g m.a./ha )**

L'analyse statistique ne démontre pas à cette date une différence significative entre les traitements et le témoin, ni pour le pourcentage de fruits endommagés ( $F = 2,08$ ;  $p = 0,156$ ), ni pour le pourcentage du poids des fruits endommagés ( $F = 2,01$ ;  $p = 0,15$ ).

##### Pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*)

###### **Traitements du 3 et du 11 juillet (3 traitements : Témoin, Entrust 175 g m.a./ha et 175 g m.a./ha, rincé)**

Pour la pyrale, une différence significative entre le pourcentage du poids des fruits endommagés provenant des parcelles du traitement témoin et celles des traitements à 175 g m.a./ha ainsi que celles des traitements à 175 g m.a./ha, rincé a été observée ( $F = 6,76$ ;  $p = 0,0161$ ). Il n'y avait pas de différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés entre ces deux traitements ( $F = 0,063$ ;  $p = 0,81$ ).

Il y avait une différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés provenant des parcelles du traitement témoin et celles des traitements à 175 g m.a./ha ainsi que celles des traitements à 175 g

m.a./ha, rincé ( $F=5,76$ ;  $p=0,0244$ ) et il n'y avait pas de différence significative entre le pourcentage de fruits endommagés entre ces deux traitements ( $F = 0,15$ ;  $p = 0,70$ ).

**Traitements du 12 juillet (4 traitements : Témoin, Entrust 175 g m.a./ha et 175 g m.a./ha, rincé et 87,4 g m.a./ha )**

L'analyse statistique ne démontre pas à cette date une différence significative entre les traitements et le témoin, ni pour le pourcentage de fruits endommagés ( $F = 2,22$ ;  $p = 0,12$ ), ni pour le pourcentage du poids des fruits endommagés ( $F = 1,85$ ;  $p = 0,19$ ).

**Conclusions de l'étape 4 : Efficacité**

Pour les traitements du 3 et du 11 juillet, les résultats montrent que l'insecticide Entrust serait presque aussi efficace s'il était rincé le matin, suite à son application, avant la sortie des abeilles. En effet, selon les résultats du tableau 6 et les résumés des résultats illustrés à la figure 10 pour la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*) et à la figure 11 pour la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*), il n'y a pas de différence significative entre l'efficacité du traitement à l'Entrust s'il est rincé ou non.

Le traitement effectué à cette même date a donné des résultats similaires pour la pyrale

Ce point est très intéressant puisque si cette pratique était adoptée, la sécurité pour les pollinisateurs serait augmentée. Ce dernier point concernant la sécurité pour l'abeille semble ressortir des résultats en cage (Volet II partie 1).

Néanmoins, nous recommandons aux producteurs de canneberge de s'en remettre à ses spécialistes avant de prendre toute initiative à cet égard. Il se pourrait qu'un taux élevé d'infestation des insectes ravageurs cause une contre-indication à cette pratique.



Figure 9: Installation de bâches pour couvrir quatre sous-parcelles et l'emplacement de la tente abri (bâche plus grosse) dans une parcelle témoin lors des traitements. Ces bâches ont été retirées suite à l'application d'Entrust par le producteur.

**Tableau 6 : Résultats des dommages aux fruits selon les traitements et selon les ravageurs**

TRAITEMENTS	Fruits sains		Fruits endommagés - tordeuses				Fruits endommagés - pyrales			
	Nombre	Poids	Nombre	% nbre total	Poids	% poids total	Nombre	% nbre total	Poids	% poids total
	Entrust 1X	122,94	147,90	1,00	0,74	0,55	0,36	10,50	7,62	8,08
Entrust rincé	107,38	128,15	1,06	0,86	0,71	0,48	11,38	8,67	8,40	5,64
Témoin	90,63	104,29	1,56	1,34	1,14	0,89	21,81	20,39	15,81	13,97

## TORDEUSE DE LA CANNEBERGE

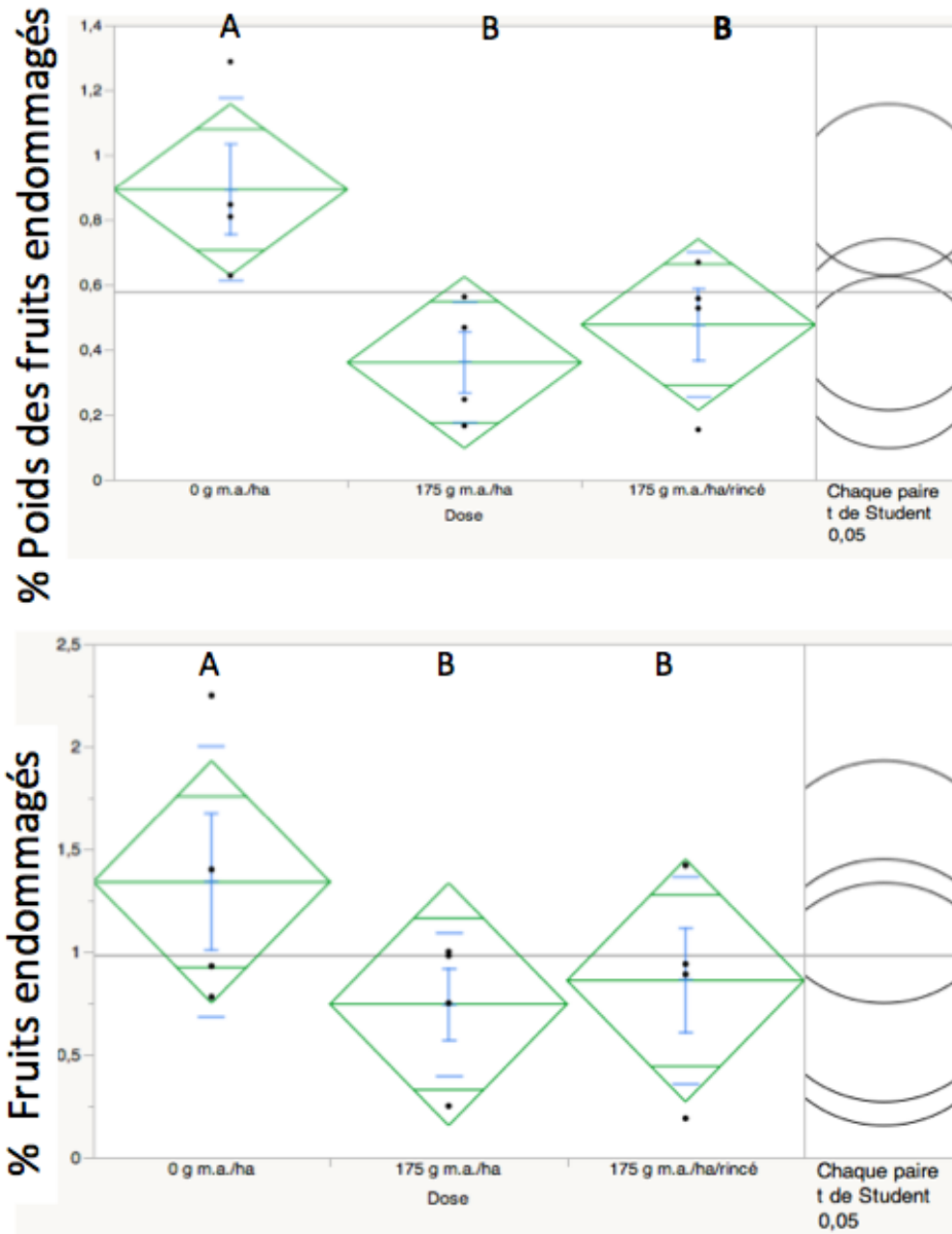


Figure 10 : Évaluation des dommages de la Tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*) selon les traitements sur le pourcentage du nombre de fruits et le pourcentage du poids des fruits attaqués.

### PYRALE DE L'ATOCAS

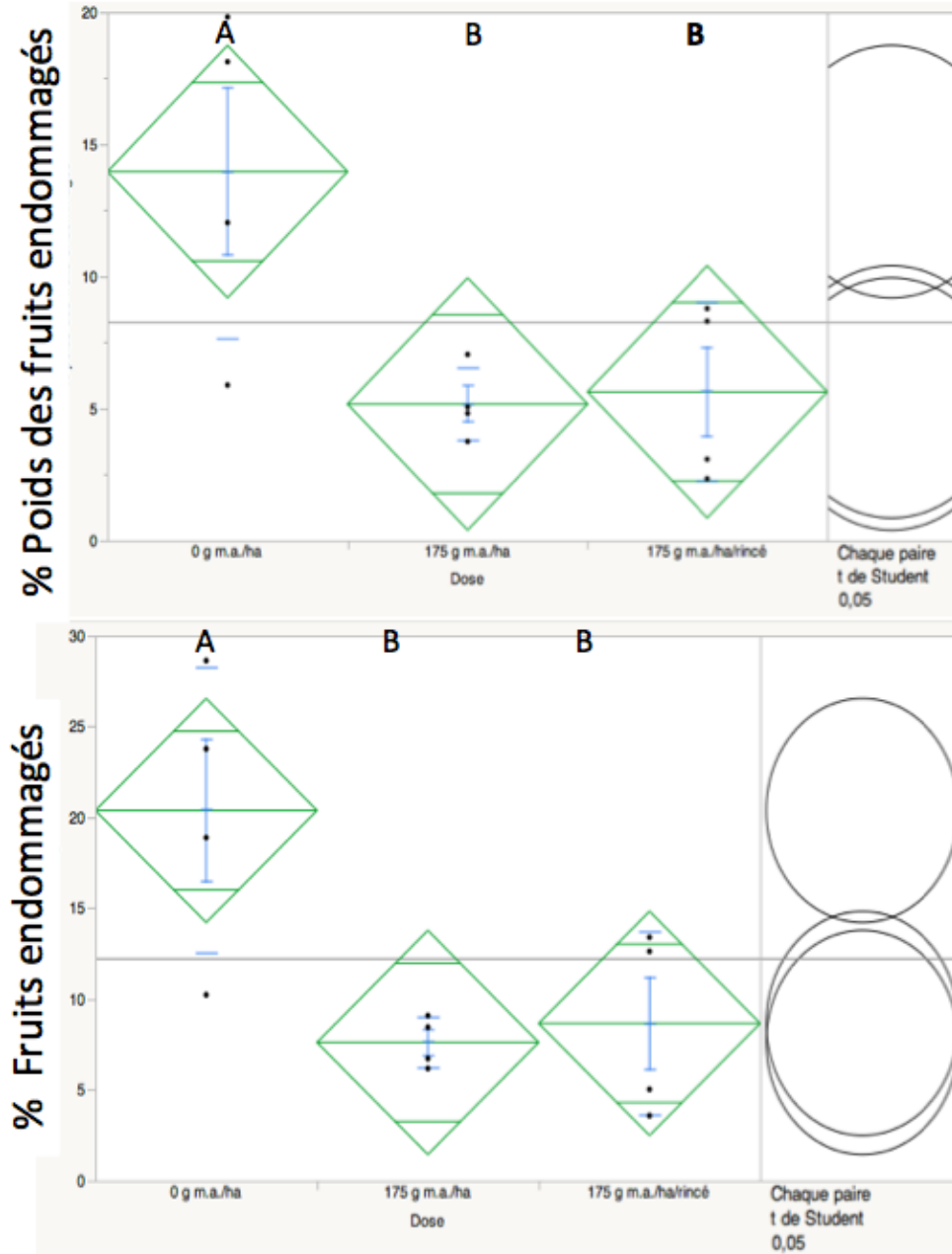


Figure 11: Évaluation des dommages de la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) selon les traitements, sur le pourcentage du nombre de fruits et le pourcentage du poids des fruits attaqués.

### 2.1.3 Volet III : Tester les nouveaux insecticides homologués sur les abeilles

*Objectifs : Vérifier l'impact sur l'abeille du butinage sur un feuillage fraîchement traité avec des nouveaux produits phytosanitaires récemment homologués pour la phytoprotection de la canneberge.*

D'autres produits phytosanitaires sont maintenant disponibles pour remplacer le Diazinon. Nous parlons ici des insecticides Altacor et Delegate qui pourraient être utilisés contre la Pyrale des atocas et la tordeuse des canneberges durant la floraison. L'Actara a été homologué pour le contrôle du charançon des atocas et le Movento a été homologué en 2013 pour le contrôle de la cécidomyie des atocas (Tableau 7). Nous avons vérifié leur sécurité pour les pollinisateurs, particulièrement l'abeille. Notre dispositif expérimental, en bloc aléatoire complet, était composé de 5 traitements : 4 insecticides et 1 témoin, chacun répliqué 3 fois, pour un total de 15 tentes abris.

L'Actara est un insecticide systémique à base de thiamethoxam, de la famille controversée des néonicotinoïdes. Lors de notre essai en champ (2011), ce produit a été appliqué en préfloraison (2 semaines avant le positionnement des tentes abris) période où les traitements contre le charançon des atocas sont généralement appliqués (Figure 12). Malgré cette application hâtive, due à ses propriétés systémiques, cet insecticide risquait de se retrouver (à très faibles doses) dans certaines parties de la fleur lors de la floraison.

Le Delegate est un insecticide à base de Spinetoram qui, tel que le Spinosad, est issu de la fermentation du *Saccharopolyspora spinosa*. Cet insecticide est donc similaire au produit Entrust, qui avait été identifié comme pouvant potentiellement causer des problèmes pour l'abeille chez les producteurs biologiques. Il semble que les risques sont plus élevés lorsque le produit n'a pas eu le temps de sécher sur les feuilles durant une période d'au moins trois heures avant l'entrée des abeilles aux champs. Le Movento est également systémique alors que l'insecticide Alatacor semble prometteur comme produit de remplacement pour le Diazinon durant la floraison.

#### **Méthodologie :**

Quinze nucléi à cinq cadres (ruchettes d'abeilles) ont été utilisés, tel que pour le volet II du projet. Les abeilles ont été transportées la nuit (Figure 14) à partir de la station de recherche apicole du CRSAD, à Deschambault.

Tous les insecticides, à l'exception de l'Actara, ont été appliqués sur des parcelles de 18.5 m<sup>2</sup> la soirée précédant la mise en place des tentes abris. L'Actara a été appliqué deux semaines avant. Au lever du jour, avant que les abeilles commencent à butiner, les tentes abris ont été disposées sur chacune des 15 parcelles du dispositif expérimental (Figure 13 et Figure 16), à l'emplacement exact où les traitements insecticides avaient été effectués. Aussitôt qu'une tente abri était installée, on y introduisait une des ruchettes.

Devant chaque ruchette, un morceau de mousseline a été étendu afin de pouvoir récolter les abeilles mortes (tel que dans Figure 6). Un bac d'eau muni d'un tapis flotteur a été placé dans chaque tente-abri afin de s'assurer que les abeilles pouvaient s'abreuver. Ce bac d'eau a aussi servi à estimer le comportement des abeilles (Figure 16).

**Tableau 7 : Liste des nouveaux produits homologués ou en voie d'être homologués qui ont été testés en champ sur les abeilles, leur usage et leur période d'application**

• <b>Produits</b>	• <b>Homologation</b>	• <b>Insectes contrôlés</b>	• <b>Période d'application</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actara</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homologation en 2010</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charançon des atocas</li> <li>• Charançon noir de la vigne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stade crochet, avant la floraison</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altacor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homologué en 2011</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pyrale des atocas</li> <li>• Tordeuse des canneberges</li> <li>• Tordeuse soufrée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traitement pour la pyrale à 50% nouaison</li> <li>• Traitement pour la tordeuse des canneberges peut devoir être fait à différentes périodes durant la floraison. Le traitement pour la tordeuse soufrée est généralement appliqué plus tard, vers la fin de la floraison.</li> </ul>

**Tableau 7 (suite) : Liste des nouveaux produits homologués ou en voie d’être homologués qui ont été testés en champ sur les abeilles, leur usage et leur période d’application**

Delegate	Homologué en 2011	Tordeuse des canneberges Tordeuse soufrée Cécidomyie des atocas	Les traitements pour la 2 <sup>ième</sup> génération de la tordeuse des canneberges et la deuxième génération de la cécidomyie peuvent devoir être faits à différentes périodes durant la floraison. Le traitement pour la tordeuse soufrée est généralement appliqué plus tard, vers la fin de la floraison.
Movento	Homologué en 2013, post-floraison.	Cécidomyie des atocas	Lors de l’essai nous croyons que le Movento pourrait être appliqué durant la floraison pour traiter la 2 <sup>ième</sup> génération de la cécidomyie. Finalement, pour l’instant, seul les traitements post-floraison sont permis.



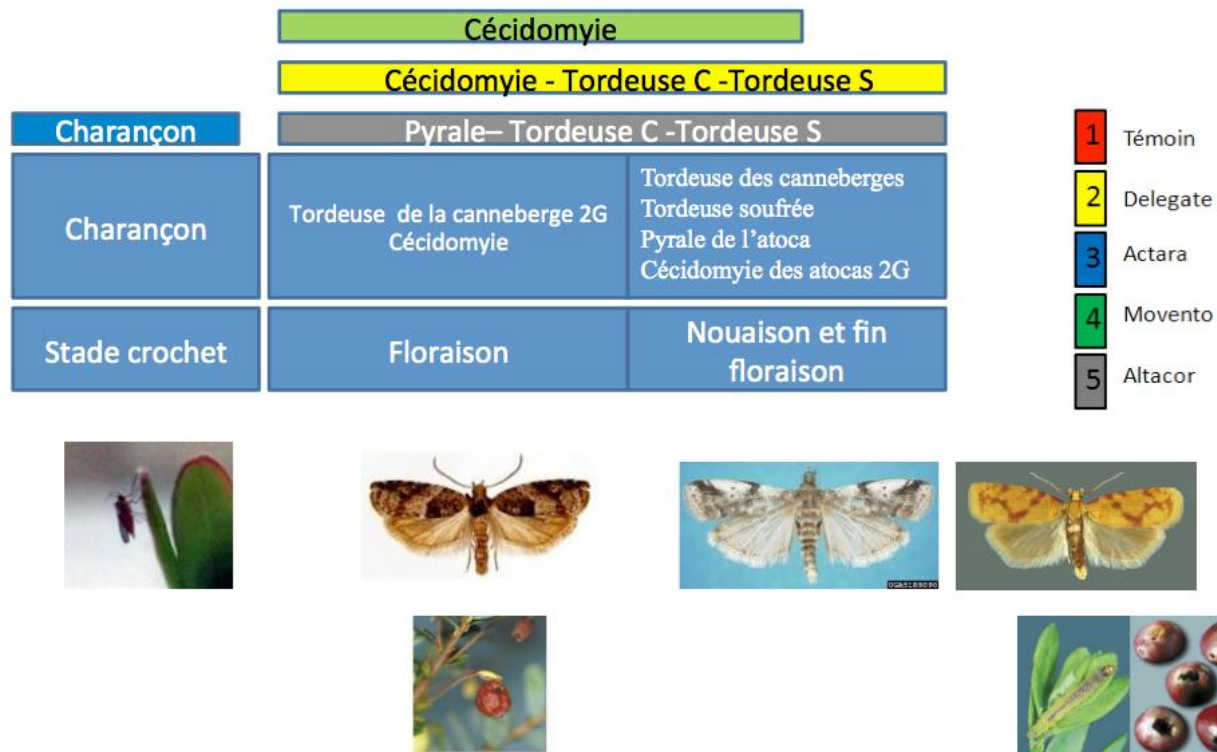


Figure 12 : Période recommandée pour l'application d'un insecticide selon le stade floral de la canneberge.

Dispositif expérimental  
Été 2011

C1 1	C2 3	C3 4	C4 2	C5 5
B1 2	B2 5	B3 1	B4 3	B5 4
A1 4	A2 2	A3 3	A4 5	A5 1



1	Témoin
2	Delegate
3	Actara
4	Movento
5	Altacor

Figure 13 : Dispositif expérimental servant à évaluer la toxicité et l'effet répulsif des pesticides à l'étude pour l'abeille domestique (2011).



Figure 14 : Transport des mini-ruches la nuit (Nucléi) (Ruches à 5 cadres).



Figure 15 : Installation des tentes abris sur les parcelles tôt le matin, avant le début du butinage.



Figure 16 : Observations comportementales : a) Vérification du nombre d'abeilles qui boivent de l'eau ; b) Observation du comportement d'agrégation sur le plafond de la tente abri.

## Résultats sur l'effet répulsif des insecticides sur les abeilles suite aux applications

Nous avons observé la présence de pollinisateurs indigènes dans les tentes, malgré le fait que ces tentes étaient fermées. Les pollinisateurs indigènes sont probablement entrés par le bas de la tente, où il y avait quelques ouvertures. Il y a eu une baisse significative de butineuses (abeilles domestiques et indigènes) sur les fleurs dans tous les traitements, comparés au butinage sur les fleurs des tentes abris témoin (Figure 17). Ces données sur l'effet répulsif ont été récoltées 24 heures après les traitements, sauf pour l'Actara qui avait été appliqué deux semaines auparavant.

Un nombre plus faible de butineuses ont été observées sur les fleurs des parcelles traitées avec le Delegate (Figure 17). Les tests statistiques qui ne prennent en compte que les abeilles domestiques, confirment une baisse de butineuses sur les fleurs dans les tentes abris traitées avec le Delegate par rapport aux butineuses observées dans les tentes abris témoins (Figure 18) ( $Z=1,6;p=0,05$ ). Ceci n'est pas mauvais en soi, car un effet répulsif de courte durée pourrait permettre aux butineuses d'éviter une parcelle fraîchement traitée. Il faudrait vérifier si cet effet répulsif est confirmé par d'autres observations et si oui, combien de temps dure cet effet. Les fleurs demeurent réceptives durant 8 jours pour la pollinisation. Un court effet répulsif n'aurait théoriquement pas d'impact négatif sur la mise à fruit.

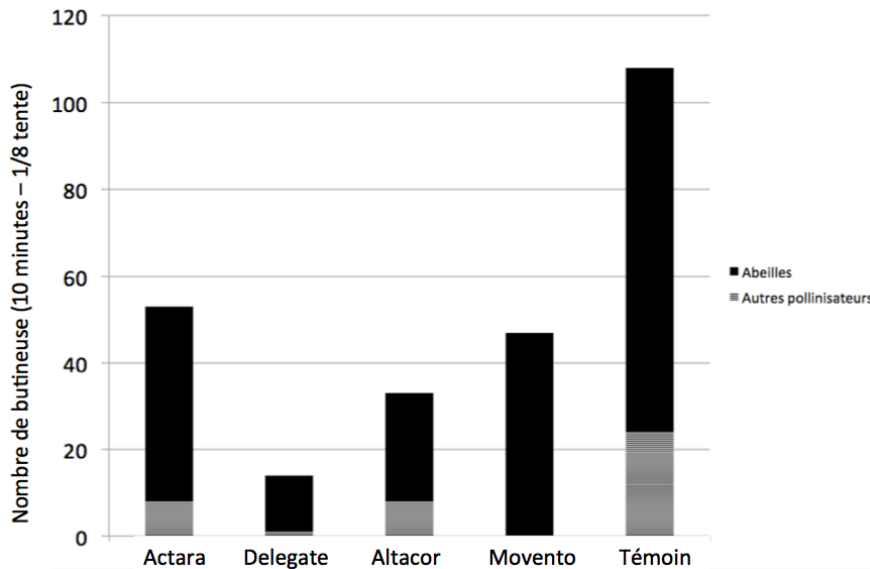


Figure 17 : Observations sur l'effet répulsif des pesticides testés. Nombre de butineuses (abeilles domestiques et autres pollinisateurs) actives sur les fleurs des plants de canneberge en 10 minutes, dans 1/8 de la tente abri.

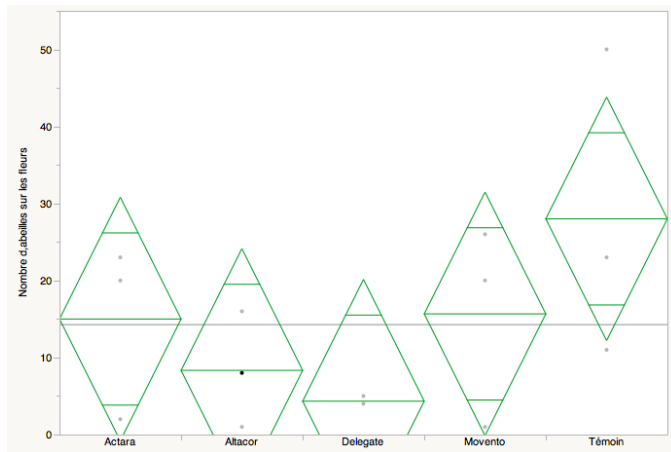


Figure 18 : Nombre d'abeilles domestiques sur les fleurs de la canneberge selon les insecticides appliqués dans les tentes abris.

### Résultats sur les changements comportementaux des abeilles

Il y avait moins d'abeilles qui s'abreuvaient dans les tentes des traitements Movento et Delegate. Il n'y avait pas de différence dans le comportement d'agrégation sur le toit entre les traitements (Figure 17). Des données plus détaillées auraient été nécessaires pour pouvoir expliquer ces observations.

### Résultats sur la mortalité des abeilles selon les insecticides :

Quatre heures après l'introduction des ruchettes dans les tentes, et malgré les observations comportementales inquiétantes dans les cages ayant été traités avec le Delegate, il n'y a pas eu de différence significative entre le nombre d'abeilles mortes dans les abris ayant été traités avec le Delegate et l'Altacor (d.l. = 5;  $F = 3,33$ ;  $p = 0,15$ ). Toutefois, contrairement aux tentes abris du traitement Altacor, le nombre abeilles mortes était significativement plus élevé, par rapport au témoin, dans le traitement Delegate (d.l. = 5,  $F = 12,57$ ;  $p = 0,039$ ) (Figure 20). Cette différence significative a été notée après 24 heures (d.l. = 5;  $F = 12,57$ ;  $p = 0,027$ ), 48 heures ( $F = 7,6$ ;  $p = 0,05$ ) et 72 heures ( $F = 8,3$ ;  $p = 0,044$ ).

Le nombre d'abeilles mortes était plus faible dans les tentes du traitement Actara que dans les tentes témoins 4 heures après l'introduction des colonies (d.l. = 5;  $F = 8,4$ ;  $p = 0,042$ ), mais 48 heures plus tard, la mortalité a augmenté significativement par rapport au témoin (d.l. = 4;  $F = 21,92$ ;  $p = 0,0047$ ) et était toujours significativement supérieure 72 heures plus tard (d.l. = 4;  $F = 31,34$ ;  $p = 0,005$ ). Ceci est surprenant puisque l'Actara (thiametoxam) avait été appliqué deux semaines avant la mise en place des tentes abris, au stade crochet. Puisque cet insecticide est systémique, il serait important de vérifier si cette mortalité pourrait être attribuée au contact des abeilles avec du pollen contaminé par ce produit. Il est important de souligner que ceci n'est pas une conclusion, mais tout simplement une piste de réflexion.

## **Conclusion :**

IMPORTANT : Nous n'avons ici que des tendances indicatrices de mortalité d'abeilles. Le nombre de réplifications ne nous permet pas de faire des tests statistiques très robustes. De plus, il est difficile d'évaluer le nombre d'abeilles qui sont mortes dans la végétation et qui ne sont pas comptabilisées.

Les tendances sont les suivantes : les insecticides Movento et Actara n'ont pas causé de mortalité après leur application. Nous avons toutefois perçu une hausse de mortalité après 48 heures.

L' Altacor<sup>mc</sup> (Chlorantraniliprole 35 %) s'est avéré l'insecticide qui a causé le moins de mortalité chez les abeilles. Il faut cependant l'utiliser avec prudence, car il est toxique envers les organismes aquatiques. La Chlorantraniliprole peut persévérer dans l'environnement.

L'insecticide Delegate offre un produit de remplacement au Diazinon qui est intéressant. Son emploi alternatif avec l'Altacor peut s'avérer très utile pour la gestion de la résistance des ravageurs aux insecticides. Il faut s'assurer que le produit soit bien séché avant la sortie des butineuses.

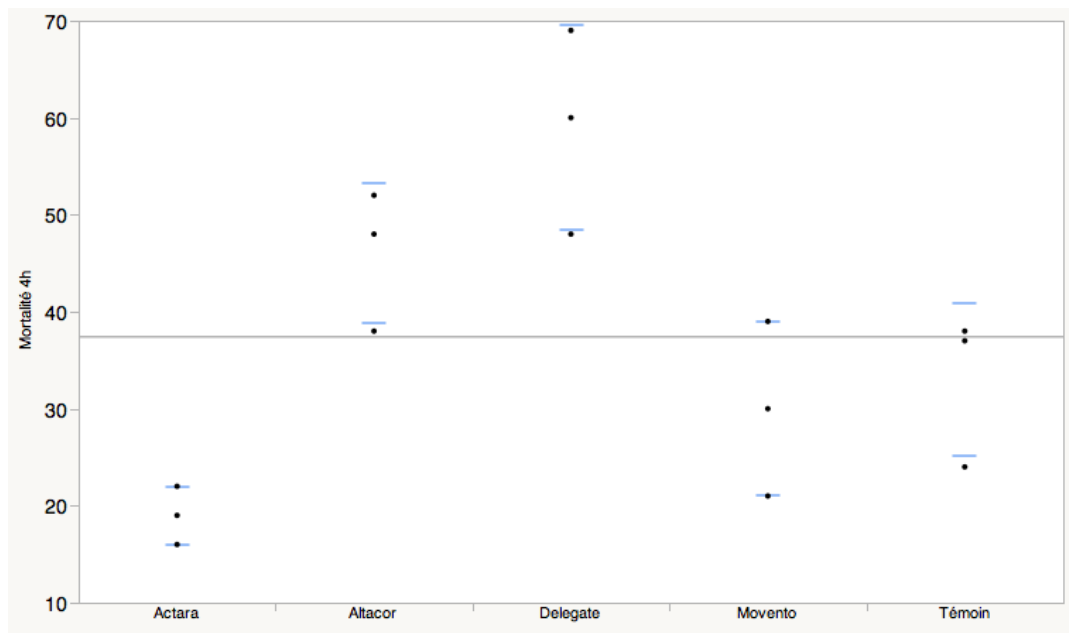


Figure 19 : Nombre d'abeilles mortes devant les ruchettes, 4 heures après leur entrée dans les tentes abris, selon les traitements.

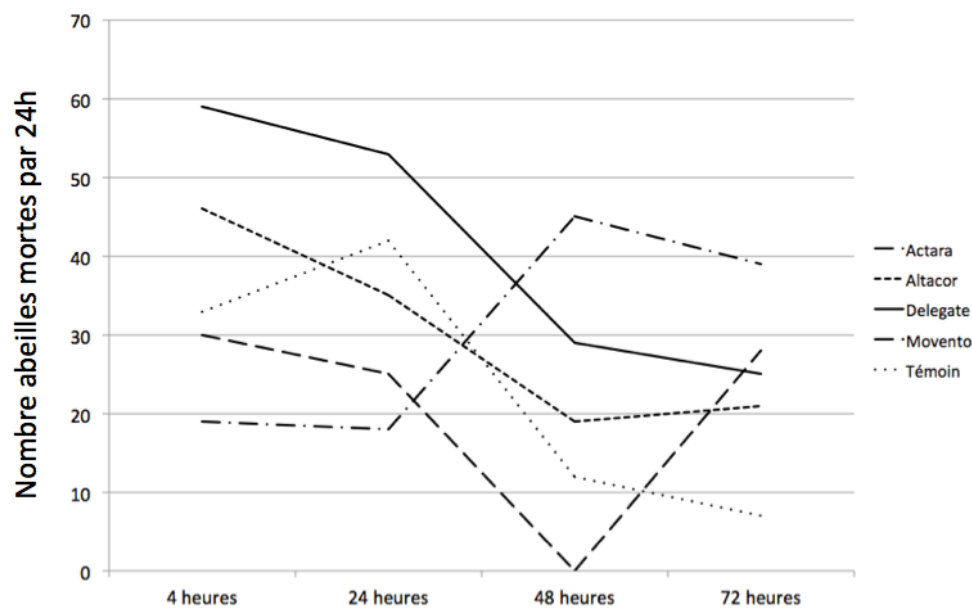


Figure 20 : Nombre d'abeilles mortes devant les ruches selon les traitements (par 24 heures d'observation).

## 2.1.4 Phase 2 (ajout au projet en 2013) : Dérive

### Objectifs

#### *Objectif général*

Estimer la distance de dérive des pesticides selon différentes stratégies d'épandage à grande échelle (hauteur des buses et type de buses) afin de prévoir une distance sécuritaire de positionnement des ruches sur le bord des champs.

#### *Objectifs spécifiques*

- a. Quantifier les dépôts de pesticides au-delà de la zone ciblée par le traitement;
- b. Évaluer la répartition de la dérive (distance de transport et de dépôt des gouttelettes);
- c. Comparer les effets de la hauteur de la rampe et du type de buse utilisé sur l'importance et la répartition de la dérive.

### Méthodologie

La méthodologie retenue pour évaluer l'efficacité environnementale des buses antidérive et l'effet de la hauteur des rampes sur la dérive est basée sur l'utilisation de traceur (colorant) piégé sur des collecteurs passifs. Elle comporte deux (2) phases :

- a. La première se déroule au champ. Des collecteurs installés autour des parcelles permettent de piéger les gouttelettes pulvérisées et dérivées hors de la zone de traitement.
- b. La seconde se déroule au laboratoire. Elle consiste à mesurer les quantités (surface relative) de colorant recueillies sur les collecteurs disposés autour des parcelles.

#### *Facteurs étudiés*

Deux facteurs sont évalués dans cet essai : la taille des gouttelettes (type de buse) et la hauteur de la rampe. Pour évaluer l'effet de la taille des gouttelettes sur la dérive, deux types de buses sont comparés : les buses conventionnelles (TeeJet XRC 11003) qui produisent des gouttelettes fines et les buses antidérives (TeeJet AIXR 11003) qui produisent des gouttelettes très grossières. Chacune de ces buses est testée à deux hauteurs de pulvérisation : 50 cm et 1,20 m de la canopée. Le dispositif a donc compté au total quatre traitements.

Les paramètres de pulvérisation (dose de produit, volume de bouillie, pression de pulvérisation et vitesse d'avancement du pulvérisateur) sont identiques pour tous les traitements.

#### *Protocole de mesure au champ*

##### *Choix et positionnement des collecteurs*

Les collecteurs utilisés dans le cadre de cet essai sont des papiers filtres absorbants. Ils sont disposés dans des boîtes de Pétri mesurant 9,1 cm de diamètre. Les collecteurs placés à l'extérieur de la zone traitée ont été distribués aux quatre côtés du champ, en trois rangées parallèles. Ceux-ci ont été espacés



de 100 m sur la longueur du champ et de 10 m à chaque extrémité du champ. Sur chacune des rangées, six séries de trois collecteurs (en trois rangées) ont été placés à des distances de 2 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, et 25 m de la bordure du champ. Les collecteurs placés à l'intérieur de la zone traitée ont été distribués en deux rangées et placés à : 1 m, 3 m, 5 m, 7 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 15 m, 17 m, 19 m et 21 m du fossé. Les collecteurs installés à l'extérieur du champ ont été placés à hauteur de la digue tandis que ceux installés à l'intérieur du champ ont été placés à hauteur de la canopée (Figure 31).

L'installation des collecteurs a eu lieu le soir du traitement, pour recueillir les gouttelettes pulvérisées et dérivées hors de la zone ciblée. La vitesse du vent, la température et l'humidité relative ont été mesurées à chaque passage avec un anémomètre multifonctionnel HX285.

#### Pulvérisation de la bouillie

Le traceur utilisé était un colorant alimentaire. Il a été dilué dans l'eau à une concentration de 27.5 g par litre. La pulvérisation a eu lieu en début de soirée, aux heures habituelles de traitement, et un volume de 250 litres de bouillie/ha a été épandu.

#### Récupération des collecteurs

Au terme de chaque pulvérisation, les collecteurs ont été rapidement ramassés. Les boîtes de Pétri ont ensuite été fermées, étiquetées et mises en caisse.

#### **Variables mesurées**

L'aire à l'intérieur des plats de Pétri était de 6503,88 mm<sup>2</sup>. Au laboratoire, la dispersion (recouvrement) de la bouillie a été déterminée pour chaque collecteur à l'aide d'un analyseur d'images. Le logiciel IMAGEJ Version 1.47 <http://rsbweb.nih.gov/ij/> a été utilisé. Son mode d'utilisation peut être consulté au site Web suivant : <http://www.unige.ch/medecine/bioimaging/tricks/imagejtutorials/Quantification.pdf>

## **Conditions expérimentales**

### **Paramètres de pulvérisation**

Dose de produit: 27,5 g/litre

Taux d'application: 100 litres/acre

Pression: 35 PSI

Vitesse d'avancement: 5 km/h

Les mesures de vitesse du vent ont été répétées sur une période de 25 à 30 minutes, soit une première mesure 5 minutes avant la pulvérisation suivie d'une mesure à toutes les deux minutes et d'une dernière 5 minutes après l'application (tableau 8 et tableau 9). L'ordre de réalisation des traitements a été inversé pour le jour 1 et le jour 2. On a commencé par le traitement A au jour 1 et terminé par le traitement D. Au jour 2, on a commencé par le traitement D et terminé par le traitement A.

### **Traitements**

**A:** Buses conventionnelles et hauteur de pulvérisation de 50 cm

**B:** Buses antidérive et hauteur de pulvérisation de 50 cm

**C:** Buses conventionnelles et hauteur de pulvérisation de 1,20 m

**D:** Buses antidérive et hauteur de pulvérisation de 1,20 m

**Tableau 8 : Conditions météorologiques au moment des applications de colorant. Jour 1 : 19/08/2013**

<b>Vitesse du vent (km/h)</b>				
<b>Mesures</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<i>5 min avant</i>	3,9162	3,5502	3,9162	1,4091
1	5,3436	7,4847	4,6116	1,4091
2	6,0573	6,771	4,6116	3,5502
3	5,3436	7,8507	7,1187	2,8365
4	6,0573	6,0573	4,6116	1,4091
5	5,3436	4,6116	6,405	3,2025
6	3,9162	6,405	4,6116	4,6116
7	7,1187	4,9776	7,8507	3,2025
8	9,6807	1,4091	5,6913	0,6954
9	7,4847	8,5461	7,4847	0,9882
10	7,4847	5,6913	7,1187	1,4091
<i>5 min après</i>	5,6913	5,3436	4,2639	2,8365
<b>Température °C</b>				
Avant	24,4 <sup>0</sup> C	22,3	20,4 <sup>0</sup> C	18,6 <sup>0</sup> C
<b>Humidité Relative</b>				
Avant	69,2	74,6	81,3	86,4

**Tableau 9 : Conditions météorologiques au moment des applications de colorant. Jour 2 : 20/08/2013**

<i>Vitesse du vent (km/h)</i>				
<i>Mesures</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>5 min avant</i>	11,0532	7,8507	5,3436	6,0573
1	8,5461	12,3159	4,6116	4,2639
2	9,9918	9,2598	8,1801	7,1187
3	7,8507	8,5461	6,0573	7,4847
4	10,7238	12,3159	7,4847	6,0573
5	10,3212	10,7787	4,6116	4,2639
6	9,9918	7,8507	4,2639	4,9776
7	8,1801	10,3212	6,0573	6,771
8	7,8507	11,0532	4,6116	6,405
9	8,5461	8,9121	7,1187	7,1187
10	8,9121	10,3212	7,8507	8,9121
<i>5 min après</i>	8,9121	7,1187	7,4847	10,6872
<i>Température °C</i>				
Avant	28,6	27,2	23,5	22,5
<i>Humidité Relative</i>				
Avant	57,5	64,2	68,5	72,8

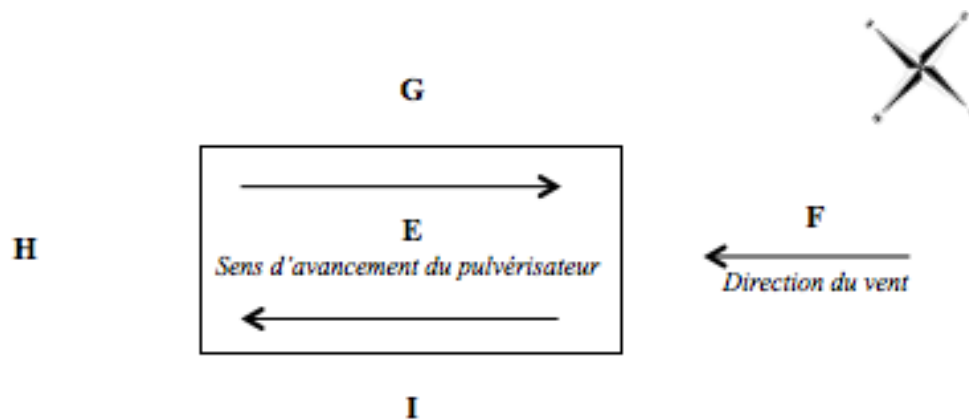


Figure 21 : Sens de l'avancement du pulvérisateur par rapport à la direction du vent (F : Sud-Ouest).



Figure 22 : Différentes densités de recouvrement du papier filtre dans les plats de Pétri par le colorant, selon la distance et la disposition des collecteurs.

## Compilation des résultats et discussion

Les épandages ont été répétés sur deux soirs. Un total de 695 boîtes Pétri a été récolté pour analyse. Selon les différents traitements et le positionnement des boîtes de Pétri à l'intérieur et à l'extérieur du champ traité, une dose différente du colorant a dérivé sur les papiers filtres (Figure 22). Par les algorithmes du logiciel utilisé (IMAGEJ), l'ensemble des aires colorées a été combiné pour estimer le pourcentage de recouvrement du produit épandu sur le papier filtre. Ces recouvrements variaient de 0 % à 100 % (Figure 22). Pour chaque distance, la moyenne de recouvrement des trois boîtes de Pétri, placés parallèlement à cette même distance du bord du champ, a été utilisée pour nos analyses. Les figures 26 à 29 illustrent les résultats obtenus, par traitement et par position par rapport au vent dominant et au mouvement du pulvérisateur.

### Conditions météorologiques

La position H par rapport au champ est celle qui est sous le vent dominant (Figure 21). La comparaison des données sur la force du vent, avant, durant et après les traitements, nous confirme que le vent était plus faible lors des épandages du jour 1 (moyenne 5 km/h) que lors des épandages du jour 2 (moyenne 8 km/h). La température était en moyenne 4°C plus élevée le jour 2, durant les épandages. Entre le traitement A et le traitement D, la vitesse du vent a baissé de 3,8 km/h le jour 1 et de 6,1 km/h le jour 2, alors que la température moyenne a baissé d'environ 3,8°C le jour 1 et 6°C le jour 2. (Tableau 10).

**Tableau 10 : Résumé des conditions météorologiques (Vitesse du vent et température) durant les traitements du jour1 (19-08-2013) et jour 2 (20-08-2013)**

	Traitement							
	A		B		C		D	
	Jour1	Jour 2	Jour1	Jour 2	Jour1	Jour 2	Jour1	Jour 2
Vitesse moyenne								
du vent Km/h	6,3830	9,0914	5,9804	10,1675	6,0116	6,0848	2,3314	6,3373
Température moyenne								
durant le traitement °C	24,4	28,6	22,3	27,2	20,4	23,5	18,6	22,5

**Résultats et discussion sur la distance de dérive par rapport aux traitements**

*La position H, sous le vent dominant*

Peu importe le traitement, la dérive a été statistiquement plus importante (Figure 23), telle qu'évaluée par la surface de recouvrement, dans la position H du champ, position sous le vent, que dans les autres positions.

- Traitement A :  $F = 5,48 ; p = 0,0014$
- Traitement B :  $F = 8,47 ; p < 0,0001$
- Traitement C :  $F = 11,45 ; p < 0,0001$
- Traitement D :  $F = 4,08 ; p = 0,008$

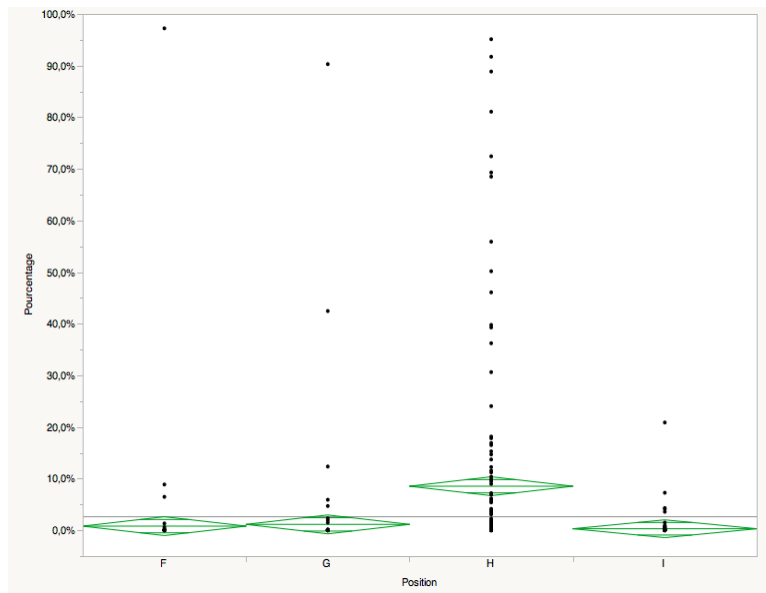


Figure 23 : Pourcentage de recouvrement de la dérive par rapport à la position des capteurs, moyennes des deux jours de l'essai.

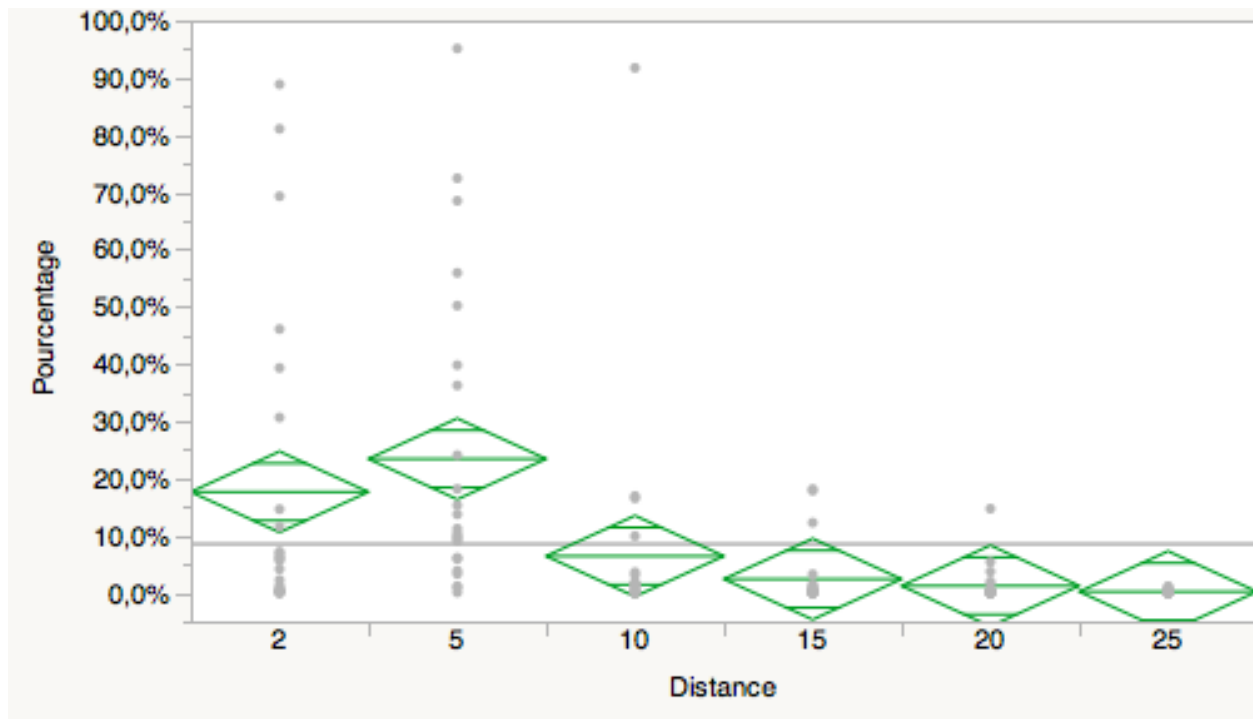


Figure 24 : Pourcentage de recouvrement de la dérive selon les distances des capteurs du bord du champ, pour la position H, sous le vent, tous les traitements confondus.

Ce résultat a été confirmé pour chacun des jours de l'essai pris séparément (Figures 26 et 27). Ceci était prévisible puisqu'il s'agit de la position sous les vents dominants. Pour toutes les autres positions, la dérive n'a que rarement dépassé 2 m et, si oui, la fraction de recouvrement mesurée dans le Pétri était inférieure à 1 %.

Une analyse plus approfondie de la distance de distribution de la dérive dans la position H (sous le vent) démontre que même dans cette direction, il y a une baisse significative de la dérive après 5 mètres de distance du bord du champ, tout traitement confondu (Figure 24) (Anova :  $F = 7,33$ ;  $p = 0,0001$ ; Test de Student :  $t = 1,97$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Une analyse de moyennes par un Test  $t$  de Student pour chaque paire fait ressortir que la différence dans le recouvrement moyen de la dérive ne diffère pas significativement entre 2 mètres et 5 mètres, mais qu'il est significativement plus élevé qu'à toutes les autres distances évaluées (10 m, 15 m, 20 m, 25 m). Ces dernières distances avaient reçu en moyenne une quantité de dérive qui ne différait pas significativement entre elles (Tableau 11).

**Tableau 11 : Valeur du P-value pour le test de comparaison des moyennes pour le pourcentage de recouvrement de la dérive selon les distances, dans la position H, sous le vent, tous les traitements confondus (test *t* de Student pour chaque paire).**

Niveau	- Niveau	Différence	Erreur standard de la différence	Limite de contrôle inférieure	Limite de contrôle supérieure	P-value
5	25	0,2320035	0,0505742	0,132003	0,3320042	<,0001*
5	20	0,2218325	0,0505742	0,121832	0,3218331	<,0001*
5	15	0,2100317	0,0505742	0,110031	0,3100323	<,0001*
2	25	0,1742504	0,0505742	0,074250	0,2742510	0,0008*
5	10	0,1698483	0,0505742	0,069848	0,2698489	0,0010*
2	20	0,1640793	0,0505742	0,064079	0,2640799	0,0015*
2	15	0,1522785	0,0505742	0,052278	0,2522791	0,0031*
2	10	0,1120951	0,0505742	0,012094	0,2120958	0,0283*
10	25	0,0621553	0,0505742	-0,037845	0,1621559	0,2212
5	2	0,0577532	0,0505742	-0,042247	0,1577538	0,2555
10	20	0,0519842	0,0505742	-0,048016	0,1519848	0,3058
10	15	0,0401834	0,0505742	-0,059817	0,1401840	0,4282
15	25	0,0219719	0,0505742	-0,078029	0,1219725	0,6646
15	20	0,0118008	0,0505742	-0,088200	0,1118014	0,8158
20	25	0,0101711	0,0505742	-0,089830	0,1101717	0,8409

### ***Force du vent, le jour du traitement***

Le jour 1, où la vitesse du vent était plus faible, il y a eu dérive allant jusqu'à environ 30 % de recouvrement, à 2 mètres de distance du champ, dans la position F, qui était la position contre le vent dominant (Figure 26). Une partie de ce recouvrement peut probablement être expliqué par une certaine imprécision de l'emplacement où le pulvérisateur est mis en marche ou arrêté à chaque extrémité du champ. Ce recouvrement peut également être expliqué par le fait qu'une vitesse du vent plus faible pourrait permettre à la dérive de s'étendre dans la direction d'avancement du pulvérisateur.

Le jour 2 (Figure 27), le vent étant plus fort, ce phénomène n'a pas été observé et la dispersion de la dérive s'est orientée plutôt dans la direction du vent. Ceci veut dire qu'il est important de prévoir la direction d'avancement du pulvérisateur, lorsque la vitesse du vent est faible.

Peu importe le traitement, la dérive s'est toujours étendue sur une plus longue distance dans la direction sous le vent, lors de l'épandage du jour 2, le jour où la vitesse du vent était la plus élevée. Notons cependant, tel que déjà mentionné, que dans le cas des positions autres que H (direction sous le vent), la dérive ne dépassait pas 2 mètres, ou du moins, diminuait forment après cette distance. Ceci nous confirme l'importance de bien positionner un rucher par rapport au vent dominant lorsque ce dernier est établi dans une culture qui recevra des épandages par voie terrestre.

### ***La distance de dérive par rapport aux traitements***

Nos résultats démontrent que les traitements faits avec la rampe à 1,2 m (traitements C et D) de hauteur provoquaient une dérive statistiquement plus importante en recouvrement ( $F = 10,36$   $p = 0,001$ ) (Figure 28 et figure 29; tableau 12). Le type de buse ne modifie pas le pourcentage de dérive en quantité (surface de recouvrement). Toutefois, il faut aussi regarder la distance sur laquelle cette dérive s'est étendue.

Le traitement C (hauteur 1,2 m et buse conventionnelle) est celui qui a permis une dérive sur une plus grande distance, c'est à dire jusqu'à 25 mètres, dans la position H (direction sous le vent). Quoique le pourcentage de recouvrement à cette distance fût très faible (0,12 %), on a trouvé un pourcentage de recouvrement de 14 % à 20 m, de 17 % à 15 m et de 16 % à 10 m. De plus, on a obtenu des valeurs supérieures à 50 % de recouvrement à 5 mètres du bord du champ. Le traitement D a aussi permis une dérive très importante en position H, sous le vent (plus de 40 % de recouvrement, à 2 m et 5 m), mais la distance a été réduite par l'usage de la buse antidérive.

Le jour 1, où la vitesse du vent était plus faible, le traitement D (buse antidérive à la hauteur de 1,2 m), a occasionné une dérive permettant un recouvrement de 30 % à 40 % de colorant dans les boîtes de Pétri, à 2 m du bord du champ, pour toutes les positions sauf la position I. On voit que pour ce traitement D, la dérive est plus étendue dans la position sous le vent dominant, sans toutefois dépasser un pourcentage de recouvrement de 1 % à plus de 5 mètres de distance.

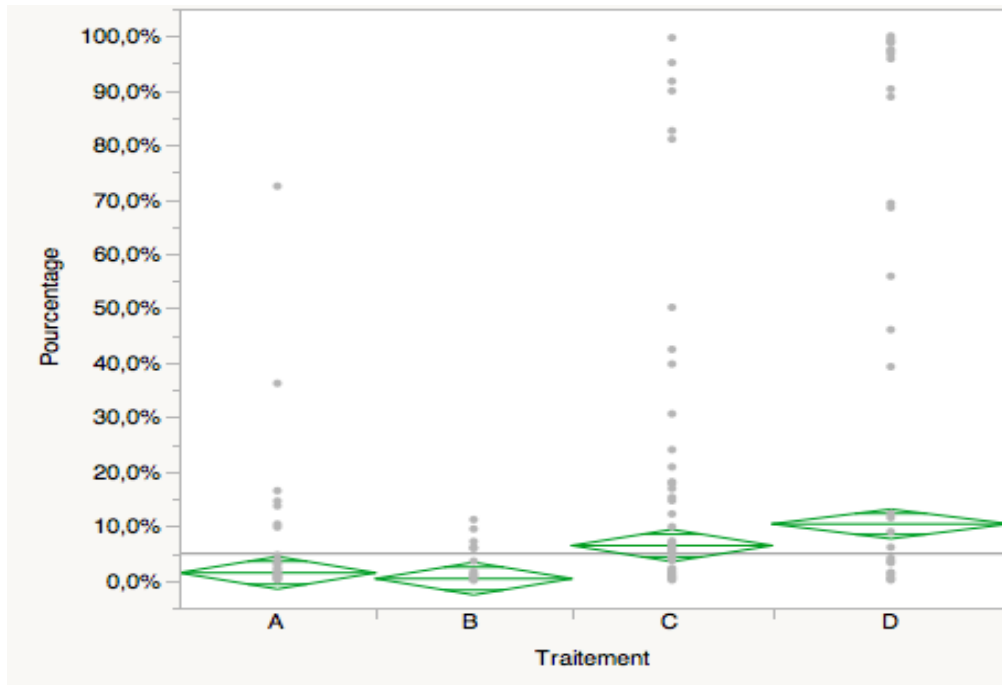


Figure 25 : Pourcentage de recouvrement occasionné par la dérive selon les traitements, toutes positions confondues.



**Tableau 12 : Comparaison des moyennes pour le pourcentage de recouvrement selon les traitements, toutes positions confondues**

Niveau	Niveau	Différence	Erreur standard de la différence	Limite de contrôle inférieure	Limite de contrôle supérieure	P-value
D	B	0,1004273	0,0205318	0,060105	0,1407496	<,0001*
D	A	0,0897206	0,0205318	0,049398	0,1300429	<,0001*
C	B	0,0607207	0,0213686	0,018755	0,1026864	0,0046*
C	A	0,0500140	0,0213686	0,008048	0,0919797	0,0196*
D	C	0,0397066	0,0204169	-0,000390	0,0798032	0,0523
A	B	0,0107067	0,0214785	-0,031475	0,0528882	0,6183

Les traitements A et B, où la rampe était à 50 cm de hauteur, ont permis une réduction de la distance de la dérive, ainsi que de son importance en pourcentage de recouvrement. Le jour 1, où la vitesse du vent était plus faible ( $\pm 6$  km/h), il n'y a pas eu de différence significative entre ces deux traitements, ni pour la distance, ni pour le recouvrement. Toutefois, le jour 2, où la vitesse du vent était plus élevée ( $\pm 9,5$  km/h), la buse antidérive (Traitement B) a permis une réduction de la quantité de produit épandu, ceci se reflétant par un pourcentage de recouvrement ne dépassant pas, en moyenne, 5 % et 5 mètres de distance, alors que des buses conventionnelles placées à la même hauteur (traitement A) ont permis à la dérive de se rendre jusqu'à 15-20 mètres dans la direction du vent et ceci avec un pourcentage de recouvrement d'un peu plus de 40 %, en moyenne, à 5 mètres du champ. Notons que la vitesse du vent était similaire (tableau 10) durant les épandages du traitement A et du traitement B, et ce, pour les deux jours des essais.

### *Conclusions sur la dérive*

Selon les recommandations de la « American Society of Agricultural and Biological Engineers », la hauteur de la rampe devrait être égale ou inférieure à 60 cm au-dessus de la culture ou du sol. On recommande aussi de ne pas appliquer de traitement en temps mort ou lorsque la vitesse du vent est supérieure à 16 km/h dans la zone de traitement. Nos résultats confirment ces recommandations, tout en spécifiant la longueur et la direction des zones à risque.

Lorsque la vitesse du vent est plus grande, la dérive se concentre principalement du côté sous le vent. Il n'est donc pas recommandé d'installer un rucher dans cette position. Toutefois, dans ce cas, la dérive se concentrera presque uniquement dans le sens du vent par rapport à la zone traitée, et toutes les autres orientations deviennent alors plus sécuritaires pour les ruches. D'autre part, quand la vitesse du vent est moindre, la direction de la dérive est aussi influencée, avec une moindre importance, par le sens d'avancement du pulvérisateur. La position la plus sécuritaire sera celle longeant le champ.

L'utilisation des buses antidérive, à une hauteur de 50 cm (Traitement B), a réduit la surface de recouvrement à moins de 5 %, en moyenne, à une distance de 5 mètre, et ce, à la position H qui était dans la direction du vent. Un bon positionnement des ruches, dans le sens opposé au vent dominant et à plus de 10 mètres par rapport au sens d'avancement du pulvérisateur, une hauteur de la rampe à 50 cm et l'utilisation des buses antidérive permettraient de diminuer les risques d'empoisonnement d'abeilles dans les cannebergières, lors des épandages d'insecticides.

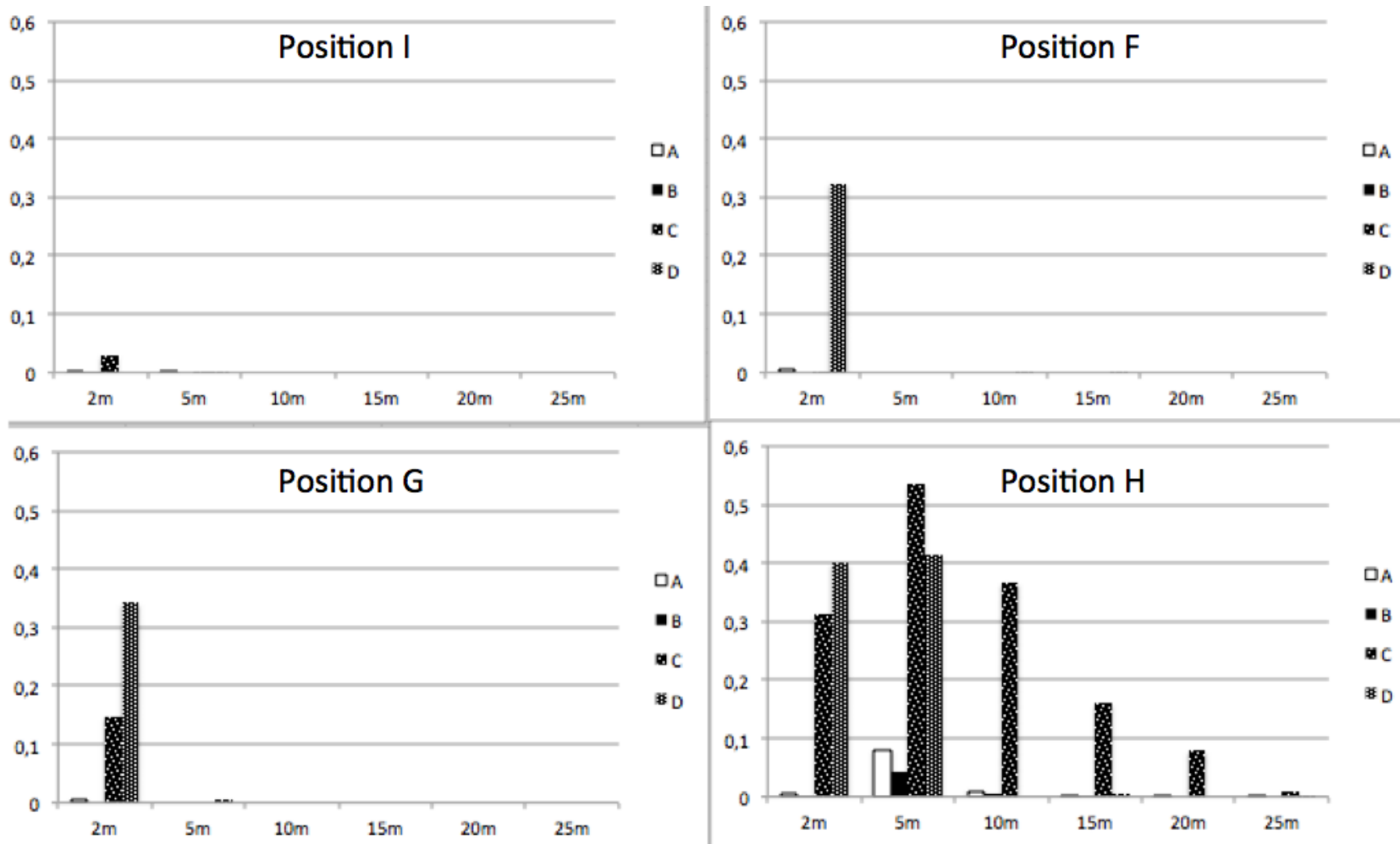


Figure 26 : Jour 1: Dérive selon l'orientation du champ. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour les traitements A, B, C, D.

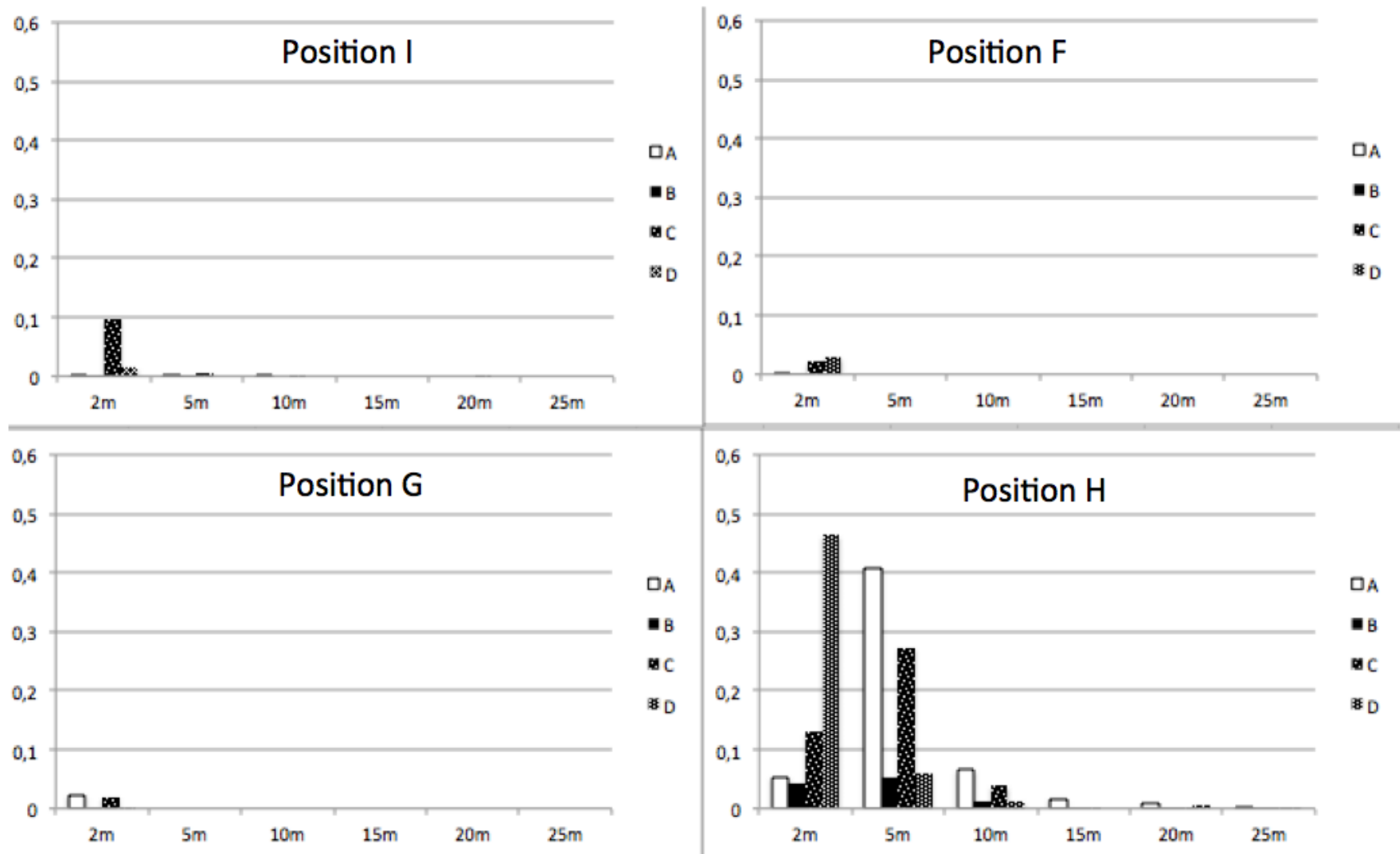


Figure 27 : Jour 2: Dérive selon l'orientation du champ. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour les traitements A, B, C, D.

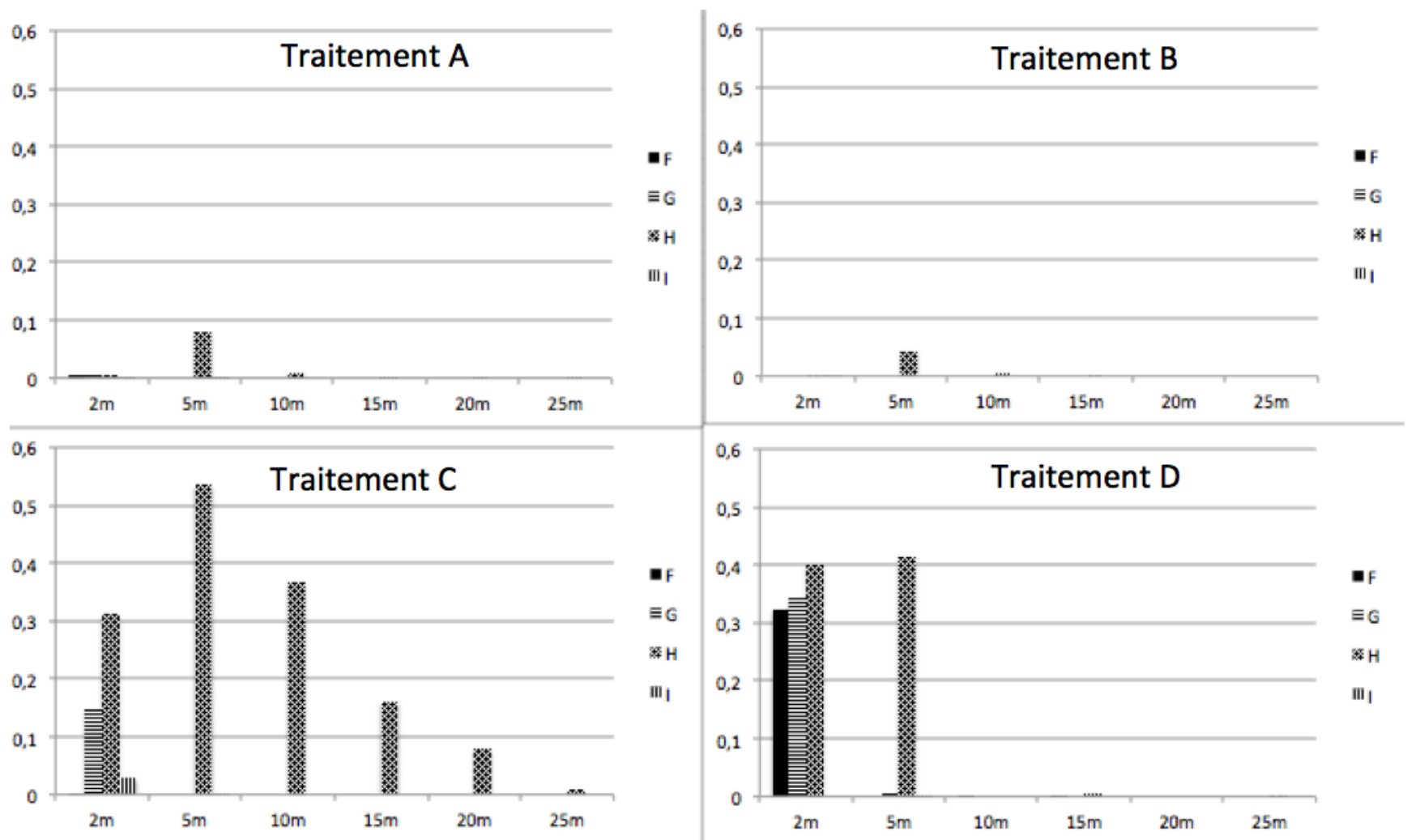


Figure 28 : Jour 1: Traitements selon les positions des capteurs. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour orientations F, G, H, I.

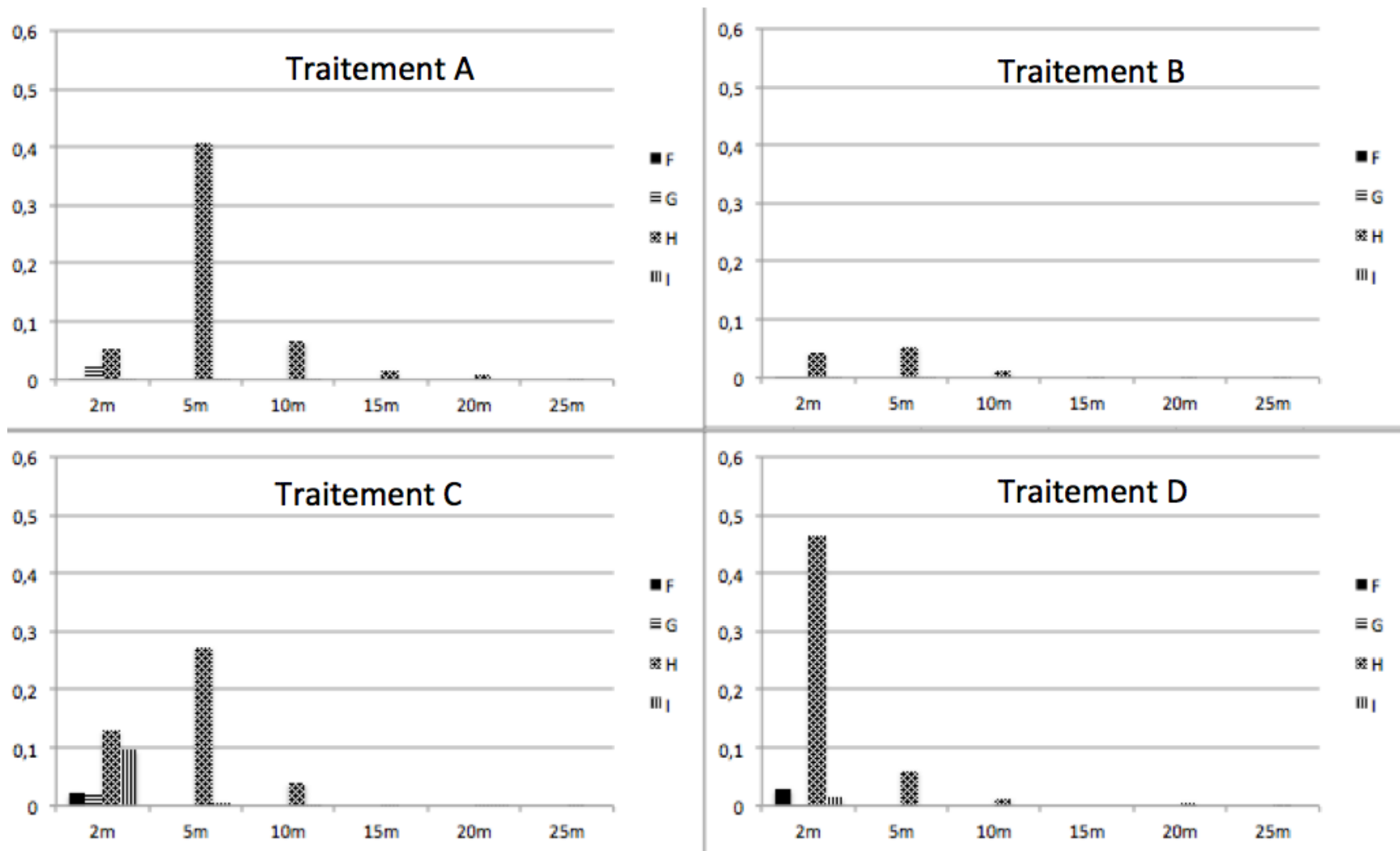


Figure 29 : Jour 2: Traitements selon les positions des capteurs. Fraction de recouvrement du papier filtre à l'intérieur du pétri selon les distances du champ des capteurs, pour orientations F, G, H, I.

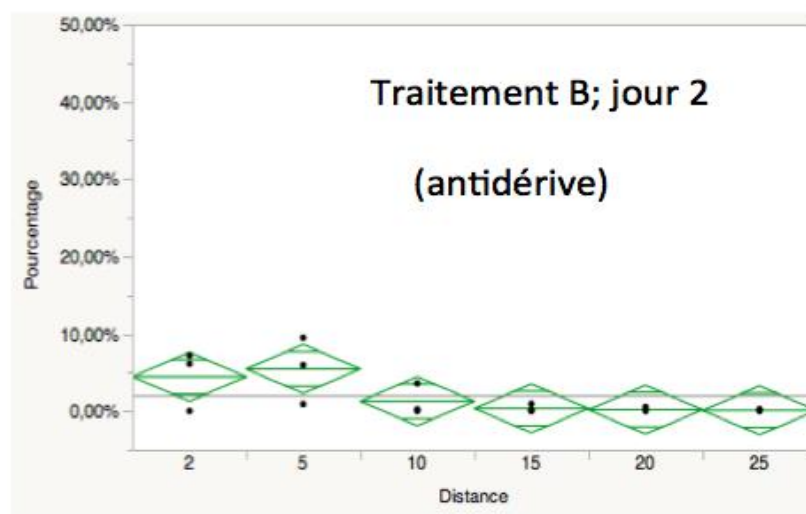
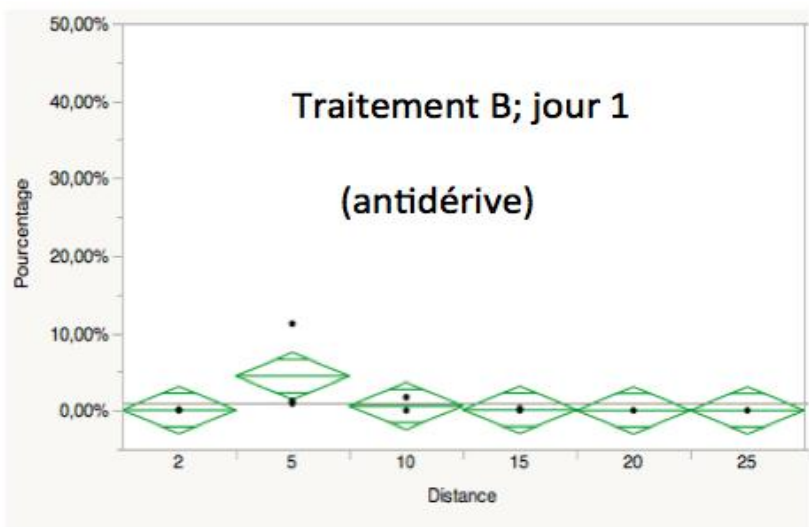
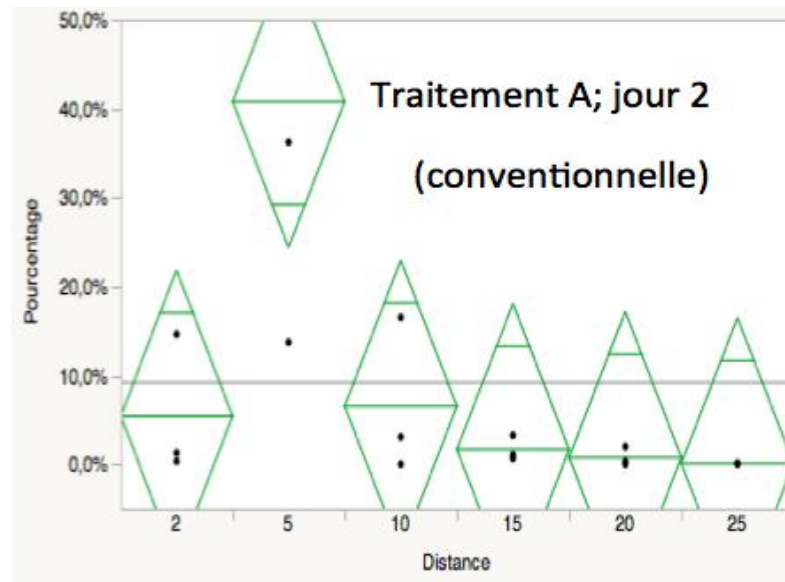
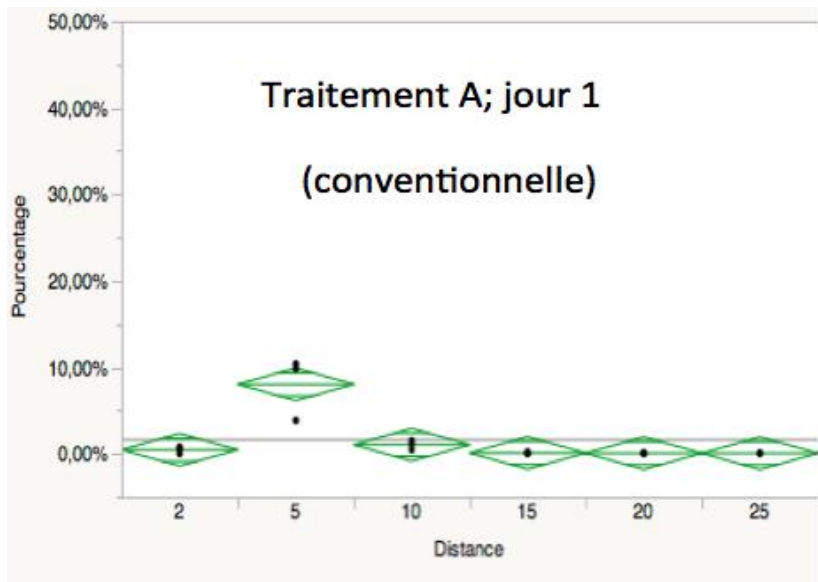


Figure 30 : Distribution et recouvrement de la dérive selon les traitements A (50 cm de hauteur, buse conventionnelle) et B (50 cm de hauteur, buse antidérive), en position H, sous le vent.

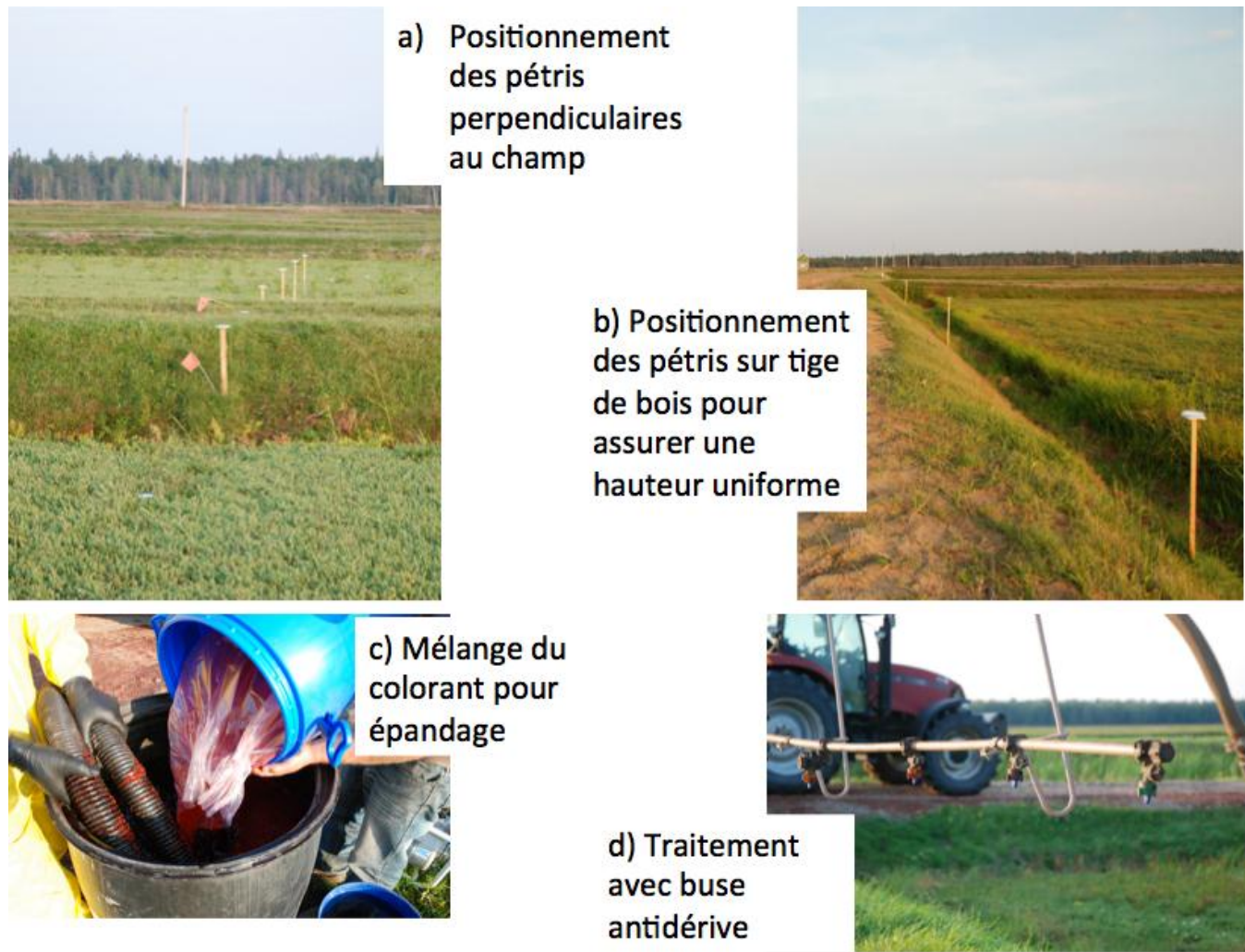


Figure 31 : Illustration de quelques étapes de la méthodologie pour les traitements au colorant pour estimer la distance de dérive.

## 2.2 CHANGEMENTS À LA RÉALISATION DU PROJET PAR RAPPORT À CE QUI AVAIT ÉTÉ PRÉVU.

Les changements à la réalisation du projet par rapport à ce qui avait été prévu sont les suivants :

- Lors du Volet I (observation des incidences de mortalité), une inspection pré-application a été effectuée et des abeilles ont été récoltées et mises au congélateur afin de pouvoir comparer les analyses toxicologiques avant et après traitements, si nécessaire.
- Lors du Volet I (observation des incidences de mortalité), toutes les ruches ont été examinées, chez chacun des producteurs sélectionnés. Lors de la proposition, nous avons suggéré de sélectionner seulement 4 ruches par rucher. Ce n'était pas plus d'ouvrage de toutes les observer et l'observation était ainsi plus complète. Ceci a été refait en 2010 et en 2011.
- Nous avons laissé tomber les essais concernant le B.t. car, au point de vue opérationnel, il n'était pas possible de faire deux traitements dans la même journée et de monter les tentes abris (conditions semi-cagées) pour les abeilles. Les tentes abris devaient être montées après le traitement avec l'Entrust et, une fois les tentes abris montées, il est impossible de passer avec la rampe car celle-ci est plus basse que les tentes.
- Nous avons testé une application à demi-dose qu'on a laissé sécher, sans le rincer ensuite. Ce traitement n'était pas prévu lors de la proposition.
- Nous avons dû écourter d'une journée la période d'observation dans les tentes abris, car le producteur voulait faire un traitement de fertilisation et, vu la hauteur des tentes abris, il n'aurait pas pu passer au-dessus de ces tentes avec la rampe de son pulvérisateur.
- Nous avons ajouté une dernière phase du projet qui n'était pas prévu : Phase 3 : tests sur la dérive.



## 2.3 SOMMAIRE DES RÉSULTATS OBTENUS.

### PHASE I : Les pesticides

Les observations concernant les circonstances pouvant engendrer des mortalités d'abeilles post-traitement semblent démontrer que l'insecticide Diazinon, utilisé par les producteurs conventionnels, serait plus à risque pour les abeilles que le Entrust. Un plus grand nombre de ruches était affectées suite à ces traitements et, de plus, un plus grande nombre d'abeilles mortes a été observé devant chacune des ruches affectées, 24 et 48 h, après les épandages au Diazinon. Lors de nos expériences contrôlées, ceci a aussi été observé, autant en cage que sur le terrain. Lors des études en cage, le Diazinon s'est révélé plus toxique que l'Entrust (Spinosad). Cette toxicité pour l'abeille était déjà connue et c'est pour cette raison que le produit était rincé le matin. Le Diazinon sera remplacé par de nouveaux produits récemment homologués, qui ont fait l'objet d'un autre volet de notre étude.

L'insecticide Entrust doit être séché trois heures avant le début de butinage des abeilles le matin. Nos résultats en cage suggèrent que le Spinosad pourrait être réactivé lors d'un ré-humidification du feuillage. Ces conditions pourraient survenir tôt le matin dans certaines cannebergières, lors de la présence d'une brume matinale sur les bassins. Toutefois, lors d'une observation post traitement sur le terrain, un matin brumeux, les colonies observées semblaient bien se porter. Pour les producteurs de canneberges biologiques, Entrust (Spinosad) demeure le seul insecticide homologué. Nous avons évalué les possibilités de rincer cet insecticide tôt le matin, pour le rendre plus sécuritaire. Nos résultats démontrent qu'il serait effectivement possible de rincer ce produit avant la sortie des butineuses le matin, tel qu'il est de pratique présentement pour le Diazinon, rendant le produit plus sécuritaire pour les butineuses présentes sur les fleurs et sur le feuillage. De plus, selon les résultats obtenus, il semblerait que cette pratique affecterait très peu l'efficacité du pesticide Entrust contre les deux principaux ravageurs de la canneberge, la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) et la tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*). Toutefois, la logistique de cette procédure est délicate, car le rinçage doit être terminé avant le lever du jour, avant que les abeilles commencent à butiner. De plus, l'eau de lessivage risque de se trouver dans des flaques d'eau dans la cannebergière, demeurant accessibles aux abeilles par une autre voie d'exposition. Il revient aux agronomes des clubs conseils de mettre en pratique ou non cette procédure. Nous recommandons aux producteurs de canneberges de s'en remettre à ces spécialistes avant de prendre toute initiative à cet égard. Il se pourrait qu'un taux élevé d'infestation des insectes ravageurs entraîne une contre-indication à cette pratique. Quatre pesticides ont été testés en regard de leur toxicité pour l'abeille. L'expérimentation a été réalisée en cage de confinement (tentes abris) afin de s'assurer du butinage exclusif de fleurs étant sur des plants ayant reçu des traitements à dose recommandée, du pesticide à l'essai. Le pesticide qui semble le plus sécuritaire pour l'abeille est l'Altacor. Ce pesticide a causé le moins de mortalités par contact pour l'abeille. Ceci confirme les résultats de nos essais en cage où l'Altacor n'avait pas causé de mortalité ni par ingestion, ni par contact, à des doses recommandées au champ.

### PHASE II : La dérive

L'utilisation des buses antidérive, à une hauteur de 50 cm, a réduit à moins de 5 % la surface de recouvrement de la dérive, à une distance de 5 mètres, et ce, dans la direction sous le vent. Ce résultat est celui qui causait donc une distance de dérive la plus courte et la moins étendue parmi les conditions testées. Toutefois, selon nos résultats, ce n'est qu'à 10 mètres de distance du bord du champ que la dérive baisse significativement.

Un bon positionnement des ruches (plus de 10 m) par rapport au sens d'avancement du pulvérisateur, une hauteur de la rampe à 50 cm et l'utilisation des buses antidérive permettraient d'éliminer les risques d'empoisonnement d'abeilles dans les cannebergières, lors des pulvérisations d'insecticide.

### ***3. Diffusion des résultats***

Les activités de diffusion des résultats sont résumées dans le tableau de la page suivante.

Note : Nous avons eu de la réticence lors d'une invitation pour participer à l'émission *La Semaine Verte*. Nous avons des indications à l'effet que la réalisatrice/rechercheuse cherchait à faire un élément de scandale avec nos résultats, c'est-à-dire de dénoncer les impacts des pesticides dans l'environnement cannebergière sur les abeilles. Le but du présent projet était de trouver des solutions aux problèmes identifiés par les deux parties concernées, apiculteurs et agriculteurs, et non de créer un climat de mésentente. L'APCQ a tout de même accepté de procéder au tournage, mais les circonstances et les collaborations se sont avérées négatives et ce tournage n'a pas eu lieu.

#### **Autres activités à venir :**

Les résultats de la dernière partie de ce projet de recherche seront présentés lors de la Journée champêtre en apiculture organisée par le comité Apiculture du CRAAQ au CRSAD à Deschambault le 12 juillet 2014.

De plus, un article paraîtra dans le numéro Hiver 2014 de la revue *L'Abeille*.

Activités prévues de l'ANNEXE B ou autre	Activités réalisées	Description (thème, titre, endroit, etc.)	Date de réalisation	Nombre de personnes rejointes	Visibilité accordée au PCAA (logo, mention)
Diffusion aux producteurs de canneberge et à la communauté scientifique	Présentation des résultats lors du symposium du NACREW	<b>Crop protection in cranberry crops and honeybee safety</b> Hôtel Laurier, Québec.	27 août 2013	260	Logo et mention de la participation financière du CDAQ et ACC par l'intermédiaire du PCAA»
Diffusion aux producteurs de canneberge	Présentation des résultats	<b>Impact des pesticides sur les abeilles</b> Journée INPACQ 2012 Victoriaville	26 janvier 2012	320	Logo et mention de la participation financière du CDAQ et ACC par l'intermédiaire du PCAA»
Diffusion aux producteurs de canneberge	Congrès Québec-Nord-Est USA (Massachusetts-New jersey  Notre canneberge, votre choix santé	<b>Abeilles et cannebergères : les clés d'un bon voisinage</b> Organisé par Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ). Hôtel Loew's, Québec,	28 mars 2011	300	Logo et mention de la participation financière du CDAQ et ACC par l'intermédiaire du PCAA»
Diffusion aux apiculteurs	Présentation du projet et des résultats préliminaires	Syndicat des apiculteurs de St-Hyacinthe  UPA - St-Hyacinthe	11 mars 2011	40	Logo et mention de la participation financière du CDAQ et ACC par l'intermédiaire du PCAA»
Journée technique Colloque sur la canneberge	Journée technique sur la production de la canneberge Organisé par Le Club encadrement technique Atocas Québec (CETAQ)	Présentation du projet : <b>Phytoprotection dans les cannebergères et protection des abeilles (<i>Apis mellifera</i>)</b>	2 décembre 2010	50	Logo et mention de la participation financière du CDAQ et ACC par l'intermédiaire du PCAA»

## 4. Conclusion

Les résultats en cage ainsi que les observations en champs démontrent que l'insecticide Diazinon, utilisé chez les producteurs conventionnels, est plus dangereux pour les abeilles, malgré le fait qu'il soit d'usage rincé tôt le matin suivant le traitement. Selon nos observations post traitement, l'insecticide Entrust (Spinosad) peut aussi causer des fatalités importantes chez l'abeille, de façon circonstancielle, liées aux conditions climatiques. Nos résultats en cages et en champs suggèrent que si on procédait au rinçage du pesticide le matin après le traitement, comme il est recommandé présentement pour le Diazinon, il serait possible de réduire l'impact non désiré sur les abeilles le lendemain des épandages. Toutefois, il faut s'assurer que cette procédure ne met pas en jeu l'effet de phytoprotection recherché par l'application de cet insecticide. Ceci a été vérifié à l'étape 4 du projet. Ici, les résultats démontrent que l'insecticide Entrust serait presque aussi efficace contre la Tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana*) et contre la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii*) s'il était rincé le matin, suite à son application, avant la sortie des abeilles. Ce point est très intéressant car, si cette pratique était adoptée, la sécurité pour les pollinisateurs serait augmentée. Ce dernier point concernant la sécurité pour l'abeille semble ressortir aussi des résultats en cage. Tel que nous l'avons signalé dans ce rapport, la logistique de cette procédure est délicate car le rinçage doit être terminé avant le lever du jour, avant que les abeilles commencent à butiner. Il est aussi dangereux que l'eau de rinçage s'accumule dans des flaques qui pourraient être accessibles aux abeilles. Il revient aux agronomes des clubs conseils de mettre en pratique ou non cette procédure. Nous recommandons aux producteurs de canneberge de s'en remettre à ces spécialistes avant de prendre toute initiative à cet égard. Il se pourrait qu'un taux élevé d'infestation des insectes ravageurs entraîne une contre-indication à cette pratique.

Parmi les nouveaux insecticides testés pour leur sécurité envers l'abeille, c'est le produit Altacor qui s'est avéré le plus sécuritaire. L'utilisation de cet insecticide de remplacement au Diazinon est en croissance au Québec. Il serait souhaitable que ce produit soit adopté par un plus grand nombre de producteurs de canneberge. La contrainte majeure à son utilisation est que les seuils de résidus acceptables sur les fruits ne sont pas encore complétés pour certains pays. Ceci pourrait empêcher les producteurs d'exporter leurs canneberges vers l'Europe et, donc, freiner sa mise en application pour les années qui viennent. L'insecticide Delegate est aussi un produit de remplacement intéressant. Son emploi alternatif peut s'avérer très utile pour la gestion de la résistance. Cependant, tel que pour Entrust, il serait recommandé de le rincer le matin suivant l'application. Ceci doit se faire avec la recommandation et l'accord de son conseiller agricole.

Lorsque la vitesse du vent est plus grande, la dérive se concentre principalement du côté du champ qui est sous le vent. Il est donc pas recommandé d'installer un rucher dans cette position. Toutefois, dans ce cas, la dérive se concentrera presque uniquement dans le sens du vent et toutes les autres orientations deviennent de façon circonstancielle, plus sécuritaires pour les colonies présentes dans le champ. Par ailleurs, quand la vitesse du vent est moindre, la direction de la dérive est aussi influencée par le sens d'avancement du pulvérisateur. Pour contrer toutes les conditions de vitesse du vent et de sens de direction du pulvérisateur, la position la plus sécuritaire pour placer les ruches sera celle longeant le champ, avant le retournement du pulvérisateur au bout du champ. Nous pouvons donc identifier le côté gauche du champ, lors du passage du pulvérisateur sur la première demie de ce champ, comme étant la zone la plus sécuritaire pour le positionnement des ruches. Toutefois, quel que soit la position par rapport au champ, il n'est pas recommandé de placer les ruches à moins de 5 mètres du bord de la zone qui sera traitée. L'utilisation de buses antidérive et, élément encore plus important, une hauteur de la rampe qui serait dans les alentours de 50 cm, permettent de réduire la distance et la quantité de dérive des pesticides.

Les suites possibles de ce projet seraient de vérifier, par un suivi rigoureux et une méthodologie adaptée, le succès de la mise en application des recommandations en regard de la sécurité de l'abeille, reflétées par une baisse de mortalité aux ruches suite aux épandages.

## 5. SOMMAIRE DES ACCOMPLISSEMENTS DU PROJET

Ce projet de recherche avait été initié à la suite de l'identification d'une problématique qui touchait autant les apiculteurs que les producteurs de canneberge. Il cherchait à trouver un compromis entre la protection des abeilles contre des intoxications suite à des épandages d'insecticides et la protection de la culture de canneberge contre ses principaux ravageurs. Le défi était grand car, exceptionnellement, les plants de canneberge doivent être traités contre des insectes ravageurs en pleine floraison. Les enjeux économiques étaient importants pour les deux parties en cause. Les apiculteurs veulent éviter de perdre des colonies d'abeilles par des empoisonnements toxiques, mais veulent aussi louer leurs ruches aux producteurs de canneberge pour la pollinisation. Les producteurs de canneberge, eux, ont besoin des abeilles pour augmenter leurs rendements par la pollinisation, mais ne veulent pas subir les pertes occasionnées par les insectes ravageurs. Ils doivent donc épandre des insecticides durant la floraison.

Nous avons tenté d'explorer plusieurs pistes de solution. Ainsi, nous avons tenté d'identifier les circonstances qui causaient les mortalités d'abeilles suite à un traitement insecticide. Des tests en cage ont aussi été faits pour vérifier la mortalité ponctuelle des abeilles suite à des modifications dans la façon de traiter le feuillage des plants : différents insecticides, différentes doses et différents modes de gestion. Les mêmes tests ont été faits dans des parcelles en champ, sous des tentes abris, pour confiner les abeilles aux zones traitées. Les traitements, autant en cage qu'en champ, comprenaient notamment la réduction de la dose et le rinçage du produit après séchage. Nous avons aussi évalué de nouveaux insecticides récemment homologués et estimé les paramètres de la dérive lors d'épandages. Les principaux partenaires de ce projet sont le CRSAD qui a fourni des ruches, du service technique et des services administratifs, le CETAQ qui a procuré un support technique et professionnel, l'APCQ qui a apporté un support financier et de la main d'œuvre, Dow Agro-science qui a fourni un support financier et technique, ainsi que Nicolas Tremblay, conseiller provincial en apiculture qui a participé au projet. Le projet et ses résultats sont importants pour les deux groupes cibles (APCQ, FAQ et tous autres apiculteurs), ainsi que le CETAQ qui pourrait agir comme intervenant. Ils permettent aux apiculteurs de mieux positionner leurs ruches au sein d'une cannebergière, cela pour éviter des pertes par empoisonnement à la suite des épandages d'insecticides. Nos résultats permettent aussi aux conseillers agricoles de la culture de la canneberge de recommander des méthodes d'intervention qui sont plus sécuritaires pour les abeilles. Par des essais sur la dérive, nous avons confirmé que le vent était un facteur plus important qu'on ne le croyait, parmi les circonstances négatives qui pouvaient causer des empoisonnements d'abeilles. Nous avons aussi identifié des insecticides, ainsi que leur mode d'application, qui pourraient être plus sécuritaires pour les abeilles, tout en assurant une phytoprotection adéquate de la culture.

Il est à souhaiter qu'à la lumière des informations recueillies les producteurs mettront rapidement en œuvre les recommandations du projet. Autant pour les apiculteurs que pour les producteurs de la canneberge, les solutions sont simples et facilement applicables : bien positionner les ruches (distance et orientation par rapport au mouvement du pulvérisateur) et, sous recommandation, rincer l'insecticide avant le butinage des abeilles, sinon choisir les insecticides moins nocifs pour les abeilles, tels qu'identifiés dans le rapport.

## ***5. Plan de financement et conciliation des dépenses***

Voir les documents joints.